



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA – UFAM

**BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AMAZONAS:
CONTRIBUIÇÃO PARA O ENQUADRAMENTO E
PRESERVAÇÃO**

MARIA DO SOCORRO ROCHA DA SILVA

MANAUS/AM
2013

MARIA DO SOCORRO ROCHA DA SILVA

**BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AMAZONAS:
CONTRIBUIÇÃO PARA O ENQUADRAMENTO E
PRESERVAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação
em Química como requisito parcial para a
obtenção do título de Doutor em Química, área de
concentração Química Analítica.

Orientador: Prof. Dr. Genilson Pereira Santana
Departamento de química/ PPGQ
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Co-Orientador: Prof. Dr. Sergio Luiz Rodrigues da Silva
Departamento Biologia
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

MANAUS

2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA – UFAM

**BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AMAZONAS:
CONTRIBUIÇÃO PARA O ENQUADRAMENTO E
PRESERVAÇÃO**

MARIA DO SOCORRO ROCHA DA SILVA

Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Genilson Pereira Santana

Prof. Dr. Jamal da Silva Chaar

Prof. Dr. João Tito Borge

Prof. Dr. Sávio José Filgueiras

Prof. Dr. Márcio Luiz da Silva

Tese defendida e aprovada em 30 de agosto de 2013.

Ficha Catalográfica
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

Silva, Maria do Socorro Rocha da.
S586b Bacia hidrográfica do Rio Amazonas: contribuição para o
enquadramento e preservação / Maria do Socorro Rocha da Silva. - 2013.
199 f. : il. color. ; 31 cm.
Tese (Doutor em Química) — Universidade Federal do Amazonas.
Orientador: Prof. Dr. Genilson Pereira Santana.
Co-orientador: Prof. Dr. Sergio Luiz Rodrigues da Silva.

1. Água – Análise 2. Amazonas, Rio, Bacia 3. Bacias hidrográficas -
Administração I. Santana, Genilson Pereira, orientador II. Silva, Sergio Luiz
Rodrigues da, orientador III. Universidade Federal do Amazonas IV. Título

CDU (2007): 543.3(811.3)(043.3)

Dedico ao meu filho

Pablo (“in memoriam”)

Água

Sou cristalina e fresca, salgada e doce.
Todos dependem de mim;
Sou Vida.
Existo nas nuvens em forma de gotas,
e quando caio me chamam de chuva.
Existo nos rios, nos lagos, nos mares,
nas geleiras e até nos lençóis subterrâneos.
Corro nos leitos e pulo de altas quedas;
muitas vezes me chamam de cachoeira.
Você acha que sou abundante,
por isso me desperdiça.
Você me polui me maltrata;
Estou ficando escassa,
ontem fui muito abundante,
amanhã serei motivo de guerras.
Por isso, não me mate,
não me maltrate e nem me jogue fora.
Me salve, sou essencial a sua vida.

Kátia Silva

AGRADECIMENTOS

A DEUS por ter permitido trilhar este caminho acompanhada de pessoas especiais que muito contribuíram para o desenvolvimento e conclusão desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Genilson Pereira Santana, meu orientador pela confiança e por ter contribuído com sua percepção crítica e ética deste trabalho.

Ao prof. Dr. Sergio L. Rodrigues da Silva, meu co-orientador do Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Amazonas/UFAM, pelas proveitosas discussões e preciosas contribuições nas análises estatísticas e interpretações dos dados que auxiliou na compreensão dos resultados.

A Dra. Hillândia Brandão da Cunha, da CPR/INPA, amiga e companheira pela confiança na condução do projeto que finalizou esta pesquisa.

A Dra. Núbia Abrantes Gomes por compartilhar durante o período de coletas na bacia do rio Branco, pela amizade e revisão crítica de cada capítulo.

As amigas Dra. Domitila Pascoaloto e Dra. Maria José L. Ferreira, pela amizade e grande colaboração no desfecho final deste trabalho.

Ao Dr. Sebastião Átila F. Miranda e MSc. Antônia Gomes N. Pinto, pela amizade, pelo companheirismo, pelos momentos compartilhados e pelas sugestões científicas que contribuíram para finalização deste trabalho.

A todos os amigos da Coordenação de Clima e Recursos Hídricos em especial a equipe especializada do LQA/INPA, tanto para as coletas de campo quanto as análises de laboratório que deram sustentação e tornaram possível a realização deste trabalho, são elas: Soraia Pirangy, Ednelson F. Barauna, Andréia C. G. Lero, Anthony Lopes, Walter J. N. Filho, Luiz Vilmar, Maria Carmendes Conrado, Valdelice, Jonismar e Tânia Lima, Jayse Trindade da Silva e Joiza Aylce da S. Nunes. Dedico a estas pessoas o meu reconhecimento, de gratidão, respeito e pelos momentos compartilhados durante as coletas e análises.

Aos amigos Dr. Roberto Naves, Amauri, Francisca e Amanda da Universidade de São Carlos/CEA, pela ajuda no processamento das análises dos metais.

Aos colegas Dr. Sérgio R. Bulcão Bringel, Luana, Bruno e Eduardo Rios pelas coletas de campo que enriqueceram este trabalho.

Ao Dr. Márcio L. Silva pela paciência em auxiliar na elaboração dos mapas e georreferenciar os locais de coletas.

Aos amigos do Curso de Pós-Graduação em Química da UFAM, Liliam, Ilsa, Pio, Luana e Katiuscia pela amizade e por compartilhar durante o período das disciplinas e etapas do programa, momentos de muita emoção, de ansiedade, decisivos para finalizar este trabalho.

Ao CNPq pelo financiamento das pesquisas através do edital CT-AM 055.

Á minha família, especialmente meu marido Eduardo Paulino por me proporcionar uma base sólida, com confiança e abnegação que me inspirou nos momentos decisivos e permitiu-me finalizar este trabalho.

Ao Stanley Barros de Lira (Boboco) pela paciência e o apoio nas longas coletas do rio Branco.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CBH	Comitê de Gestão e Gerenciamento de Bacia Hidrográfica
CEA	Centro de Estudos Ambientais da UNESP
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
HEVIAN	Hevian Laboratório Analítico e Ambiental Ltda.
HIBAM	Hidrologia da Bacia Amazônica
ELETRONORTE	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPAAM	Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OEA	Organização dos Estados Americanos
OEMA	Organismos Estaduais de Meio Ambiente
OTCA	Organização do Tratado de Cooperação Amazônica
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
SEMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNRH	Sistema Nacional de Recursos Hídricos
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
TASQA	TASQA Serviços Analíticos Ltda

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	1
GENERAL ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO GERAL	3
Bacia Geológica do Amazonas	5
Gestão dos Recursos Hídricos	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
Capítulo 1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DAS ÁGUAS DE RIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AMAZONAS/BRASIL.....	18
RESUMO	18
ABSTRACT	18
1. INTRODUÇÃO	19
2. MATERIAL E MÉTODOS	20
2.1. Área de Estudo	20
2.2. Variáveis Ambientais	29
2.3. Análises Estatísticas	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.1 Análises Físicas e Químicas	31
4. CONCLUSÕES	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
Capítulo 2. AS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NATURAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AMAZÔNAS SEGUNDO RESOLUÇÃO N° 357/CONAMA/2005	52
RESUMO	52
ABSTRACT	52
1. INTRODUÇÃO	54
1.1. Principais marcos institucionais voltados para gestão dos recursos hídricos no Brasil	56
2. MATERIAL E MÉTODOS	59
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4. CONCLUSÕES	63
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
Capítulo 3. LIMITES NATURAIS DE ALGUMAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DE TRIBUTÁRIOS DA BACIA DO AMAZONAS/BR VERSOS CONAMA 357/2005	69
RESUMO.....	69
ABSTRACT	69
1. INTRODUÇÃO	70
2. MATERIAL E MÉTODOS	71
2.1. Localização da área de estudo	71
2.2. Variáveis Físicas.....	73
2.3. Variáveis Químicas	74
2.4. Análises Estatísticas	76
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
4. CONCLUSÕES	92
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

Capítulo 4. BACIA HIDROGRÁFICA DO AMAZONAS: UMA ESTRATÉGIA PARA GERENCIAMENTO DESTES RECURSOS	97
RESUMO	97
ABSTRACT	97
1. INTRODUÇÃO	99
2. MATERIAL E MÉTODOS	103
2.1. Localização da Área de Estudo.....	103
2.2. Análises Física e Química das Águas	106
2.3. Análises Estatísticas	109
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	110
4. CONCLUSÕES	137
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
CONSIDERAÇÕES FINAIS	143
ANEXOS	151

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Limites da Amazônia. A: Bioma Amazônia, B: Amazônia Legal, C: Limites Hidrográficos da Bacia Hidrográfica da Amazônia.	3
Figura 2. As províncias do Cráton Amazonas (Santos, 2003).	7
CAPÍTULO 1	
Figura 1.1. Localização das estações de coletas na calha principal do rio Amazonas e seus principais afluentes, no período de 2008 a julho de 2011 (adaptação da Imagem Landsat, INPE, 2008)	25
Figura 1.2. Localização das estações de coletas na calha principal do rio Amazonas e seus principais afluentes, no período de outubro de 2008 a julho de 2011(adaptação da Imagem Landsat, INPE, 2008).	26
Figura 1.3. Localização das estações de coleta na bacia Tapajós e Xingu calha principal do rio Amazonas e seus principais afluentes, no período de outubro de 2008 a julho de 2011 (adaptação da Imagem Landsat, INPE, 2008)	27
Figura 1.4. Localização dos locais de coletas na bacia hidrográfica do rio negro, no período de outubro 2008 a julho de 2011(Fonte INPE, 2008).	28
Figura 1.5. Comportamento dos valores médios das variáveis condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e pH, observadas ao longo do rio Amazonas da montante de Tabatinga a jusante de Santarém, no período de março 2009 a dezembro de 2012.	32
Figura 1.6. Comportamento dos valores médios das variáveis cor (mgPt/L), turbidez (UNT), OD (mg/L) e $\text{Si}(\text{OH})_4$ (mg/L) observadas ao longo do rio Amazonas da montante de Tabatinga a jusante de Santarém, no período de março de 2009 a dezembro de 2012.	34
Figura 1.7. Distribuição dos cátions segundo diagrama de schoeller para águas do rio Amazonas, A) Alto Amazonas (da fronteira com Peru até Amaturá) e B) Médio e Baixo Amazonas (de Manacapuru a Santarém).....	39
Figura 1.8. Distribuição da somatória dos cátions e ânions em meq\ L no rio Amazonas e tributários, observadas no período de março 2009 a dezembro de 2012.	40
Figura 1.9. Comportamento dos cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) e ânions (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^-) para águas do rio Amazonas (alto Amazonas, médio Amazonas e baixo Amazonas) e tributários da margem direita (TRIB_MD) e esquerda (TRIB_ME).	41
Figura 1.10. As variáveis ambientais condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), cor (mgPt/L), STS (mg/L), turbidez (NTU), Fe-T, OD, pH e silicato no rio Amazonas e tributários da margem direita (RAM e TRIB_MD), tributários da margem direita do baixo Amazonas (TRIB_MD_BAIXO_AM) e tributários da margem esquerda do rio Amazonas (TRIB_ME_RAM).	42
Figura 1.11. Representação do agrupamento (AHC) dos metais Fe, Ba, Mn, Al, V, Zn, Sn, Cr, Cu, Ni e Li dos rios da Amazonas, durante o período de março 2009 a dezembro de 2012.	44
CAPÍTULO 2	
Figura 2.1. A) Comportamento do pH e B) a correlação entre a condutividade elétrica e o pH nos rios da Amazônia, dados do HIBAM (1995 a 1997) da ELETRONORTE/INPA(1986 a 1987), INPA(1999 a 2004) e ELETROBRAS/ INPA (1995).	62
CAPÍTULO 3	
Figura 3.1. Localização dos locais de coletas na bacia hidrográfica dos tributários do rio Amazonas, no período de de março 2009 a dezembro de 2012. (Fonte INPE,2008).	

.....	72
Figura 3.2. Comportamento dos cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) e ânions (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^-) em meq/L nas águas dos rios da margem esquerda (A) e direita (B) tributários do rio Amazonas e nas águas dos afluentes do rio Negro, observadas no período de 2009 a 2012.	79
Figura 3.3. Comportamento dos valores médio de Mn (mg/l) observados no rio Amazonas e tributários, comparados ao limite estabelecido pela Resolução nº 357/2005 CONAMA, classe 2.	83
Figura 3.4. Comportamento dos valores médio de Ba(mg/l) observados no rio Amazonas e tributários, comparados ao limite estabelecido pela Resolução nº 357/2005 CONAMA, classe 2.	84
Figura 3.5. Distribuição dos metais, Li, Fe, Mn, Ni, Ba, Co, Zn, Cu, V, Sn, Cr e Al nos rios da margem esquerda do rio Amazonas, coletas de 2009 a 2012.	85
Figura 3.6. Representação das variáveis físicas e química (A) e locais de coletas (B) pelas análises de agrupamento (AHC) dos rios tributários da margem esquerda do Amazonas, durante o período de 2009 a 2012.	87
Figura 3.7. Faixa limites das variáveis condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e pH usando a mediana e os quartis (percentil, quartil e decil) no rio Amazonas (A) e tributários da margem direita (B) e esquerda (C), durante o período de 2009 a 2012.	89
Figura 3.8. Faixa limites das variáveis cor (mgPt/L) Fe-dissolvido (mg/L) usando a mediana e os quartis (percentil, quartil e decil) no rio Amazonas (A) e tributários da margem direita e esquerda (C), durante o período de 2009 a 2012.	90
Figura 3.9. Faixa limites das variáveis oxigênio dissolvido (OD) e íon amônio (mg/L), usando a mediana e os quartis (percentil, quartil e decil) no rio Amazonas (A) e tributários da margem direita (B) e esquerda (C), durante o período de 2009 a 2012.	91
CAPÍTULO 4	
Figura 4.1. Localização das estações de coleta na bacia hidrográfica do rio Amazonas, no período de março 2009 a dezembro de 2012. (Fonte ANA, 2008).	105
Figura 4.2. Associação entre o pH como preditora; variável estatísticas: coeficiente de correlação de Pearson, p-valor estimado pelo método Monte Carlo com aleatorização de dados, nível de significância considerado: $\alpha = 0.05$; unidades empregadas: cor (mgPt/L), turbidez (UNT), OD (mg/L), íon amônio (mg/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$).	113
Figura 4.3. Associação entre a cor como preditora; variável estatística: coeficiente de correlação de Pearson, p-valor estimado pelo método Monte Carlo com aleatorização de dados, nível de significância considerado: $\alpha = 0.05$; unidades empregadas: cor (mgPt/L), turbidez (UNT), OD (mg/L), íon amônio (mg/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$).	114
Figura 4.4. Associação entre o íon amônio como variável preditora e entre temperatura e OD; variáveis estatísticas: coeficiente de correlação de Pearson, p-valor estimado pelo método Monte Carlo com aleatorização de dados, nível de significância considerado: $\alpha = 0.05$; unidades empregadas: turbidez (UNT), OD (mg/L), íon amônio (mg/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$), íon amônio (mg/L).	114
Figura 4.5. Associação entre turbidez como preditora; variáveis estatísticas: coeficiente de correlação de Pearson, p-valor estimado pelo método Monte Carlo com aleatorização de dados, nível de significância considerado: $\alpha = 0.05$; unidades empregadas: turbidez(UNT), OD(mg/L), íon amônio (mg/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$).	115
Figura 4.6. Representação do agrupamento (AHC) das variáveis físicas e químicas nos tributários da margem direita (RMD-RAM) e da margem esquerda (RME-RAM) do rio Amazonas, durante o período de 2009 a 2012.	117
Figura 4.7. Representação da classificação dos locais de coletas pelas análises de agrupamento no rio Amazonas e tributários, durante o período de 2009 a 2012.	122
Figura 4.8. Representação da classificação dos locais de coletas pelas análises de agrupamento no rio Amazonas e tributários, durante o período de 2009 a 2012. (Águas	

de pH 6,5 – 8,0).	123
Figura 4.9. Representação da classificação dos locais de coletas pelas análises de agrupamento no rio Amazonas e tributários, durante o período de 2009 a 2012. (Águas de pH 3,5 – 6,5).	124
Figura 4.10. Distribuição geral dos valores de pH e condutividade elétrica, OD (mg/l/L), e cor (mgPt/L) usando a estatística descritiva e intervalo de confiança generalizado com base no 10º percentil (decil inferior) e 90º percentil (decil superior) para o rio Amazonas e tributários, coletas realizadas no período de 2009 a 2012.	128
Figura 4.11. Distribuição geral dos valores do íon amônio (mg/L) e turbidez (UNT), usando a estatística descritiva e intervalo de confiança generalizado com base no 10º percentil (decil inferior) e 90º percentil (decil superior) para o rio Amazonas e tributários, coletas realizadas no período de 2009 a 2012.	129
Figura 4.12. Distribuição geral dos valores do lítio (µg/L), ferro (µg/L), manganês (µg/L) e níquel (µg/L) usando a estatística descritiva e intervalo de confiança generalizado com base no 10º percentil (decil inferior) e 90º percentil (decil superior) nos rios de águas brancas (A) e pretas (B) nos rios da Amazonas e tributários, durante o período de 2009 a 2012.	131
Figura 4.13. Distribuição geral dos valores do cobalto (µg/L), bário (µg/L), zinco (µg/L) e alumínio (µg/L) usando a estatística descritiva e intervalo de confiança generalizado com base no 10º percentil (decil inferior) e 90º percentil (decil superior) nos rios de águas brancas (A) e pretas (B) nos rios da Amazonas e tributários, durante o período de 2009 a 2012.	132
Figura 4.14. Distribuição geral dos valores do cobre (µg/L), vanádio (µg/L), cromo (µg/L) e cádmio (µg/L) usando a estatística descritiva e intervalo de confiança generalizado com base no 10º percentil (decil inferior) e 90º percentil (decil superior) nos rios de águas brancas (A) e pretas (B) o rio Amazonas e tributários, durante o período de 2009 a 2012.	133
Figura 4.15. Comportamento da somatória dos cátions - TZ^+ ($Ca^{++}+Mg^{++}+Na^++K^+$) em meq/L no rio Amazonas (R_AMAZONAS) e tributários da margem direita (TRIB_MD), tributários do baixo Amazonas (TRI_MD_Baixo_AM), tributários Jutai, Iça Branco, Mucajaí, Cauamé, Jauapery, Uraricoera (INTERMEDIÁRIOS) e tributários da margem esquerda (TRIB_ME), período de 2009 a 2012.	136
Figura 4.16. Mapa da bacia hidrográfica do rio Amazonas, faixa da somatória dos cátions - TZ^+ ($Ca^{++}+Mg^{++}+Na^++K^+$) (Fontes: Carneiro Filho e Souza, 2009).	137

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1.1. Localização das estações de coletas na região do alto rio Amazonas das fronteiras Brasil/PE e Brasil/CO, até Fonte Boa / (ARAM).	21
Tabela 1.2. Localização das estações de coletas na região do Médio rio Amazonas, de Manacapuru até Codajás (MRAM).	22
Tabela 1.3. Localização das estações de coletas na região do Baixo rio Amazonas, de Parintins a Santarém (BRAM).	23
Tabela 1.4. Localização das estações de coletas no rio Negro em tributários	24
Tabela 1.5. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO ₅ , NT, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , PT, Fe-dissolv., Fe-T, SI(OH) ₄ , material em suspensão em mg/L analisadas no rio Amazonas de Tabatinga a Santarém, de março 2009 a dezembro de 2012, período de estiagem.	36
Tabela 1.6. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO ₅ , NT, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , PT, Fe-dissolv., Fe-T, SI(OH) ₄ , material em suspensão em mg/L analisadas no rio Amazonas de Tabatinga a Santarém, de março 2009 a dezembro de 2012, período de chuvoso.	36
Tabela 1.7. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO ₅ , NT, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , PT, Fe-dissolv., Fe-T, SI(OH) ₄ , material em suspensão em mg/L analisadas nos tributários da margem direita do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período de estiagem.	37
Tabela 1.8. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO ₅ , NT, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , PT, Fe-dissolv., Fe-T, SI(OH) ₄ e material em suspensão em mg/L analisadas nos tributários da margem direita do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período de cheia.	37
Tabela 1.9. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO ₅ , NT, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , PT, Fe-dissolv., Fe-T, SI(OH) ₄ e material em suspensão em mg/L analisadas nos tributários da margem esquerda do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período de estiagem.	38
Tabela 1.10. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO ₅ , NT, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , PT, Fe-dissolv., Fe-T, SI(OH) ₄ e material em suspensão em mg/L analisadas nos tributários da margem esquerda do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período de cheia.	38
Tabela 1.11. Resultados da Li, Fe, Mn, Al, Ba, Cu (em mg/L), Ni, Co, Zn, V, Cr, Sn, Cd (em $\mu\text{g/L}$) analisadas ao longo do rio Amazonas (da fronteira Brasil/Peru, Brasil/Colômbia até rio Amazonas/Tabatinga de março/2009 a setembro/2012.	44
Tabela 1.12. Resultados da Li, Fe, Mn, Al, Ba, Cu (em mg/L), Ni, Co, Zn, V, Cr, Sn, Cd (em $\mu\text{g/L}$) analisadas nos tributários da margem direita do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012.	45
Tabela 1.13. Resultados da Li, Fe, Mn, Al, Ba, Cu (em mg/L), Ni, Co, Zn, V, Cr, Sn, Cd (em $\mu\text{g/L}$) analisadas nos tributários da margem esquerda do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012.	45
Tabela 1.14. Resultados dos valores médios dos cátions (K, Na ⁺ , Mg ⁺⁺ , Ca ⁺⁺) e ânions (HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ⁻² , Cl ⁻) em mg/L ao longo do rio Amazonas no período chuvoso de 2009 a 2012.	145
Tabela 1.15. Resultados dos valores médios dos cátions (K, Na ⁺ , Mg ⁺⁺ , Ca ⁺⁺) e ânions (HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ⁻² , Cl ⁻) em mg/L ao longo do rio Amazonas no período chuvoso de 2009 a 2012.	146

Tabela 1.16. Resultados dos valores médios dos cátions (K, Na ⁺ , Mg ⁺⁺ , Ca ⁺⁺) e ânions (HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ⁻² , Cl ⁻) em meq/L tributários da margem direita do rio Amazonas, do período de estiagem de 2009 a 2012.	147
Tabela 1.17. Resultados dos valores médios dos cátions (K, Na ⁺ , Mg ⁺⁺ , Ca ⁺⁺) e ânions (HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ⁻² , Cl ⁻) em meq/L tributários da margem direita do rio Amazonas, do período chuvoso de 2009 a 2012.	148
Tabela 1.18. Resultados dos valores médios dos cátions (K, Na ⁺ , Mg ⁺⁺ , Ca ⁺⁺) e ânions (HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ⁻² , Cl ⁻) em meq/L tributários da margem esquerda do rio Amazonas, do período chuvoso de 2009 a 2012.	149
Tabela 1.19. Resultados dos valores médios dos cátions (K, Na ⁺ , Mg ⁺⁺ , Ca ⁺⁺) e ânions (HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ⁻² , Cl ⁻) em meq/L tributários da margem esquerda do rio Amazonas, do período estiagem de 2009 a 2012.	150
CAPÍTULO 2	
Tabela 2.1. Síntese do histórico da Legislação Ambiental para proteção das águas das águas Brasileiras.	58
CAPÍTULO 3	
Tabela 3.1. Localização das estações de coletas de rios tributários do Amazonas, durante o período de 2009 a 2012.	73
Tabela 3.2. Resultados da C.E. µS/cm, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO ₅ , NT, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , PT, Fe-dissolv., Fe-T, SI(OH) ₄ , material em suspensão em mg/L analisadas nos tributários da margem esquerda do rio Amazonas, de março de 2009 a dezembro de 2012 no período de estiagem.	81
Tabela 3.3. Resultados da C.E. µS/cm, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO ₅ , NT, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , PT, Fe-dissolv., Fe-T, SI(OH) ₄ , material em suspensão em mg/L analisadas nos tributários da margem esquerda do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período chuvoso.	81
Tabela 3.4. Resultados da C.E. µS/cm, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO ₅ , NT, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , PT, Fe-dissolv., Fe-T, SI(OH) ₄ , material em suspensão em mg/L analisadas nos tributários da margem direita do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período de estiagem.	82
Tabela 3.5. Resultados da C.E. µS/cm, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO ₅ , NT, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , PT, Fe-dissolv., Fe-T, SI(OH) ₄ e material em suspensão em mg/L analisadas nos tributários da margem direita do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período de chuvoso.	82
Tabela 3.6. Resultados da Estatística Descritiva das variáveis pH, C.E. (µS/cm), OD (mg/L), cor (mgPt/L), turbidez (UNT), NH ₄ ⁺) e Fe-dissolvido no rio e tributários da margem direita e esquerda do Amazônia.....	88
CAPÍTULO 4	
Tabela 4.1. Localização das estações de coletas no rio Amazonas e tributários.	104
Tabela 4.2. Resultados das análises orgânicas e valores estabelecidos na Resolução do CONAMA n° 357.	112
Tabela 4.3. Coeficientes de correlação (r), obtidos como medida de associação entre as variáveis pH, cor, turbidez, íon amônio (NH ₄), temperatura (Temp.) e oxigênio dissolvido (OD), correspondentes aos dados dos rios da Amazonas, durante o período de 2009 a 2012.	115
Tabela 4.4. Sumário estatístico da análise Shapiro-Wilk, empregada para constatação da adequação ao padrão de distribuição normal, relativo aos dados obtidos para as	

variáveis pH, cor, turbidez, NH_4^+ , temperatura e OD, nas coletas realizadas nos rios da Amazônia, durante o período de março 2009 a dezembro de 2012.	115
Tabela 4.5. Resultados dos valores das médias, máximas e mínimas encontradas no rio Amazonas de Tabatinga a Santarém (RAM_TAB_SANT) e nos tributários da margem esquerda e direita do rio Amazonas de março 2009 a dezembro de 2012.	118
Tabela 4.6. Resultados dos valores das médias, máximas e mínimas encontradas no rio Amazonas de Tabatinga a Santarém (RAM_TAB_SANT) e nos tributários da margem esquerda e direita do rio Amazonas, no período de estiagem de março 2009 a dezembro de 2012.	118
Tabela 4.7. Resultados da Li, Fe, Mn, Ni, Co, Ba, Zn, Al, Cu, V, Cr, Sn, Cd em $\mu\text{g/L}$ em mg/L analisadas ao longo do rio Amazonas e nos tributários da margem direita (TRIB_MD) e esquerda (TRIB_ME), de março 2009 a dezembro de 2012.....	119
Tabela 4.8. Resultados da Estatística Descritiva das variáveis pH, OD, cor e do Ba nas águas branca, preta e clara dos rios da Amazônia.	125
Tabela 4.9. Síntese da Estatística descritiva para os dados das variáveis físicas e químicas do rio Amazonas e tributários, período de 2009 a 2012.....	127
Tabela 4.10. Síntese da Estatística descritiva para os dados dos metais do rio Amazonas e tributários, de 2009 a 2012	130
Tabela 4.11. Tabela 4.11. Classificação das águas doces segundo Resolução CONAMA nº 357/2005 e faixa de intervalos das variáveis nos rios da Bacia Hidrográfica da Amazônia.	134
Tabela 4.12. Proposta de classificação das águas da Amazônia para algumas variáveis, adaptada segundo Resolução CONAMA nº 357/2005 (classe 2), os limites naturais e limites proposto para o rio Amazonas e tributários	135

ANEXOS

Anexo 1. Lei N° 9.433, de 8 de janeiro de 1997.....	152
Anexo 2. Resolução N° 357, DE 17 de março de 2005	159

RESUMO GERAL

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Amazonas, abrangendo os estados do Amazonas, Roraima, Pará e Rondônia com o objetivo de classificar os tipos de água dos rios respeitando suas características naturais, tendo como referência a classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005. Foram realizadas 289 coletas, sendo 100 ao longo do rio principal (“Amazonas”), com estações a montante e a jusante das principais cidades e 189 em tributários, seguindo o período de águas altas/cheia e águas baixas/estiagem, no período de março de 2009 a julho de 2012. As técnicas usadas foram potenciometria, condutometria, espectrofotometria no visível, espectrofotometria de massa, Plasma acoplado por indução (ICP) e espectroscopia de absorção atômica (A.A). As características físicas e químicas das águas dos rios são bastante diversificadas, o pH varia de ácido (3,6) a alcalino (7,56), o oxigênio dissolvido oscila entre 1,41 mg/L (pouco oxigenada) a 10,00 mg/L (bem oxigenada). No período chuvoso as águas são mais acidificadas, mais oxigenadas e com valores mais elevados de turbidez, material em suspensão e sílica. As águas da bacia hidrográfica do rio Amazonas são bicarbonatadas e os de origem andina (calha principal do rio Amazonas) são cálcicas. Os dados foram agrupados com auxílio da estatística descritiva do R e estabelecidas as faixas dos limites naturais dos tipos de água, a princípio, os padrões regionais. Para avaliar se existem diferenças de tipos de água dentro da própria bacia Amazônica, foi utilizada a análise de agrupamento (AHC), ficando evidenciada a existência de três regiões: a) uma mais a oeste recebendo influência das regiões Andina e pré-Andina, rios com maiores valores de condutividade elétrica (40,00 – 80,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$), o pH variando de pouco ácido a alcalino (valores entre 6,5 e 7,6) ex. rio Amazonas e alguns tributários da margem direita; b) uma ao Norte, influenciada pelo Escudo das Guianas, com águas entre ácidas e ligeiramente ácidas (pH entre 4,6 e 6,5), pouco mineralizadas, com condutividade <40,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ex. os tributários da margem esquerda; e c) uma terceira região que está sob influência do Escudo Brasileiro, indo de águas ligeiramente ácidas a neutras (pH entre 6,0 e 7,0), apresentando também baixas cargas iônicas com condutividade <40,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ex. tributários da margem direita do baixo Amazonas, como o Tapajós e o Xingu. Para estimar os limites naturais de algumas variáveis consideradas críticas, como o pH e oxigênio dissolvido (OD), foram utilizados a mediana e o quartil (percentil, quartil e decil), obtendo-se os seguintes resultados para cada região: nos rios de origem Andina ou pré-Andina a faixa de pH foi 6,03-7,23 e OD 2,12-6,04 mg/L; já os rios originários no Escudo Brasileiro tiveram o pH na faixa de 6,16 a 6,94 e o OD entre 6,27 e 9,63 mg/L; e os rios que se originam no Escudo das Guianas o pH ficou entre 4,66 e 6,66, estando o OD entre 2,05 e 7,79 mg/L. Além das variáveis acima, temos ainda a cor natural que pode chegar a 170,54 mgPt/L, ultrapassando em muito a legislação. Alguns metais também naturalmente ultrapassam os limites para classe 2, Resolução CONAMA nº 357/2005, são eles: Ba (8,25 mg/L), Cd (0,87 mg/L), Zn (1,40 mg/L), Mn (1,045 mg/L), Al (0,18 mg/L), Ni (0,05 mg/L), Cr (0,17 mg/L) e Cu (0,14 mg/L). Na Amazônia cada região apresenta suas peculiaridades e o grande desafio na gestão destes recursos será o enquadramento dos grandes rios. Considerando a extensão da bacia Amazônica e o grande número de tributários, este estudo nas águas coletadas apenas na sub-superfície dos rios ainda é insuficiente para definir padrões regionais para toda bacia.

Palavras-Chave: Rios da Amazônia, Rio Amazonas, Padrões Regionais e Gestão Ambiental.

GENERAL ABSTRACT

The present study was conducted in the Amazon River Basin, comprising the states of Amazonas, Roraima, Pará and Rondônia in order to rank the river water types by taking their natural characteristics into account. Two hundred eighty-nine (289), samples were collected from collecting stations placed along the Amazon River and its tributaries, based on class 2 of the CONAMA Resolution No. 357/2005, following the, high, and low water periods from March 2009 to July 2012. The techniques used were potentiometric conductometry, in visible spectrophotometry, mass spectrometry, inductively coupled plasma (ICP) and atomic absorption spectroscopy (A.A). The physical and chemical characteristics of the rivers are heterogeneous, with pH ranging from acid (3.6) to alkaline (7.56), dissolved oxygen from 1.41 mg/L (slightly oxygenated) to 10.00 mg/L (well oxygenated). In the rainy season the water is acidified, with more oxygen and higher levels of turbidity, suspended solids and silica. The waters of the Amazon River basin are bicarbonated and those of Andean origin (main channel of the Amazon River) are calcic. Data was grouped with the aid of descriptive statistics of R, and the natural water type boundaries were determined according to their regional standards. To assess whether there were differences in the types of water within the Amazon basin, we used cluster analysis (HCA), which showed the existence of three regions: a) the one further west that receives the influence of the Andean and pre-Andean rivers with higher electrical conductivity (40.00 to 80.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$), pH ranging from slightly acidic to alkaline (values between 6.5 and 7.6) ex. the Amazon River and some tributaries of the right bank; b) the one to the north, influenced by the Guyana Shield, presenting slightly acidic water (pH between 4.6 and 6.5), and conductivity $<40.00 \mu\text{S}/\text{cm}$, such as. the tributaries of the left bank, and c) a third region that is under the influence of the Brazilian Shield, the water going from slightly acidic to neutral (pH between 6.0 and 7.0), also featuring low ionic charges with conductivity $< 40.0 \text{ mS} / \text{cm}$, e.g., tributaries of the right bank of the lower Amazon, such as the Tapajós and Xingu. To estimate the natural limits of some variables considered to be critical, such as pH and dissolved oxygen (DO), we used the median and quartiles (percentiles, quartiles and deciles), obtaining the following results for each region: rivers of Andean or pre – Andean origin presenting pH ranging from 6.03 to 7.23 OD and 2.12 to 6.04 mg / L, while the rivers originating from the Brazilian Shield the pH ranges from 6.16 to 6.94 OD 6.27 and 9.63 mg / L, and rivers that originate in Guyana Shield it showed to be between 4.66 and 6.66, while the outer diameter was between 2.05 and 7.79 mg/L. In addition to the above variables, we also have the natural color, which can reach 170.54 mgPt / L above legislation. Some metals also exceed the limits of Class 2, CONAMA Resolution No. 357/2005, namely: Ba (8.25 mg/L), Cd (0.87 mg/L), Zn (1.40 mg / L), Mn (1.045 mg/L), Al (0.18 mg / L) Ni (0.05 mg/L) Cr (0.17 mg/L) and Cu (0.14 mg/L). The Amazon presents its own regional peculiarities and our big challenge will be to classify, manage and preserve its natural resources along with both large and small watercourses. Considering the Amazon Basin large extent and number of its tributaries, the present study on sub-surface river waters, still shows to be insufficient for determining its regional standards.

Keywords: Rivers of the Amazon, Amazon River, regional standards and environmental management.

INTRODUÇÃO GERAL

O termo Amazônia, neste trabalho, está se referindo à bacia hidrográfica do rio Marañon/Solimões/Amazonas com área de 6.925.674 km² (OTCA, 2006) envolvendo os seguintes países: Brasil, Bolívia, Peru, Equador, Colômbia, Venezuela, República da Guiana, Suriname e Guiana Francesa (Figura 1 - C).

A divisão política-econômica Amazônia Legal Brasileira (Figura 1- B) abrange os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Rondônia, Roraima, Tocantins, Pará e parte do Maranhão (porção a oeste do Meridiano 44°), estendendo-se por 5.032.925 milhões de km², o equivalente a 61% do território nacional (SUDAM, 2013). Para um melhor gerenciamento o governo criou o biomas, entre eles o Bioma Amazônia (Figura 1-A) (IBGE, 2013).



Figura 1. Limites da Amazônia. A: Bioma Amazônia, B: Amazônia Legal, C: Limites Hidrográficos da Bacia Amazônica (Fontes: A: WWF, 2000 apud Imazon 2003; B: IBGE, 2013; C: Carneiro Filho e Souza, 2009).

Neste estudo foi abordada a Bacia Hidrográfica da Amazônia, a maior bacia do planeta, uma região de grandes contrastes naturais e humanos, que se destaca pelos inúmeros

rios, igarapés e lagos de cursos sensivelmente retilíneos e, não raro, com acentuado paralelismo entre si (Cunha e Pascoaloto, 2009; Kuhn *et al.*, 2009).

O Brasil detém 63,88% da área da bacia hidrográfica do rio Amazonas (Solimões/Amazonas). Nos demais países que a compõem compreendem 16,14% na Colômbia, 15,61% na Bolívia, 2,31 % no Equador, 1,35 % na Guiana, 0,60 % no Peru e 0,11% na Venezuela (OTCA, 2006).

A bacia é limitada a Oeste pela Cordilheira dos Andes, ao Norte pelo Planalto das Guianas, ao Sul pelo Planalto Central e a Leste pelo Oceano Atlântico, por onde toda a água captada na bacia escoar (IBGE, 2010). Está situada entre os dois hemisférios (Norte e Sul) contribui com a alternância de sazonalidade do regime hidrológico, com imenso volume de água escoado resultando nas flutuações anuais do nível da água, denominado como pulso de inundação (Junk *et al.*, 1989) e com forte influência no funcionamento ecológico do sistema (Junk, 1989; Cunha e Pascoaloto, 2009).

O Clima varia de tropical úmido a clima montanhoso ártico, formando a mais ampla variedade climática em única bacia de drenagem no mundo. As temperaturas médias anuais variam de 22 a 26 °C, diminuindo sistematicamente com a altitude. A precipitação pluviométrica apresenta valores anuais compreendidos de 1.000 a 7.000 mm, sendo considerada bastante elevada. A bacia Amazônica recebe precipitação média da ordem de 2.460 mm/ano. A vazão do rio Amazonas na foz é calculada em 209.000 m³/s e a evaporação equivalem a 1.382 mm/ano, ou seja, 50 % da água da chuva voltam à atmosfera pela ação das florestas (Salati, 1983; Tundisi *et al.*, 1999; Soares, 1991).

O rio Amazonas nasce a 5.300 m de altitude, na montanha Nevado de Mismi, nos Andes peruano, com nome Vilcanota em seguida recebe as denominações de Ucayali, Urubamba e Marañón percorre uma extensão de 6.885 km até a sua foz recebendo águas aproximadamente de 1.100 tributários. Com uma largura média de 4 e 5 km em seu curso planiciário, o leito menor do Amazonas chega a atingir quase 10 km de largura, no Pará; durante as grandes cheias, ao cobrir totalmente o seu leito maior (a várzea), chega a aproximadamente 50 km de largura (IBGE, 1977; Irion *et al.*, 1994). Ao entrar no território brasileiro, ganha o nome de rio Solimões e finalmente, ao receber o rio Negro, em frente de Manaus, passa ser denominado de rio Amazonas, até desembocar no oceano Atlântico.

Bacia Geologica do Amazonas.

A história geológica da região onde hoje se encontra a bacia hidrográfica amazônica inicia-se no Arqueano (3200-2600 Ma) com a formação dos cinturões de rochas verdes (*greenstone belts*), durante o desenvolvimento do Evento Guriense. Posteriormente, a região foi afetada pelo evento Trans-Amazônico (2000 Ma) (fenômenos de granitização e magmatização) (Amaral, 1974).

Durante o Proterozóico, quando os protótipos dos continentes atuais da África e da América do Sul estavam reunidos na parte ocidental do supercontinente Gondwana, o rio Amazonas primordial fluía do leste ao oeste, desembocando no oceano Pacífico. Sua fonte se encontrava em terras que hoje em dia pertencem à África (Rogers, 1996; Schobbenhaus & Neves, 2003).

O final do Paleozóico e início do Mesozóico é marcado, na Bacia do Amazonas, pela Orogênese Gondwanide, relacionada à colisão dos continentes Laurussia e Gondwana, que provocou uma forte atividade plutônica que resultou em uma gigantesca cobertura de diabásico. Em consequência desta colisão, esforços compressoriais de direção, 02 norte-sul provocaram fraturamentos e soerguimentos no embasamento, assim a região, que antes era terra mudou de configuração (Cunha *et al.*, 1994). Ainda no Mesozóico a bacia sofreu distensão na direção leste-oeste gerando fraturamentos regionais e um intenso magmatismo básico na forma de solteiras e enxame de diques de diabásico. A abertura de espaço preenchidos pelos diques de diabásicos está relacionado ao final dos esforços Gondwanide no Permo-Triássico (Cunha *et al.*, 1994). Após a ruptura de Gondwana (inclusive proto - África / América do Sul) e a abertura do oceano Atlântico, durante o Mesozóico, a Placa Sul-Americana se movimentava a oeste, onde houve colisão com a placa pacífica Nazca, o que causou o levantamento dos Andes, originando a formação, na parte oriental da bacia, de grandes lagos. Com o levantamento dos Andes uma grande bacia foi criada em um lago fechado, agora conhecida como a Bacia do Solimões. Dentro dos últimos 5-10 milhões de anos, esta acumulação de água rompeu o Arco de Purus, juntando-se em um fluxo único em direção ao leste do Atlântico, o qual ajudou a formar (o oceano Atlântico surgiu do processo de afastamento das placas Sul-Americana e Africana). Durante o Cenozóico, o Amazonas e seus tributários, gradualmente esculpíram a bacia atual da Amazônia composta de planaltos, planícies e depressões (Andrade e Cunha, 1971; Landin *et al.*, 1978; Costa *et al.*, 2001). Após cerca de 500 Ma e, com orientação aproximada E-W, instala-se o processo que deu origem à Bacia Sedimentar (Amaral, 1974).

A Bacia Sedimentar do Amazonas é intracratônica, com cerca de 500.000 km², com extensão da ordem de 2000 km, abrangendo parte dos estados do Amazonas e Pará, compreende de Oeste para Leste as Sub-Bacias do Alto, Médio e Baixo Amazonas, separadas, transversalmente, do embasamento pelos Arcos de Iquitos, Purus, Monte Alegre e Gurupá. Esta bacia limita duas principais áreas de embasamento arqueano-proterozóico. A maior entidade tectônica está representada pelo Cráton Amazônico (Almeida, 1978) e corresponde às duas principais áreas pré-cambrianas: O Escudo das Guianas, ao Norte da bacia Amazônica, e o Escudo Brasil-Central, ao Sul daquela bacia.

O Cráton Amazonas representa uma das maiores e menos conhecidas áreas pré-cambrianas do mundo. É uma das principais unidades tectônicas da América do Sul (cerca de 4.500.000 km²). Divide-se no escudo do Guaporé (Brasil - Central) no Sul e das Guianas no norte, separados pela bacia sedimentária paleozóica do rio Amazonas. Este cráton se compõem de fragmentos pré - cambrianos, provavelmente micro-continentes associados a formação do supercontinente arqueano Atlântica. É coberto por diversas bacias fanerozóicas a Nordeste (Maranhão), Sul (Xingu e Alto Tapajós), Sudeste (Parecis), Oeste (Solimões), Norte (Tacutu) e centro (Amazonas) (Santos *et al.*, 2000; Santos, 2003).

As seqüências pré-cambrianas fazem parte do Cráton do Guaporé e do Guianês que, possivelmente, foram separados no final do pré-cambriano para a formação da Bacia do Amazonas (Santos, 1981). O substrato Proterozóico é constituído por faixas móveis acrescidas a um núcleo mais antigo denominado Província Amazônia Central (Cordani *et al.*, 1984).

Possivelmente o *rift* precursor do Amazonas teve origem devido a esforços compressoriais na direção Leste-Oeste controlados pela reativação de fraturas pré-cambrianas e esforços de alívio norte-sul. Logo após, houve o resfriamento das massas plutônicas e o desenvolvimento de uma sinéclise intracontinental, predominância de movimentos verticais e atividade vulcânica continental associados à sedimentação em *onlap* a partir do Neo-Ordoviciano, originando assim, a sucessão sedimentar da Bacia do Amazonas que se inicia com o Grupo Purus (Santos, 1981; Petri & Fúlfaro, 1988; Cunha *et al.*, 1994).

Os processos de subsidência iniciaram-se no Ordoviciano superior, resultando na deposição dos arenitos da base do Grupo Trombetas. A seguir, a região foi invadida pelo mar proveniente do Leste, que depositou o restante do Grupo, no Devoniano inferior. O Grupo Trombetas é constituído pelas Formações: Altás-Mirim, Nhamundá, Pitinga e Manacapuru.

Este Grupo assenta-se em discordância ao Grupo Purus (Petri & Fúlfaro, 1988; Cunha *et al.*, 1994).

Novo ciclo transgressivo-regressivo ocorreu na bacia, posterior à discordância relacionada à Orogenia Caledoniana, originando os sedimentos dos Grupos Urupadi formado pelas Formações Maecuru e Ererê e Grupo Curuá abrangendo as Formações Barreirinha, Curiri, Oriximiná e Faro. Nesta fase, com o recuo do mar, a bacia sofreu um extenso processo erosivo (Brito, 1979; Cunha *et al.*, 1994).

O escudo das Guianas compreende grande parte da superfície das Guianas, sul da Venezuela, sudeste da Colômbia e norte do Brasil. O escudo Brasileiro ocupa grande parte da superfície central e sudeste do Brasil. Essas áreas são recortadas por depressões que servem como locais de depósito de sedimentos desde aproximadamente 500 milhões de anos antes do presente (A.P.). Essas depressões são representadas pelas bacias sedimentares dos rios Amazonas, Solimões e Acre e são definidas por arcos estruturais.

Segundo a classificação mais aceita atualmente (Santos, 2000 citado por Santos, 2003), o Cráton Amazônico é composto por nove províncias (Figura 2), com diferentes idades e, conseqüentemente, de composições minerais diferentes, as quais acabam sendo refletidas nas camadas superiores e afetam o solo e a qualidade das águas dos recursos hídricos.

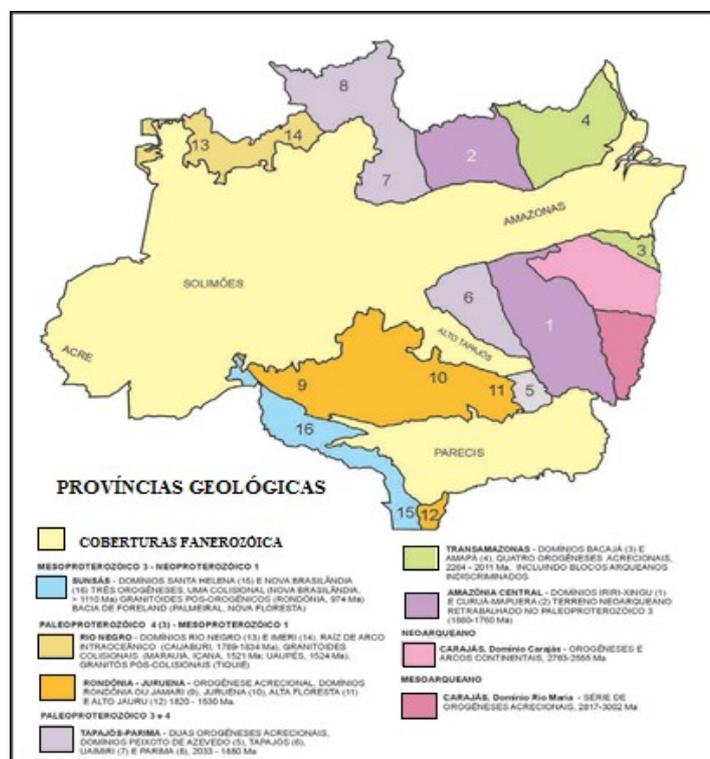


Figura 2. As províncias do Cráton Amazonas (Santos, 2003).

Para se compreender as características físicas e químicas das águas de superfícies dos rios da Amazônia é necessário compreender a histórica geológica da região.

Quando ocorreu o levantamento dos Andes, próximo a essas montanhas formaram-se verdadeiras fossas, que acumularam mais de 2.000 m de sedimentos (a Oeste do Estado do Acre e Tabatinga-AM) e mais de 7.000 m no Peru (bacias do Ucayali e Pastaza/Marañon). São sedimentos predominantemente flúvio-lacustres de natureza siltico-argilosa a arenosa e carbonática, de paleoclimas úmido a semiárido, que constituem a Formação Solimões (Feijó e Souza, 1994 citado por Silva *et al.*, 2003; Eiras *et al.*, 1994). Os sedimentos da Formação Solimões depositados sobre o Cráton do Amazonas foram parcialmente laterizados (laterização imatura, Costa, 1991) durante o Pleistoceno e originaram Latossolos Amarelos (Argissolos) em relevo quase plano e mais elevado do Planalto Rebaixado da Amazônia.

No Quaternário superior, falhas normais, de orientação noroeste-sudeste, estabeleceram-se, em contraposição às transcorrentes leste-oeste da grande calha, e condicionaram o desenvolvimento e ampliação da bacia de drenagem do Proto-Amazonas. O contínuo soerguimento dos terrenos a oeste e sudoeste, com conseqüente assoreamento de partes baixas, e o aumento do volume de água, devido às mudanças climáticas para condições úmidas no final do Pleistoceno, forçaram a inversão do padrão de drenagem, agora de Oeste para Leste. O divisor de águas, já fragilizado pela erosão, foi então rompido originando-se uma das mais espetaculares capturas de drenagem, e conectando-se finalmente os canais do rio Solimões com o do rio Amazonas. O rio Amazonas, agora conectado ao Solimões, começa a ser alimentado com sedimentos de fonte andina, depositando-os distalmente no seu delta no Oceano Atlântico, hoje submerso pela subida relativa do nível do mar, quando o rio então era altamente competente (Costa *et al.*, 2009).

O Grupo Tapajós, composto pelas Formações Monte Alegre, Itaituba e Nova Olinda é oriundo de um novo ciclo deposicional transgressivo-regressivo, ocorrido entre o Neocarbonífero e o Neopermiano, associado a mudanças climáticas de frio para quente árido. O Paleozóico encerra-se com a deposição dos siltitos vermelhos e verdes, arenitos e folhelhos da Formação Andirá (Brito, 1979; Cunha *et al.*, 1994).

Esforços Norte-Sul gerados pela Orogênese Gonduanide, possivelmente, fraturaram o Escudo das Guianas e transversalmente as bacias amazônicas, provocando um soerguimento e posterior erosão. Em seguida, a bacia sofreu distensão Leste-Oeste, seguida do Magmatismo Básico Penatecaua (intrusões por um magma básico, com diques e sills) na direção Norte-Sul com ocorrência em Roraima, no Alto Rio Negro, no Suriname, nas Guianas, no setor Sul da

Plataforma Amazônica e sob os sedimentos da Bacia do Amazonas (Santos, 1984; Cunha *et al.*, 1994).

No Amazonas, após a sedimentação permiana, houve prolongada erosão até o início dos tempos Neocretáceos, os possíveis derrames foram erodidos restando, atualmente, quase só rochas hipoabissais dessa idade (Petri & Fúlfaro, 1988). Um relaxamento dos esforços compressionais ENE-WSW do Diastrofismo Juruá, originados a partir da abertura do Atlântico Equatorial, a Leste, e da zona de subducção andina Cretácea, a Oeste da placa Sul-americana, criou sítios deposicionais para a implantação do ciclo Cretáceo-Terciário, representado pelo Grupo Javari, o que resultou nos sedimentos da Formação Alter do Chão (Cretáceo) nas sub-bacias do Alto, Médio e Baixo Amazonas e pela Formação Solimões (Terciário), apenas margeando a parte ocidental da Bacia Sedimentar do Amazonas (Eiras *et al.*, 1994). Segundo Costa *et al.* (1995) o Evento Sul-Atlântico, no Mesozóico, é o responsável pelo desenvolvimento das bacias do Amazonas e de Marajó.

O início de Cenozóico assistiu a uma tendência a soerguimento e flutuações transgressivas-regressivas. A Formação Solimões (Mioceno-Plioceno), revalidada por Caputo *et al.*, 1972, estende-se por ampla área do Acre e da parte Oeste do Amazonas, guardando uma relação de discordância com a Formação Alter do Chão e alcançando grandes espessuras. As duas unidades litoestratigráficas são produtos de uma sedimentação típica de ambientes de planície de inundação, representados por uma mescla de depósitos de canais e de transbordamento, correspondentes às duas grandes estações climáticas regionais (chuvas e secas).

A Bacia do Solimões com ca. 500.000 km² de área é limitada a Oeste com a Bacia do Acre, pelo Arco de Iquito, a Leste, com a Bacia do Amazonas, pelo Alto do Purus (Eiras *et al.*, 1994). A Formação Solimões é constituída por duas litologias que se interdigitam: uma é predominantemente argilosa com lentes de arenitos, concreções de calcário e gipso e lentes de linhitos. A Formação Alter do Chão é constituída por argilas, siltes e areias interdigitadas, predominantemente vermelhas, mal selecionadas, feldspáticas e com conteúdo variável de micas, distribuindo-se por toda a Amazônia Ocidental (Lourenço *et al.*, 1978; Petri & Fúlfaro, 1988; Eiras *et al.*, 1994; Fernandes Filho *et al.*, 1997).

A Bacia pode ser dividida em duas sequências: a principal, paleozóica, seccionada por diques e soleiras de diabásio e com destaque por conter rochas geradoras, reservatório e selante onde se situam as províncias gaseíferas Juruá e Urucu, e outra mesozóica-cenozóica. Na Sub-bacia do Jandiatuba, o substrato proterozóico sobre o qual se implantou a Bacia do

Solimões é constituído de rochas ígneas e metamórficas, com aproximadamente 3.100 metros de espessura, enquanto na Sub-bacia do Juruá se destacam, além dessas, rochas metassedimentares depositadas numa sucessão de bacias que constituíam um sistema de riftes proterozóicos, preenchidos por sedimentos da Formação Prosperança, com espessura aproximada de 3.800 metros (Cordani *et al.*, 1984; Eiras *et al.*, 1994). O substrato da Sub-bacia do Juruá enquadra-se na Província Rio Negro – Juruena; e, na Sub-bacia do Jandiatuba, o substrato corresponde ao Cinturão Móvel Rondoniense – San Inácio. Sobre esses cinturões instalou-se uma fase rifte no paleoproterozóico que resultou na deposição de sedimentos em ambiente fluvial com influência marinha, representados pelas formações Prosperança, Acari e Prainha, que compõem o Grupo Purus. O arcabouço estratigráfico da Bacia do Solimões pode ser dividido em cinco sequências deposicionais limitadas por discordâncias regionais, a saber: Ordoviciano, Siluriano Superior-Devoniano Inferior, Devoniano Médio-Carbonífero Inferior, Carbonífero Superior-Permiano e Cretáceo Superior-Quaternário. Assim sendo, sob os critérios litoestratigráficos, essas sequências deposicionais foram denominadas, na mesma ordem, como Formação Benjamin Constant, Formação Jutaí, Grupo Marimari, Grupo Tefé, Grupo Javari, incluindo-se ainda o Magmatismo Penatecaua de idade Triássica (Wanderley Filho *et al.*, 2007).

A Formação Benjamin Constant, meso-ordoviáciana, é o registro dessa primeira transgressão marinha fanerozóica e está restrita à Sub-bacia do Jandiatuba. A presença do Arco Carauari como um divisor de bacias ocorreu no Neo-Siluriano. Novas incursões marinhas, de caráter cíclico, aconteceram do Neossiluriano ao início do Devoniano, também oriundo de oeste ultrapassou a região de Carauari e recobriu o extremo ocidental da Sub-bacia Juruá, levando a sedimentação da Formação Jutaí, compondo o registro de pacotes transgressivo-regressivos. Esta unidade ocorre sobre o Arco Carauari, sobrepondo-se em discordância à Formação Benjamin Constant ou ao embasamento cristalino (CPRM, 2006; Wanderley Filho *et al.*, 2007).

O Grupo Tefé é o registro sedimentar da quarta e última transgressão marinha, vinda de Oeste, ao longo do Neo-carbonífero ao Eo-permiano e reúne as formações Juruá, Carauari e Fonte Boa. Ao final da grande regressão marinha, voltou o domínio do ambiente continental, com clima ainda quente e árido. Do Grupo Tefé, apenas a Formação Carauari tem continuidade física na Bacia do Amazonas (CPRM, 2006; Wanderley Filho *et al.*, 2007).

Após a regressão marinha, ocorrida no final do Permiano, houve exposição e intensa erosão das rochas paleozóicas, principalmente da Formação Fonte Boa, incrementada por

soerguimentos causados pelas intrusões de soleiras de diabásio no Triássico e pelos dobramentos decorrentes do Tectonismo Juruá, correlacionando-se com o fenômeno de ruptura do Pangea e abertura do Oceano Atlântico Central. No Neo-cretáceo, a bacia voltou a comportar-se como uma área subsidente que propiciou a implantação de um sistema fluvial de alta energia que perdurou até o final do Cretáceo. Este sistema foi responsável pela deposição, sob clima úmido, da espessa sucessão essencialmente arenosa da Formação Alter do Chão. O início do soerguimento andino deu início ao isolamento dessa bacia fluvial no Paleógena. A sobrecarga andina causou uma flexura na placa litosférica e deslocou o depocentro da sedimentação paleógena para a região subandina. Os rios cederam lugar a grandes lagos de água doce e rasa, alimentados por um sistema fluvial meandrante e de baixa energia. A partir do Mioceno, a bacia passou a ser assoreada pelo abundante aporte de sedimentos oriundos do Cinturão Andino e começou a se implantar a rede de drenagem em direção ao Oceano Atlântico, precursor da bacia hidrográfica atual. No Quaternário, ainda como consequência isostática da construção andina, alguns rios tiveram seus gradientes elevados e aumentaram a competência em transportar sedimentos. Como resultado, foram depositados sedimentos essencialmente arenosos na região entre os rios Jutá e Negro. Essa unidade cenozóica, essencialmente argilosa, forma uma cunha sedimentar desde o Arco de Purus até as bacias subandinas, onde chega a atingir mais de 7.000 m de espessura e recebe a denominação de Formação Solimões na bacia homônima e na do Amazonas. No Pleistoceno a bacia passou a ser assoreada por abundante aporte de sedimentos oriundos dos Andes, denominados de Formação Içá, coberta por depósitos eólicos que formam os campos de dunas Araçá, Anauá e Catrimani (CPRM, 2006; Wanderley Filho *et al.*, 2007).

A Bacia do Amazonas, também intracratônica, limita duas principais áreas de embasamento Arqueano–proterozóico. Ao Norte, o Escudo das Guianas, e ao sul, o Escudo Brasil-Central. Tem cerca de 500.000 km², com extensão da ordem de 2000 km, abrangendo parte do estado do Amazonas. As sequências Pré-cambrianas fazem parte do Cráton do Guaporé e do Guianês que, possivelmente, foram separados no final do Pré-cambriano para a formação da Bacia do Amazonas. O substrato Proterozóico é constituído por faixas móveis acrescidas a um núcleo mais antigo denominado Província Amazônia Central. Admite-se que a origem da bacia sedimentar esteja relacionada à dispersão de esforços no fechamento do Ciclo Proterozóico Brasileiro. Possivelmente o *rift* precursor do Amazonas teve origem devido a esforços compressionais na direção leste-oeste controlados pela reativação de fraturas Pré-cambrianas e esforços de alívio Norte-Sul. Logo após, houve o resfriamento das

massas plutônicas e o desenvolvimento de uma sinéclise intracontinental, predominância de movimentos verticais e atividade vulcânica continental associados à sedimentação em *onlap* a partir do Neo-Ordoviciano, originando assim, a sucessão sedimentar da Bacia do Amazonas que se inicia com o Grupo Purus (Andrade & Cunha, 1971; Amaral, 1974; Santos, 1981; Cordani *et al.*, 1984; Petri & Fúlfaro, 1988; Cunha *et al.*, 1994).

Gestão dos Recursos Hídricos.

O crescente da população mundial, o desenvolvimento urbano e a expansão industrial, resultado de uma sociedade que está se modernizando, sem os devidos cuidados de proteção e preservação ambiental, está associada a situações de carência de água e de poluição dos recursos hídricos que cada vez mais vem se traduzindo na degradação da qualidade de vida do planeta (Cunha, 1982).

Tratando-se da Amazônia é necessário ter uma visão como uma totalidade para melhor entender sua realidade, assim como para formular e implementar políticas públicas. Temas relacionados como a regulação dos mercados de recursos naturais como a água, a biodiversidade; a preservação e conservação ambiental, entre outros, só poderão ser tratados se considerando-se Amazônia como um todo (Aragon, 2007).

Na região Amazônica a navegação é o principal meio de transporte, utilizado no deslocamento da população aos lugarejos, comunidades e cidades situadas ao longo dos rios. No entanto, um dos problemas que vem sendo observado, são lançamentos dos esgotos brutos diretamente nos rios que podem causar diversos impactos sociais.

A pesca é uma outra atividade de extrema importância para a região, essencial para a sobrevivência de muitas comunidades ribeirinhas e está relacionada ao item proteção das comunidades aquáticas, Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005). Na Amazônia existem várias modalidades de pesca: (1) de subsistência, praticada por grupos familiares; (2) comercial multiespecífica, desenvolvida por pescadores comerciais; (3) monoespecífica, voltada para exportação; (4) pesca em reservatório; (5) pesca esportiva e (6) pesca ornamental, desenvolvida por pescadores artesanais de peixe vivo (Santos e Santos, 2005; Freitas, 2006). A pesca comercial e a de subsistência são fundamentais para economia regional da Amazônia. A política regional tem estimulado a atividade pesqueira, a introdução de novas tecnologias, como o motor a diesel, as redes de fibras sintéticas, o gelo e a forma de armazenagem dos peixes, vem facilitando a comercialização do peixe fresco no mercado urbano (Almeida, 2006).

Já na geração de energia, a Amazônia detém um grande potencial hidrelétrico. Das hidrelétricas instaladas a primeira foi a Usina Hidrelétrica de Coaracy Nunes (1950), conhecida como Paredão no Amapá, seguida no Pará na década de 70, as hidrelétricas de Curuá-Uma e Tucuruí e na década de 80 as hidrelétricas de Balbina no Amazonas e de Samuel em Rondônia (Waitchman *et al.*, 2002).

Das Hidrelétricas instaladas na Bacia Amazônica, Balbina em 1989, localizada no município de Presidente Figueiredo/AM, foi projetada para produzir 250 MW, atualmente gera somente de 120 a 130 MW de energia. Esta Hidrelétrica formou um lago inundando uma área de 2.360 km² de riquíssima floresta nativa, criando um dos maiores lagos artificiais do mundo (Kemenes e Forsberg, 2008). O represamento modifica sistema, que passa de lótico (rio) para lêntico (lago) resultando em grandes alterações ambientais, comprometendo os ecossistemas locais e regionais (Tundisi, 2007). Mesmo com todos os impactos nos rios da Amazônia, ainda estão previsto os planos de desenvolvimento econômico do Brasil para a próxima década, a previsão de construção de novas hidrelétricas, duas no Madeira e uma no Xingu (em construções), a hidrelétrica Belo Monte (no rio Xingu no estado do Pará), com capacidade de 11.181 MW, além de outras 70 barragens previstas no programa a serem construídas até o ano de 2030 (Pascoaloto *et al.*, 2008).

A exploração do Petróleo é outra atividade de risco para os rios, nos terminais fluviais de carga e descarga de petróleo e derivados apresentam riscos de derrames. Os rios são meio de transporte do óleo por longas distâncias, das áreas de produção até as áreas de processamento, estocagem e distribuição, atividade que levou à construção de oleodutos. Considerando que o transporte de óleo, desde os locais de produção até Manaus é realizado por via fluvial (rio Solimões por balsas) ou oleodutos, se acontecer um acidente poderão ser afetadas extensas áreas de várzea e igapó, afetando a vegetação e a fauna tanto aquática como terrestre, e comprometendo as atividades agrícolas e pesqueiras da região (Pascoaloto *et al.*, 2008).

Mesmo com todas as ações humanas, interferindo nos rios da Amazônia, ainda permanece uma incógnita sobre a melhor forma de aproveitar e preservar a megabiodiversidade de sua bacia hidrográfica. Apesar das informações acerca da diversidade amazônica, os trabalhos realizados até o momento não foram direcionados à gestão dos recursos hídricos da região. A prova dessa afirmação são as características peculiares das águas amazônicas que contrastam com os limites da legislação vigente, estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005).

Este trabalho objetivou identificar sob os aspectos físicos e químicos, as características das águas naturais dos diferentes tipos de rios da Amazônia/Brasil, identificar os limites de algumas variáveis físicas e químicas, comparar com os padrões definidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 a fim de definir tipos de águas e padrões regionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C.A.C.; CUNHA, F.M. Revisão geológica da bacia paleozóica do Amazonas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo. **Anais**. São Paulo: SBG, 1971. p. 93-112.

AMARAL, G.1974. **Geologia pré-cambriana da região Amazônica**. São Paulo: USP, 1974. 212p. Tese (Livre Docência), Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

ALMEIDA, F.F.M. 1978. A Evolução dos Cratons Amazônicos e do São Francisco comparada com seus homólogos do hemisfério norte. In: **Conor. Bras. Geol.**, 30. Recife, 1978. **Anais**. Recife, SBQ. v.6. p.2303-2407.

ALMEIDA, O. LORENZEN, K.; MCGRATH, D.; AMARAL, L. O setor pesqueiro na economia regional. In: **Manejo de Pesca na Amazônia Brasileira**. São Paulo, 2006.p.25-36.

ARAGÓN, L.E. Novos Temas Regionais para o Estudo da Amazônia no Atual Contexto Internacional. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, n 1, 2007, Paper 209. Disponível em: <http://www.ufpa.br/naea/prof_publicacoes.php?id=276&nome=Luis%20Eduardo%20Arag%F3n%20Vaca>. Acesso em 22 Out 2013.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA. **Resolução nº 357/2005, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 18 de março de 2005. Brasília. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/Resolucao_CONAMA/index.cfm>. Acesso em: 26 de jan. de 2007.

BRITO, I.M. 1979. **Bacias sedimentares e formações pós-paleozóicas do Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência. 179p.

CARNEIRO FILHO, A.; SOUZA, O. B. **Atlas de pressões e ameaças às terras indígenas na Amazônia brasileira**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009.p. 46.

CAPUTO, M.V.; RODRIGUEZ, R.; VASCONCELOS, D.N.N. Nomenclatura estratigráfica da Bacia do Amazonas; histórico e atualização. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 1997, Belém. **Anais**. Belém: SBG, 1972. p. 35-46.

CORDANI, U.; NEVES, B.B.; FUCK, R.A.; PORTO, R.; THOMAZ FILHO, A.; CUNHA, F.M.B. Estudo preliminar de integração do pré-cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras. **Série Ciência-Técnica-Petróleo**, Rio de Janeiro, 1984. n. 15.

COSTA, J.B.S.; HASUI, Y. O quadro geral da evolução tectônica da Amazônia. In: Simpósio Nacional De Estudos Tectônicos. **Anais**. Rio Claro: UNESP e SBG, 1991. v. 3, p. 142-145.

COSTA, J.B.S.; HASUI, Y.; BORGES, M.S.; BEMERGUY, R.L. Arcabouço tectônico mesozóico-cenozóico da região da calha do rio Amazonas. **Geociências**, São Paulo, 1995. v.14, p. 77-103.

COSTA, M.L.; BEHLING, H.; SUGUIO, K.; KAEMPF, N.; KERN, D.C. Paisagens Amazônicas sob a Ocupação do Homem Pré- Histórico: Uma Visão Geológica. In: EMBRAPA (org.) **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas**. Manaus: Embrapa, 2009. p.15-38.

COSTA, J.B.S.C.; BEMERGUY, r. 1.; HASUI, Y. BORGES, M.S. Tectonics and paleogeography along the Amazon River. **Jornal of South American Earth Science**. 2001. V.14, p. 335-347.

CPRM. COMPANHIA DE PRODUÇÃO E RECURSOS MINERAIS. **Geologia e recursos minerais do estado do Amazonas**. Brasília: CPRM, 2006. 01 CD-ROM.

CUNHA, Hillândia Brandão; PASCOALOTO, Domitila. **Hidroquímica dos rios da Amazônia**. Manaus: Governo do Estado do Amazonas; Secretaria de Estado da Cultura; CCPA. 2009. 160 p.

CUNHA, P.R.C.; GONZAGA, F.G.; COUTINHO, L. F. C.; FEIJÓ, F. J. Bacia Amazonas: **Boletim de Geociências da Petrobrás**, 1994. v.8, p.47-55.

CUNHA, L.V.D., **Gestão das Águas: Principais Fundamentos e sua Aplicação em Portugal**, Fundação Calouste Gulbenkian, 1982.

EIRAS, J.F.; BECKER, C.R.; SOUZA, E.M.; GONZAGA, F.G.; SILVA, J.G.F.; DANIEL, L.M.F.; MATSUDA, N.S.; FEIJÓ, F. Bacia do Amazonas. **Bol. Geoc.**, Rio de Janeiro, 1994. v.8, n.1, p. 17-45.

FEIJÓ, F.J. & SOUZA, R.G. Bacia do Acre. **Boletim de Geociências da Petrobras**, 1994, 8(1):9-16.

FERNANDES FILHO, L.A., COSTA, M.L., COSTA, J.B.S. Registros neotectônicos nos lateritos de Manaus-AM. **Geociências**, São Paulo, 1997. v.16, p. 9-33.

FREITAS, C. E.C.; RIVAS, A. A. F. A Pesca e os Recursos Pesqueiros na Amazônia Ocidental. **Ciência e Cultura**: SBPC São Paulo, 2006. v. 58(3).

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticia/2052004biomashtml.shtm> (2013).

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geoestatísticas de Recursos Naturais da Amazônia Legal**, 2003. www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/.../0000000450.pdf.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: região norte**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 463p.

IBGE.INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.
Atlas_nacional_do_Brasil_2010. Rio de Janeiro. 2010.

IRION, G.E.; MÜLLER, J.; MELLO, J.N.; JUNK, W. Quaternary geology of the central Amazonian lowland area. **Rev. IG.**, São Paulo, 1994. v.15, p.27-33.

JUNK, W. J., Bayley, P. B. & Sparks, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: Proc. Intern. Large River Symp. (LARS). D.P. Dodge. Can. Spec. Publ. **Fish. Aquat. Sci.** Eds., 1989. v.106: 110-127.

KEMENES, A. e FORSBERG, B.R.. Potencial ampliado geado nos reservatório das usinas, gás de efeito estufa pode ser aproveitado para produção de energia em termelétricas. In: **Amazônia:Tesouros**.Ulisses Capozzoli. São Paulo: Dueto Editorial. 2008.

KUHN, P. A. F.; DALLAROSA, R. L. G.; SOUZA, E. B. e SENA, R.C. **Hidrologia da Amazônia dos Rios da Amazônia**. Governo do Estado do Amazonas-Secretária de Estado de Cltura, Manaus/AM. 2009.

LANDIM, P. M. B. et al. Minerais pesados provenientes do rio Amazonas. **Acta Amazônica**, 1978. V. 9, n .3, p.120-130.

LOURENÇO, R.S.; MONTALVÃO, R.M.G.; PINHEIRO, S.S.; FERNANDES, P.E.C.A.; PEREIRA,E.R.; FERNANDES, C.A.C.; TEIXEIRA, W. Geologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. Brasília: DNPM, 1978. v.18.

OTCA/PNUMA/OEA. **Projeto Gerenciamento Integrado e Sustentável dos Recursos Hídricos Transfronteiriços na Bacia do Rio Amazonas. Visão Estratégica para o Planejamento e Gerenciamento dos Recursos Hídricos e do solo, frente às mudanças climáticas e para o desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica do rio amazonas**. Relatório Final. ANA. Agência Nacional da Água. Consultor. Gonçalves, U.C. 2006.

PASCOALOTO et al. In: **Amazônia A Floresta do Futuro**. O Dilema do Crescimento Econômico. São Paulo: Dueto Editorial, 2008. p.15-7.

PETRI, S.; FÚLFARO, V.J. **Geologia do Brasil: fanerozóico**. São Paulo: Edusp. 1988. v.9, p.631.

ROGERS, J.J.W. A history of continents in the past three billion years. **Journal of Geology**, 1996. v. 104, p. 91-107.

SALATI, E. **Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia**. São Paulo: Brasiliense; Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1983. p.327.

SANTOS, G.M; SANTOS, A.C.M. Sustentabilidade da pesca na Amazônia. **Estudos Avançados**. São Paulo, 2005. v.19, n.54, p. 1-13.

SANTOS, B.A. **Amazônia: potencial mineral e perspectiva de desenvolvimento**. São Paulo: Queiroz, 1981. p. 31-71.

SANTOS, J.O.S. Geotectônica dos Escudos da Guiana e Brasil Central. In: L.A. Bizzi, C. SCHOBHENHAUS, R.M. VIDOTTI, J.H. GONÇALVES (Eds.) **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Texto, mapas e SIG. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2003. p.169-226.

SANTOS, O.S.; HARTMANN, A.; GAUDETTE, D.I.G.; MCNAUGHTON, N.J.; FLETCHER, I.R. A New Understanding of the Provinces of the Amazon Craton Based on Integration of Field Mapping and U-Pb and Sm-Nd Geochronology. **Gondwana Research**, 2000. v: 3, n. 4, p. 453-488.

SANTOS, J.O.S. A parte setentrional do Cráton Amazônico (Escudos das Guianas) e a Bacia Amazônica. In. Schobbenhaus, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. **Geologia do Brasil**. Brasília: DNPM, 1984. p. 58-91.

SCHOBHENHAUS, C.; NEVES, B.B.B. A Geologia do Brasil no Contexto The Holocene alluvial plain of the middle da Plataforma Sul-Americana. In Bizzi, L.A., Schobbenhaus, C., VIDOTTI, R.M., GONÇALVES, J.H. (Eds.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Texto, mapas e SIG. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2003. p.169-226.

SILVA, A.J.P. et al. 2003. Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores. In: Bizzi, L.A., Schobbenhaus, C., Vidotti, R.M., Gonçalves, J.H. (Eds.) **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Texto, mapas e SIG. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, p. 55-85.

SOARES, L.C. Hidrografia In: **Geografia do Brasil –Região Norte**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências. 1991. v. 3, p.70-92.

SUDAM-SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. Disponível em <http://www.sudam.gov.br/amazonia-legal/aérea-de-atuação>. Acesso em 23 out.2013.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. e ROCHA, O. Ecosistemas de Águas Interiores. In: **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras: São Paulo, 1999. p.717.

TUNDISI, J.G. Exploração do potencial hidrelétrico da Amazônia. **Estudos Avançados**, 2007. v. 21, n.59.

WAICHMAN, A.V. et al. 2001/2002. Influência das Ações Antrópicas nas Águas da Amazônia. In: **Estado das Águas no Brasil**. 2001-2002. Brasília: Agencia Nacional de Água, 2003. 514p.

IMAZON. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. <https://www.imazon.org.br/publicacoes/flivros/fatos-florestais-da-amazonia-2003>.

WANDERLEY FILHO, J. R.; EIRAS, J. F.; VAZ, P. T. Bacia do Solimões. **Boletim de Geociências da Petrobras**, R, 2007.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DAS ÁGUAS DE RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AMAZONAS/BRASIL

RESUMO

Visando conhecer as características físicas e químicas de diferentes rios da bacia hidrográfica do Amazonas. Foram coletadas 289 amostras de 22 locais ao longo do rio Amazonas, com estações de coleta a montante a jusante das principais cidades e 49 afluentes do rio Amazonas, a partir de março de 2009 a setembro de 2012 em diferentes períodos (cheia / enchente e vazante / seca). Em cada amostra foram analisadas as seguintes variáveis: condutividade elétrica, pH, cor, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total (NT), ion amônia (NH_4^+), nitrato, fósforo total, sílica, matéria suspensa, cátions (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+), ânions (Cl^- , SO_4^- , HCO_3^-), metais (Al, Sb, As, Ba, Be, Bo, Cu, Cr, Cd, Co, Pb, Fe-d, Li, Mn, Hg, Ni, Ag, Se, U, V e Zn). As técnicas utilizadas foram potenciometria, condutometria, em espectrofotometria visível, a massa, o ICP e de absorção atômica (AA). As características físicas e químicas das águas mostraram bem heterogêneas, as águas são bicarbonatadas, pH de água variando de ácido (3.6) a alcalino (7,56), o oxigênio dissolvido de 1.41 a 10,00 mg / L bastante oxigenado, no período chuvoso as águas são mais ácidas, maiores teores de oxigênio, turbidez, material em suspensão e sílicas. As águas dos rios provenientes das regiões andinas são de menos ácidas (principal canal Amazon River) e são cálcica.

Palavras-chave: Bacia Amazônica, rios da Amazônia e hidroquímica.

ABSTRACT

Aiming to know the physical and chemical characteristics of different Amazon Basin rivers, 289 samples, were collected from several collecting sites placed up and downriver from the main cities along the Amazon River and its tributaries, from March 2009 to September 2012 at different times of year (high and low water). Each sample presented the following variables: electrical conductivity, pH, color, turbidity, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), total nitrogen (TN), ammonia ion NH_4 , nitrate, Total phosphorus, silica, suspended matter, cations (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ and K^+), anions (Cl^- , SO_4^- , HCO_3^-), metals (Al, Sb, As, Ba, Be, Bo, Cu, Cr, Cd, Co, Pb, Fe-T d-Fe, Li, Mn, Hg, Ni, Ag, Se, U, V and Zn). The techniques used were potentiometry, conductometry, in visible spectrophotometry, mass spectrometry, inductively coupled plasma (ICP) and atomic absorption (AA). The physical and chemical properties of the waters show to be very heterogeneous, they are bicarbonated, pH ranges from acid (3.6) to alkaline (7.56), dissolved oxygen from 1.41 to 10.00 mg / L highly oxygenated, more acidic, with higher levels of oxygen, turbidity, suspended solids and silica during rainy season. The waters of the rivers originating from the Andean regions (The Amazon River main channel) are calcic and show to be less acidic.

Keywords: Amazon Basin, the Amazon rivers and hydrochemistry.

1. INTRODUÇÃO

Dos problemas ambientais enfrentados pela humanidade, a água tornou-se um tema central de várias discussões ao redor do mundo, por ser o componente essencial da hidrosfera e, parte indispensável de todos os ecossistemas terrestres, recurso essencial à sobrevivência dos seres vivos e da biodiversidade (Miranda, 2006).

A água é fundamental para o desenvolvimento econômico do país, seu acesso é uma condição de sobrevivência do homem, mas o uso sem planejamento tem contribuído para degradação destes recursos, a exemplo o que vem ocorrendo nos rios brasileiros, onde a sedimentação, o assoreamento, as enchentes causadas por erosão das margens anteriormente cobertas por vegetação e poluição hídrica têm sido claramente percebidos.

A região hidrográfica da Amazônica, a mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre, é conhecida por sua grande disponibilidade hídrica e caracteriza-se por possuir uma grande diversidade de ambientes aquáticos, reunidos em uma mesma bacia hidrográfica. Esta variedade de ambientes está relacionada com a dimensão da bacia e a fatores como a geológicas, a vegetação entre outros, responsável pela notável diferença de coloração das águas e diferente tipos de águas (Sioli, 1950; Fittkau et al., 1975; Junk, 1983; Stallard e Edmond, 1983; Tundisi *et al.*, 1999 e Rosales, 2002).

A bacia Amazônica é constituída de uma unidade sedimentar intracratônica que limita duas principais áreas de embasamento arqueano-proterozóico. A maior entidade tectônica está representada pelo Cráton Amazonico. Esse cráton é constituído pelo Escudo das Guianas, a Norte das bacias fanerozóicas Solimões e Amazonas e pelo Escudo Brasil Central (ou Guaporé) a Sul dessas. A Leste e a Sul, é limitado pelas faixas orogênicas brasileiras e bacias da Província Tocantins e a Noroeste e Sudoeste é recoberto pelas bacias subandinas (Almeida *et al.*, 1976, 1981, 2000; Cordani e Brito Neves, 1982; Brito Neves e Cordani, 1991; Cordani *et al.*, 2000; Schobbenhaus e Brito Neves, 2003 e Vasque, 2006).

As características físicas e químicas bem diferenciadas levou a classificação de diferentes tipos de rios. Sioli (1950) foi o pioneiro a classificar pela tonalidade as águas em três tipos: “águas-brancas”, que tem sua origem Andina e Sub-Andina, as águas são turvas, o pH de 6,2 a 7,2 e são elevados teores de material em suspensão e eletrólitos, ex. dos rios são o Solimões-Amazonas, Purus, Juruá e o Madeira; “águas-claras”, que origem nos escudos das Guianas e do Brasil Central, as águas são transparentes, pH de 4,5 a 7,0, exemplo os rios

Tapajós, Trombetas e Xingu e “águas-pretas”, de cor marron-oliva, ácidas (pH 3,8 a 4,9) e pouco mineralizadas.

Sioli e Klinge (1962) relacionaram as características físicas e químicas dos rios da Amazônia com as condições geológicas e geográficas, o clima, os solos da região. Fittkau (1975) estabeleceu uma subdivisão ecológica da Amazônia, em três grandes províncias: a região andina com faixa limítrofe da mesma baixada amazônica, os Escudos Central-Brasileiro e Guianense e a Amazônia Central. Brinkman e Santos (1970) e Leenher e Santos (1980) avaliaram o balanço de íons das águas e sua relação como os fatores geológicos, geomorfológicos e climáticos.

Stallard e Edmond (1983) classificaram a bacia segundo sua diversidade de formações geológicas, em quatro principais zonas morfoestruturais: os escudos pré-cambrianos, ao Norte e ao Sul, com rochas ígneas e metamórficas; a Cordilheira dos Andes, a Leste, com predominância de rochas sedimentares carbonatos e evaporitos; e a depressão Amazônica, em sequência, para o centro da bacia, com depósitos fluviais pleistocênicos e classificou as águas de acordo com a carga total de cátions (TZ+) e, segundo estes autores, o substrato litológico e o regime de erosão controlam a composição química das águas.

Este capítulo tem como objetivo caracterizar quanto ao aspecto físico e químico as águas de superfícies do rio Amazonas e seus principais tributários e avaliar o comportamento destas variáveis nos diferentes períodos.

1. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O trabalho foi realizado na bacia hidrográfica do rio Amazonas, em território brasileiro, abrangendo os estados do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia e Roraima. As pesquisas foram desenvolvidas no INPA e com apoio dos projetos financiados pelo MCT/CNPq/CT-AM, ADAPTA, FRONTEIRA/CNPq e RHIA/FINEP.

A bacia do rio Amazonas, está situada entre 5° de latitude Norte e 20° de latitude Sul, limita-se ao Norte pelos relevos do escudo guianense, a Oeste pela Cordilheira dos Andes, ao Sul pelo planalto do escudo brasileiro e a Leste pelo oceano Atlântico (IBGE, 2007).

Na realização das coletas de campo utilizaram-se os três meios de transporte (aéreo, terrestre e aquaviário), os locais de coletas foram definidos segundo programação previamente organizada, envolvendo os períodos de alta precipitação (cheio) e baixa

precipitação (estiagem) envolvendo o período de março de 2009 até dezembro de 2012, procurando acompanhar o ciclo hidrológico (Tabela 2.1 -2.3).

Foram selecionados ao longo do rio Amazonas nas cidades localizados nas margens do rio e em cada local eram feita coletas com auxílio de uma voadeira subindo aproximadamente 10 minutos a montante e 10 minutos a jusante da cidade, local bem distante das influências antrópicas das atividades urbanas.

Foram realizadas 289 coletas, sendo 100 coletadas ao longo do rio Amazonas (da montante de Tabatinga a jusante de Santarém) e 189 em tributários durante o período de 24 meses.

Os locais na área de drenagem foram agrupados por região:

Região 1. Do alto rio Amazonas (ARAM), envolve o trecho no rio Amazonas (a montante de Tabatinga até Fonte Boa) e recebendo os tributários Japurá, Jutai, Javari, Juruá e Iça (Tabela 1.1 e Figura 1.1).

Tabela 1.1. Localização das estações de coletas na região do alto rio Amazonas, das fronteiras Brasil/PE e Brasil/CO até Fonte Boa /(ARAM).

SIGLA	Local/Município	Latitude	Longitude
RS_PER	Rio Solimões/ Peru	S 04° 10'26,7"	W 69° 59'35,7"
RS_TBT	Rio Solimões/ Tabatinga	S 04° 25'51.2"	W 69° 09'55.4"
RJAV_AN	Rio Javari, Atalaia do Norte	S 04° 22'22.7"	W 70° 11'32.6"
RJAV_BC	Rio Javari, Benjamin Constant	S 04° 21'669"	W 70° 01'43.7"
RS_AMAT	Rio Solimões, Amaturá	S 03° 12'58.8"	W 68° 07'12.5"
RIÇA	Rio Iça	S 03° 21'38.0"	W 68° 12'00.8"
RS_S.A.IÇA	Rio Solimões, S. Antônio do Iça	S 03° 21'38.0"	W 68° 12'00.8"
RS_TONANT	Rio Solimões, Tonantins	S 03° 05'03.7"	W 68° 02'17.4"
RJAPURA	Rio Japurá (15 m foz)	S 01° 44'59.3"	W 67° 34'26.5"
RS_JUTAI	Rio Solimões, montante do Rio Jutai	S 03° 30'23.4"	W 67° 20'07.0"
RBOIA	Rio Bóia, afluente do rio Jutai	S 03° 59'29.5"	W 67° 50'29.7"
RS_JURUA	Rio Solimões, montante do Rio Juruá	S 02° 44'.59.1"	W 65° 48'.361"
RS_FBOA	Rio Solimões - Fonte Boa	S 02° 30'52.7"	W 66° 05'34.2"

No alto rio Amazonas: o rio Japurá, nasce na Colômbia com o nome de rio Caquetá, possui uma extensão de 1.357/2005 km em território Colombianos e 733 km em território brasileiro; o Javari nasce no Peru, na serra da Contamana, com o nome de Jaquirana, cerca de 1.180 quilômetros de extensão, no Brasil banha os município de Atalaia do Norte e Benjamim Constant; o Jutai, nasce no Brasil é caracterizado como rio de planície, sendo muito sinuoso em quase todo seu percurso; o Juruá nasce no Peru (453 m de altitude), possui 3.283 km de extensão, banha as cidades de Carauari, Juruá, Eirunepé, Itamarati, Ipixuna e Canamari (Ahmoc, 2002; Cunha e Pascoaloto, 2009). Os tributários da margem esquerda: rio Iça ou

Putumayo, nasce no Equador com o nome de Putumayo, possui 1.645 km de extensão, faz a divisa entre a Colômbia e o Peru.

Região 2. Do médio rio Amazonas (MRAM), envolve o trecho no rio Amazonas (a montante de Coari até Itacoatiara) e os rios Madeira, Purus e Negro (Tabela 1.2 e Figura 1.2).

Tabela 1.2. Localização das estações de coletas na região do médio rio Amazonas, de Manacapuru até Codajás (MRAM).

Sigla	Local/Município	Latitude	Longitude
RMAD ALT1	Rio Madeira, montante Altazes - Rosarinho	S 03° 41' 08.7"	W 59° 05' 28.6"
RMAD ALT2	R. Madeira, jusante Alltazes - Rosarinho	S 03° 40' 17.0"	W 59° 04' 35.2"
RMAD HUM1	R. Madeira, montante Humaitá	S 07° 29' 11.2"	W 63° 01' 06.2"
RMAD HUM2	R. Madeira, jusante Humaitá	S 07° 29' 35.7"	W 63° 01' 03.0"
RMAS PV1	R. Madeira, montante Porto Velho	S 08° 47' 05.3"	W 63° 55' 19.5"
RN MAO	R. Negro, Manaus/AM	S 03° 03' 06.0"	W 60° 14' 56.5"
RPUR LAB1	R. Purus, montante Lábrea	S 07° 15' 19.4"	W 64° 48' 14.5"
RPUR LAB2	R. Purus, jusante Lábrea	S 07° 15' 15.5"	W 64° 47' 31.1"
RPURU1	R. Purus, montante Beruri	S 03° 55' 29.7"	W 61° 25' 41.0"
RPURU2	R. Purus, jusante Beruri	S 03° 50' 48.1"	W 61° 23' 28.5"
RS ANAMA	Rio Solimões, Anamá	S 03° 35' 53.6"	W 61° 22' 58.4"
RS COARI	Rio Solimões, montante Coari	S 04° 01' 07.0"	W 63° 09' 32.9"
RS COAR2	Rio Amazonas, jusante Coari	S 04° 05' 07.5"	W 63° 06' 11.1"
R COARI	Rio Coari, Coari/AM	S 02° 41' 53.3"	W 59° 42' 39.5"
RS COD1	Rio Solimões, montante Codajás	S 03° 50' 25.3"	W 62° 05' 21.5"
RS COD2	Rio Solimões, jusante Codajás	S 03° 44' 26.0"	W 62° 05' 08.4"
RCUPARI	Rio Cupari	S 03° 23' 10.9"	W 67° 38' 54.0"
RS IRAND1	Rio Solimões, montante Iranduba/AM	S 03° 17' 11.6"	W 60° 12' 24.6"
RS IRAND2	Rio Solimões, jusante Iranduba/AM	S 03° 18' 13.6"	W 60° 10' 848"
R ARIAÚ	Rio Ariaú, Iranduba	S 03° 08' 01.0"	W 60° 21' 59.3"
RS ITAC1	Rio Solimões, montante Itacoatiara	S 03° 08' 15.8"	W 58° 28' 22.6"
RS ITAC2	Rio Solimões, jusante Itacoatiara	S 03° 09' 24.3"	W 58° 25' 35.9"
RS MACH	Rio Solimões, Machantaria	S 03° 13' 17.8"	W 59° 53' 42.8"
RS MANAC1	Rio Solimões, montante Macapuru	S 03° 18' 56.3"	W 60° 36' 42.3"
RS MANAC2	Rio Solimões, jusante. Manacapuru	S 03° 17' 56.3"	W 60° 38' 45.7"
RS MAO	Rio Solimões, meio	S 03° 17' 06.1"	W 60° 01' 27.3"
RPURUS BER	Rio Purus, Beruri-AM	S 03° 55' 29.7"	W 61° 25' 41.0"
RPURUS LAB	Rio Purus, Labrea- AM	S 01° 53' 16.5"	W 59° 27' 07.7"
RS TEFE	Rio Solimões, montante do rio Tefé	S 03° 01' 08.49"	W 64° 40' 58.5"
R TARAUCÁ	Rio Tarauacá, Acre	S 02° 41' 53.3"	W 59° 42' 39.5"
RTEFE	R. Tefé	S 03° 19' 59.6"	W 64° 43' 33.2"

No médio Amazonas os tributários da margem direita: o Purus, tem suas nascentes nas colinas do Arco Fitzcarrald, situado na floresta baixa Peruana dos departamentos de Ucayali e Madre de Dios, recebendo o nome de Pucani (500 m de altitude), na serra de Contamana que o separa da bacia do rio Ucayalli, no Brasil banha os estado do Acre e Amazonas. É um rio muito sinuoso e em suas margens encontram-se grandes reservas naturais: a Reserva Biológica do Abufari Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Piagaçu-Purus (ambas no estado do Amazonas) e a Floresta Estadual do Chandless (no Acre).

O Madeira nasce da junção dos rios Mamoré e Guaporé, faz a fronteira entre Brasil e Bolívia, com 3.240 km, no Brasil, banha os estados de Rondônia e do Amazonas, é um rio considerado novo, ainda em formação, é misto, parte de planalto e parte da planície, atravessa a Encosta Setentrional do Planalto Brasileiro, formando inúmeras corredeiras e cachoeiras, e cerca de sete km acima da cidade de Porto Velho passa a ser um rio de planície, por ser uma região formada por grandes rochedos e ilhas e entulhos trazidos durante as enchentes, suas águas são barrentas e carregam restos de árvores, terras caídas, baledos e matupás, principalmente na enchente. É o tributário que transporta maior carga de material em suspensão para o rio Amazonas (Cunha e Pascoaloto, 2009, Wikipédia, 2003).

Região 3. Baixo Amazonas (BRAM), do baixo Amazonas (BRAM), envolve o trecho do rio Amazonas (a montante de Parintins até a jusante de Santarém) e os rios Tapajós, Xingu Trombetas e Nhamundá (Tabela 1.3 e Figura 1.3).

Tabela 1.3. Localização das estações de coletas na região do baixo rio Amazonas, de Parintins até Santarém (BRAM).

Sigla	Local/Município	Latitude	Longitude
RAM PARINT1	R. Solimões, montante Parintins /AM	S 02° 35'54.5"	W 56° 47'23.5"
RAM OBID1	Rio Solimões, montante Óbido/ PA	S 02° 16'42.9"	W 55° 27'58.3"
RAM SANT1	Rio Solimões, montante Santarém / PA	S 02° 37'06.07"	W 54° 72'06.06"
RAM SAT2	Rio Solimões, jusante Santarém/ PA	S 02° 38'06.06"	W 54° 72'34.0"
RNHAM1	Rio Nhamundá, montante Nhamundá/AM	S 02° 9'07.7"	W 56° 46'42.3"
RNHAM2	Rio Nhamundá, Jusante Nhamundá/AM	S 02° 11'08.06"	W 56° 45'06.06"
RTAP1	Rio Tapajós, montante Alter do Chão/ PA	S 02° 29'07.56"	W 54° 59'15.9"
RTAP2	Rio Tapajós, Jusante Alter do Chão/ PA	S 02° 28'21.6"	W 54° 59'17.7"
RTAP_SANT1	Rio Tapajós , montante de Santarém/ PA	S 02° 40'0 6.06"	W 54° 8'13.07"
RUATUMA	Rio Uatumã, Presidente Figueiredo/AM	S 01° 53'16.5"	W 59° 27'07.07"
RPE	Rio Preto da Eva/AM	S 02° 69'09.46"	W 59° 70'58.2"
RURUBU	Rio Urubu, Presidente Figueiredo/AM	S 03° 02'35.8"	W 58° 34'54.3"
RARAPIUNS	Rio Arapiuns/ PA	S 02° 34'24.7"	W 55° 11'41.5"
RCURUA-UN A	Rio Curua-Una/ PA	S 02° 65'58.0"	W 54° 19'08.29"
RTAP_SANT2	Rio Tapajós, jusante de Santarém/ PA	S 02° 40'0 6.38"	W 54° 7'42.30"
RTROMB1	Rio Trombetas, montante Oriximiná/ PA	S 01° 44'55.5"	W 55° 53'08.09"
RTROMB2	Rio Trombetas, Jusante Oriximiná/ PA	S 01° 47'06.15"	W 55° 51'41.1"
RXING1	Rio Xingu , montante de Altamira/ PA	S 03° 14'09.00"	W 52° 12'16.8"
RXING2	Rio Xingu, jusante de Altamira / PA	S 03° 12'06.32 "	W 52° 10'08.8"

No baixo Amazonas, os tributários da margem direita: o Tapajós é um rio Brasileiro, nasce no estado de Mato Grosso, recebe o nome de Tapajós após a união com os rios Juruena e Teles Pires, faz divisa entre os estados do Amazonas e Pará, recebe contribuição dos rios de águas clara, Jamaxim, Crepori, Cururu, Mururá, Andirá e Arapiuns (Cunha e Pascoaloto, 2009); o Xingu nasce em Mato Grosso, ao Norte da região do Planalto Central, na união entre as serras do Roncador e Formosa (600 m de altitude). O rio tem contribuição de três rios: a

oeste, o rio Ferro (400 km), pelo Sul, o rio Betavil (330 km) e pelo leste, o rio Culuene (600 km).

Os tributários da margem esquerda do baixo Amazonas: o Trombeta nasce na fronteira da Guiana e do Suriname, com nome de rio Cafuini (na Guiana), e rio Anamu, (no Suriname), no Brasil recebe o nome de Trombetas e banha o estado do Pará, tem contribuição dos rios Turuna, Inambu ou Cachorro, Mapuera e Cuminá ou Paru. O rio Trombetas possui 800 km de extensão, Mera (1995). O Nhamundá, também conhecido como Jamundá ou Cumuru, faz a divisa dos estados do Pará e do Amazonas, nasce na serra do Acaraí, em seu curso superior, forma inúmeras cachoeiras tem seu leito arenoso (Cunha e Pascoaloto, 2009).

Região 4. Bacia Hidrográfica do rio Negro: o rio Negro maior afluente da margem esquerda, o mais extenso de água preta e o segundo maior em volume de água, tem sua origem entre as bacias dos rios Orinoco e da Amazônia, e também se conecta com o Orinoco através do canal de Casiquiare. Na Colômbia, é chamado de rio Guainia. Tem uma extensão de cerca de 1.700 km, seus principais afluentes são o rio Branco e o rio Ualpés (Goulding *et. al.*, 1988) (Tabela 1.4 e Figura 1.4).

Tabela 1.4. Localização das estações de coletas no rio Negro e tributários.

Sigla	Local/Município	Latitude	Longitude
RANAUÁ	Rio Anauá, Rorainópolis/RR	S 01°07'50.2"	W 60° 24'04.8"
RANEBÁ	Rio Anebá, Silves/AM	S 02° 49'15.9"	W 58° 40'06.6"
RALALAU	Rio Alalaú, Divisa Rorainópolis/ RR e Presidente Figueiredo/AM	S 02° 51'60.3"	W 60° 31'14.5"
RBR	Rio Branco, Boa Vista/ RR	S 02° 52'34.8"	W 60° 35'16.2"
RBUIÇU	Rio Buiçu, Estrada Itapiranga-AM	S 02° 26'40.5"	W 50° 01'54.0"
RCARU	Rio Caru/AM	S 03° 00'36.6"	W 58° 41'.1"
RCAUAMÉ	Rio Cauamé, Boa Vista/RR	S 02° 51'09.5"	W 60°37'09.7"
RCURICURIARI	Rio Curicuriari, São Gabriel da Cachoeira/AM	S 00° 12'01.0"	W 66°47'08.3"
RCUBATI	Rio Cubati, São Gabriel da Cachoeira	S 00° 31'08.2"	W 67° 24'02.6"
RITAPANY	Rio Itapany, Itapiranga/AM	S 02° 41'57.0"	W 58° 15'17.3"
RIÇANA	Rio Içana, São Gabriel da Cachoeira/AM	S 00 28'06.5"	W 67° 20'03.9"
RGRANDE	Rio Grande, Itapiranga/AM	S 02° 43'42.6"	W 58° 05'16.4"
RJAUAPERI	Rio Jauaperi, Rorainópolis/RR	S 02° 30'08.9"	W 60° 28'0"
RMUCAJAI	Rio Mucajai, Mucajai/RR	S 02° 28'39.0"	W 60° 54'09.25"
RN MANAUS	Rio Negro, Manaus-AM	S 03° 03'35.8"	W 60° 18'15.3"
RN_SGC	Rio Negro, São Gabriel da Cachoeira	N 00° 7'50.3"	W 67° 19'31.0"
RTACUTU	Rio Tacutu, Bonfim/ RR-Fronteira Brasil/Guiana Inglesa	S 03° 22'08.56"	W 59° 48'06.9"
RURARICOE	Rio Uraricoera, Amajari/RR	S 03° 27'44.6"	W 60° 59'37.0"
RUALPES	Rio Ualpés, São G. da Cachoeira/AM	N 00° 04'47.9"	W 67° 32'32.8"
RSARABANDY	Rio Sarabandy, Itapiranga/AM	S 02° 45'33.1"	W 58° 22'14.7"
RVIRAMUNDO	Rio Viramundo	S 02° 48'04.2"	W 58° 35'02.8"

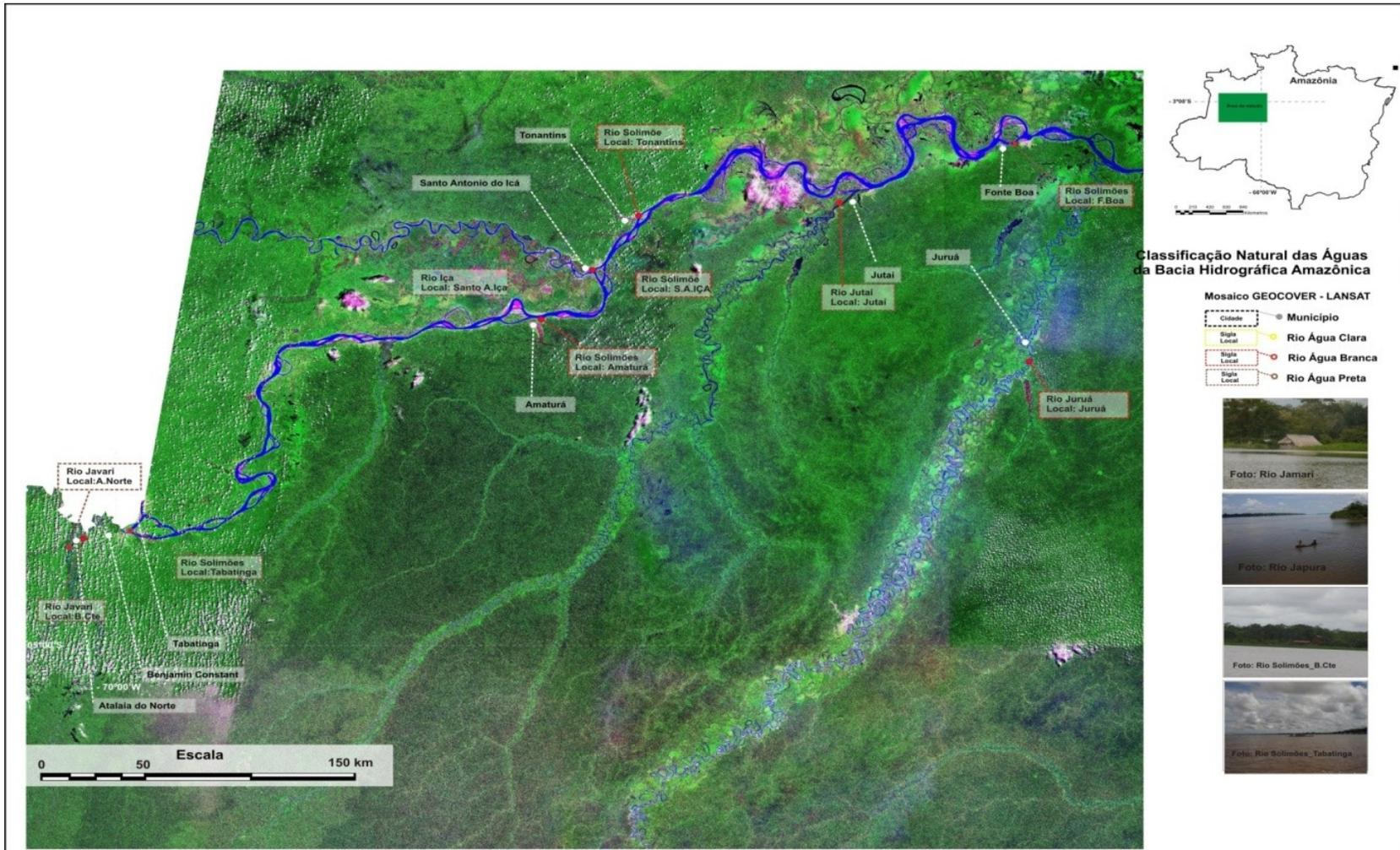


Figura 1.1. Localização das estações de coletas na calha principal do rio Amazonas e seus principais afluentes, no período de outubro de 2008 a julho de 2011 (Adaptado da Imagem Landsat, INPE, 2008).

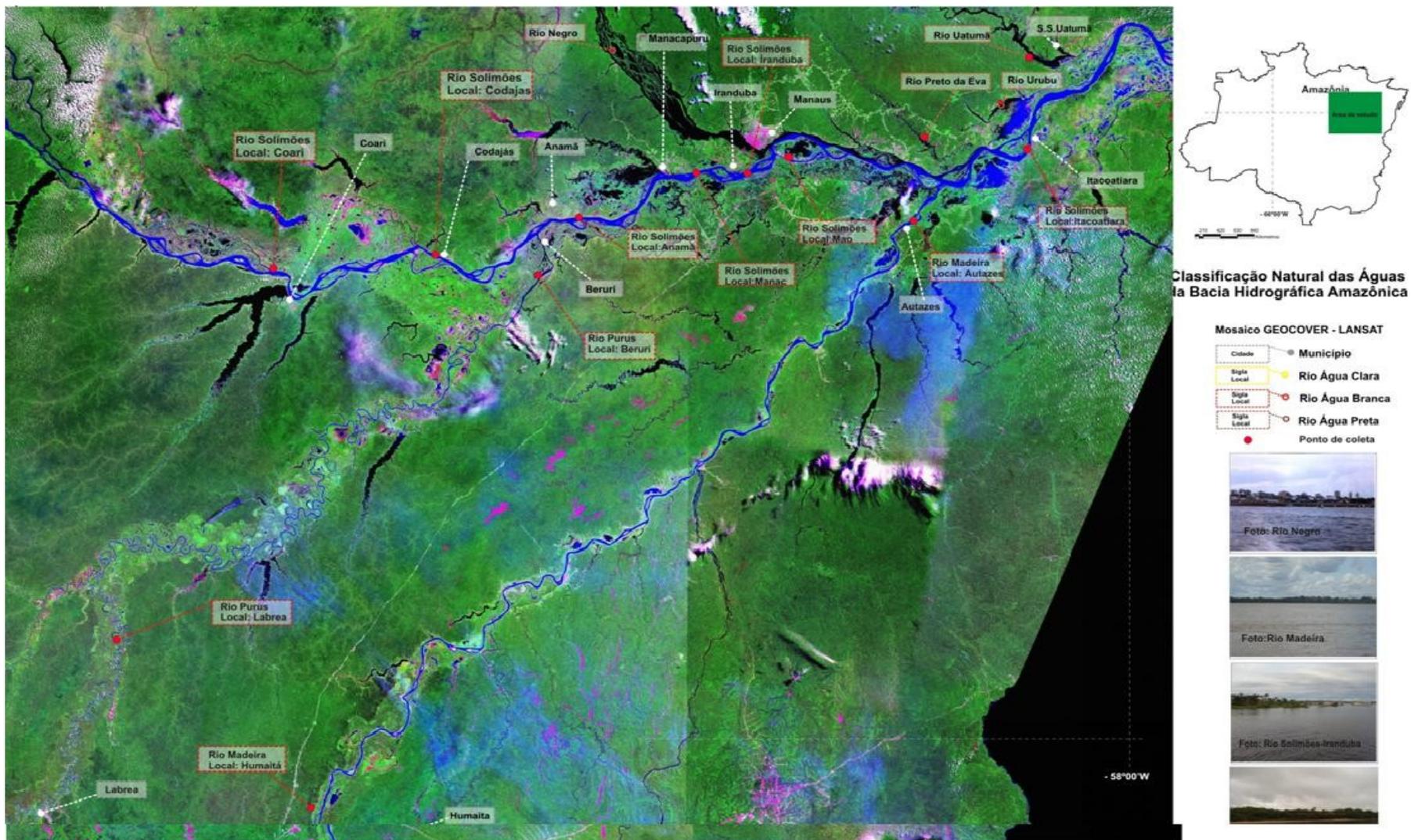


Figura 1.2. Localização das estações de coletas na calha principal do rio Amazonas e seus principais afluentes, no período de outubro de 2008 a julho de 2011 (Adaptado da Imagem Landsat, INPE, 2008).

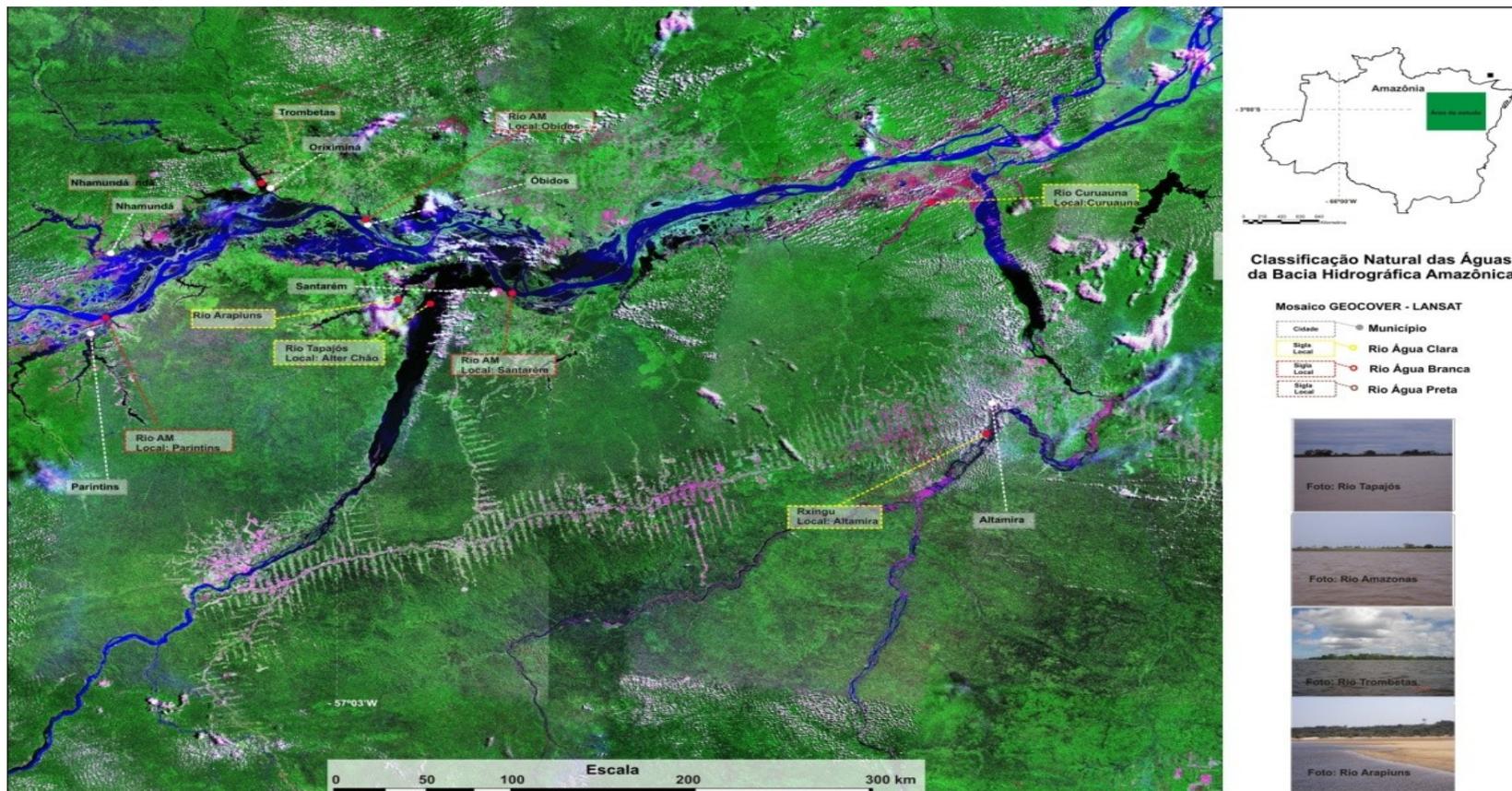


Figura 1.3. Localização das estações de coletas na bacia do rio Tapajós e Xingu, calha principal do rio Amazonas e seus principais afluentes, no período de outubro de 2008 a julho de 2011 (Adaptado da Imagem Landsat, INPE, 2008).

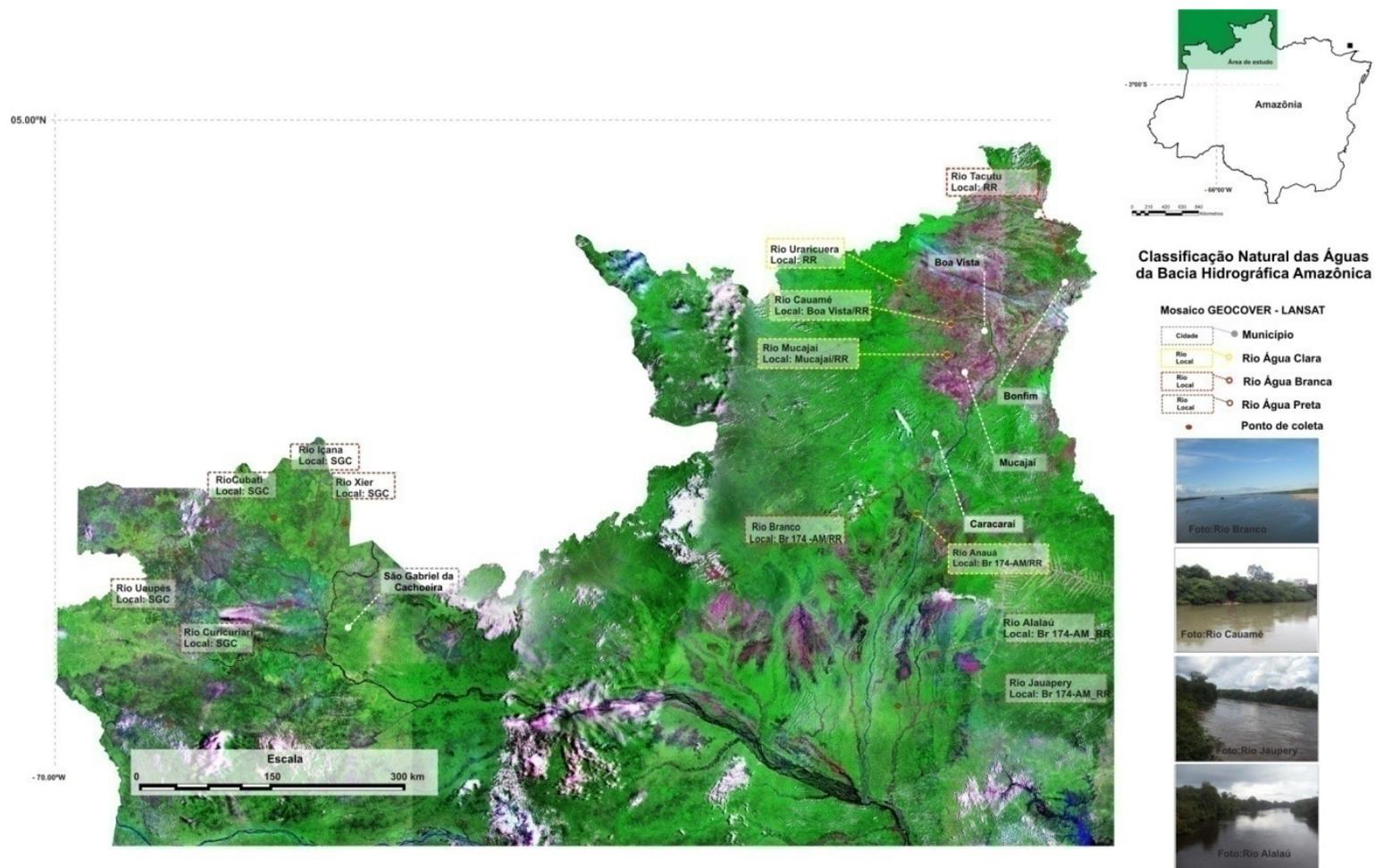


Figura 1.4. Localização dos locais de coletas na bacia hidrográfica do rio Negro, no período de outubro/2008 a julho/2011 2011 (Adaptado da Imagem Landsat, INPE, 2008).

2.2. Variáveis Ambientais

Em cada amostra coletada foram analisadas as variáveis: pH, condutividade elétrica (CE), cor, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), nitrogênio total (NT), íon amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), fósforo total (PT), silicato (Si(OH)_4), material em suspensão, cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+); cloretos (Cl^-), Sulfato (SO_4^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-); alumínio dissolvido (Al), antimônio (Sb), arsênio (As), bário (Ba), berílio (Be), boro (B), cobre dissolvido (Cu), cromo (Cr), cádmio (Cd), cobalto (Co), chumbo (Pb), ferro total (Fe^{+3}), ferro dissolvido (Fe^{+2}), lítio (Li), manganês (Mn), mercúrio (Hg), níquel (Ni), prata (Ag), selênio (Se), urânio (U), vanádio (V) e zinco (Zn).

As determinações do pH e CE foram realizadas *in loco*, na subsuperfície da água utilizando um pH-metro de modelo DM-2P e condutivímetro modelo DM-3P, ambos da marca DIGIMED. A cor verdadeira determinada por espectrofotometria, usando um espectrofotômetro marca FEMTO modelo 700 PLUS, como padrão uma solução de platina-cobalto, uma unidade de cor corresponde 1 mg/L de platina (Pt), a amostra foi filtrada e a leitura efetuada em 450 nm e os valores expressos em mg Pt/L e a turbidez por turbidimetria, com auxílio de um turbidímetro marca Micronal, os valores expressos em unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

O material em suspensão foi feito por gravimetria a partir do peso seco do material retido em filtro, amostra filtrada (volume de 200 a 500 ml) em filtro de fibra de vidro (0,45 μm de poro e 47 mm de diâmetro) Whatman (GF/F), previamente pesados, e seco em estufa a 105° C, os valores expresso em mg/L.

O OD na água foi determinado no momento da coleta, usando um medidor de oxigênio marca DIGIMED e pelo método de Winkler modificado, as amostras coletadas em garrafa Van Dorn, acondicionada em frasco de Winkler, no momento da coleta fixadas com azida e Sulfato manganoso e em seguida titulada tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), métodos descrito em Golterman *et al.* (1978).

O ferro dissolvido (Fe^{+2}) e total (Fe^{+3}) determinados pelo método da fenatrolina, que baseia-se na reação entre íons ferrosos com 1,10 – fenatrolina, formando um complexo vermelho alaranjado cuja absorção óptica a 512 nm. Íons férricos são quantitativamente reduzidos a íons ferrosos, sendo o sinal correspondente igual à soma de ferro (II) + ferro (III) solúveis nas amostras. Os íons de ferro (Fe^{+2} ou Fe^{+3}) podem estar presentes na água na

forma dissolvida, dependendo do teor de oxigênio; na forma coloidal e como matéria insolúvel em suspensão (APHA, 2005).

A determinação da sílica solúvel foi pelo método azul de molibdênio, leitura efetuada em 810 nm, métodos descritos por Strickland e Parsons (1968); Golterman *et al.* (1978) e Marckereth *et al.* (1978).

Para o nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT), as amostras inicialmente foram submetidas a digestão em autoclave a 110-115° C por 30 minutos, com persulfato e determinadas por espectrofotometria, metodologia sugerida por (Valderrama, 1981); O íon amônio (NH_4^+) por espectrofotometria, com ajuda do FIA (fluxo de análises contínua) APHA, (2005). O nitrato (NO_3^-) determinado pelo método da redução de nitrato a nitrito através da coluna com cádmio coperizado, as leituras realizadas em espectrofotometria a 535 nm, empregando reação de Griess, modificada.

O bicarbonato (HCO_3^-) foi determinado por titulação potenciométrica em amostras não filtradas. As técnicas de análises encontram-se descritas em APHA (2005) e Golterman e Clymo (1971). Para as concentrações do (cloreto (Cl^-), Sulfato (SO_4^{2-}), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+) e potássio (K^+) as amostras foram filtradas e fixadas com timol no momento da coleta e determinadas as análises por cromatografia líquida em um equipamento da marca DIONEX, modelo ICS1000. A detecção foi feita por condutivimetria, distintas para ânions e cátions, IonPac AS9HC (4mm) e CS12A (4 mm), respectivamente e simultaneamente. Para o método de detecção de ânions foi empregada uma solução eluente composta de carbonato de sódio (11 mM) e bicarbonato de sódio (7 mM). E o método de detecção de cátions foi utilizada uma solução eluente de ácido metanosulfônico a uma concentração de 20 mM. As análises foram realizadas automaticamente por computador com o auxílio do software Peaknet 6.7 e os resultados obtidos através de uma curva de calibração com padrões externos. O controle de qualidade da quantificação dos resultados foi feito com o uso da amostra certificada Tróis-94.

A metodologia empregada nas análises químicas teve por base as recomendações do Programa Biológico International Biological Programa - IBP para ambientes aquáticos (Golterman e Clymo, 1971; Golterman *et al.*, 1978; Marckereth *et al.*, 1978 e Stickland e Parsons, 1968 e APHA, 2005).

Nas determinações dos metais, as amostras foram coletadas e, no local de coleta, separadas em dois frascos de polietileno com capacidade para 100 ml, sendo uma para água filtrada (metais dissolvido) e outra para não filtrada (metais total), ambas fixadas com ácido nítrico (HNO_3 p.a. 2% purificado), enviadas ao laboratório do INPA (LQA) onde foram

digeridas com (2 ml de $H_2O_2 + HNO_3$) e as leituras feitas por ICP e absorção atômica no laboratório do CEA/UNESP.

As análises de antimônio, arsênio e selênio foram feitas por espectrometria óptica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES, as amostras foram digeridas com ($H_2O_2 + HNO_3$) segundo o método 3120-B (APHA-AWWA-WEF, 2005). Alumínio total por Espectrometria de AA* - plasma APHA 3120 B.

As metodologias específicas empregadas neste trabalho obedecem a procedimentos e critérios de preservação estabelecidos pelo Standard Methods for Examination of Water and Waste Water (APHA, 2005).

2.3. Análises estatísticas

Os dados foram organizados em planilha do programa Microsoft Excel e para avaliar a composição das águas dos rios da Amazônia, foi utilizado estatística descritiva do program R. No R os dados foram organizados com ajuda da construção do gráfico boxplot configurado para poder identificar os outliers (valores discrepantes) através do retângulo construindo quartis que contribuiu fornecendo várias informações, incluindo a existência de valores extremos. Em seguida foi construído o gráfico stripchart, que também indica a média de cada variável comparando por região. O stripchart ajuda descrever melhor o comportamento das variáveis ambientais no sistema, principalmente quando os dados apresentam uma distribuição indefinida, isto é, de forma atípica aos padrões de distribuição de probabilidade.

A similaridade entre os diferentes metais foi realizada com o programa Statistic 6.1 onde foram organizados agrupamentos hierárquicos de Cluster (AHC) associando os resultados das análises dos metais, Fe, Ba, Mn, Al dissolvido, V, Zn, Sn, Cr, Cu, Ni e Li aos locais de coletas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análises Físicas e Químicas

Os resultados das variáveis físicas e químicas mostraram variações significativas entre os diferentes rios da bacia hidrográfica do Amazonas. O potencial hidrogeniônico (pH), variando de ácido (3,6, no rio Cubati, mai/2009), seguido de uma acidez um pouco mais moderada (5,29) no rio Negro – Manaus, até uma condição pouco acima da neutralidade de

6,98 no rio Xingu e chegando a 7,86 nos rio Solimões- Manaus (Tabelas 1.5 a 1.10). O pH com variação significativa de 3,6 a 7,86 mostra a forte relação com o ambiente geológico e vegetação (Starllard e Edmond, 1987). Os minerais silicatados juntamente com as espécies de CO₂, forma reações, e dissolução dos silicatos por hidrólise consome íons H⁺ e eleva o pH das águas, reações que influenciam no meio aquoso e conferem forte poder de tamponamento nas águas. A decomposição da matéria orgânica também contribui acidificando as águas e os sedimentos em suspensão também interfere na acidez, elevando o pH próximo a neutralidade (Queiroz, 2009). Os baixos valores de pH nos rios de águas pretas se atribuiu às substâncias húmicas e fúlvicas (Walker, 1995).

A figura 1.5 mostra o comportamento das variáveis pH e C.E. (µS/cm) ao longo do rio Amazonas da montante de Tabatinga a jusante de Santarém, com variação significativa durante o período cheio (pH e 5,74 a 7,56 e C.E. 49,80 a 155,55 µS/cm) e na estiagem (pH variando de 6,25 a 7,86 e C.E. 22,40 a 153,20 µS/cm). As maiores condutividades observadas no rio Amazonas (Amazonas/Fronteira com o Peru, Amazonas/Colômbia e Amazonas/Tabatinga - região do alto rio Amazonas), são provenientes da intensa carga de transporte sólidos em suspensão que são carreados da região Andina e dissolvidos na coluna da água (Tabela 1.5 e 1.6), valores semelhante foram observados por Santiago (1997).

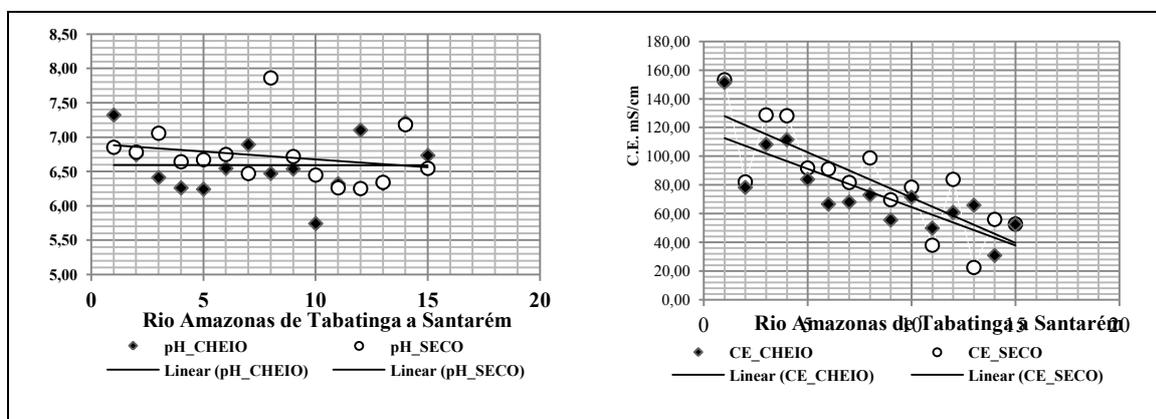


Figura 1.5. Comportamento dos valores médios das variáveis condutividade elétrica (µS/cm) e pH, observadas ao longo do rio Amazonas da montante de Tabatinga a jusante de Santarém, nos períodos de cheia e seca de 2009 a 2012.

A condutividade elétrica no meio é representada pela presença de substâncias dissolvidas em ânions (carbonatos, bicarbonatos, sulfatos e cloretos) e cátions (cálcio, magnésio, potássio e sódio) influenciados por inúmeros fatores como a geologia, vegetação, clima e o intemperismo químico da área. Os resultados mostraram composição diferenciadas, os tributários da margem esquerda do rio Amazonas, que nascem no Escudo das Guianas as

águas apresentaram-se pouco mineralizadas com baixos teores de eletrólitos, variando a condutividade elétrica de 4,39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (pH 5,90, no rio Curicuriari), seguida de 8,89 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (pH 4,68, no rio Sanabandy) e águas mais ácidas, tabela de 1.9 e 1.10. Os baixos valores de condutividades e mais ácidas, são águas proveniente da peniplanície muito antiga que aporta pequena quantidade de nutrientes observações de autores (Junk e Furch, 1969; Fittkau *et al.*, 1975).

As águas variando de ácidas a levemente alcalina (3,96-6,73) e com baixas disponibilidades de eletrólitos (4,39 a 35,17 $\mu\text{S}/\text{cm}$) foram observados para os rios que tem origem nos Escudo das Guianas, que passa por região de floresta densa, recebe ao longo do caminho grandes quantidades de matérias orgânicas que entram em decomposição e libera substâncias húmicas e fúlvicas, mostram comportamentos semelhantes aos observados por (Fittkau *et al.*, 1975; Junk e Furch, 1980; Sioli, 1984; Santos, 1984 e Gaillardet, 1997).

O mesmo foi observado nos rios que nascem em regiões Andina e pré-Andina que ao longo do caminho transportam intensa carga de sedimentos, disponibilizando íons no meio e deixando as águas mais alcalinas (Tabela 1.5 e 1.6). Comportamento também observado por outros autores (Sioli, 1968, 1984; Stallard e Edmond, 1983).

Outras pesquisas em rios da Amazônia sobre águas com baixos teores de eletrólitos e ácidas, no rio Negro e afluentes (Santos, 1984), no rio Cauamé /RR (Gomes, 2000), nas campanhas do Hibam, no rio Negro (1998) e no rio Xingu (1997) e rio Jutáí (Rios-Villamizar, 2011) entre outros.

No rio Amazonas e tributários da margem direita, devido a maior carga de sedimentos que é transportadas, são maiores os valores de turbidez (de 0,91 a 280,67), material em suspensão (0,89 a 195,008 mg/L) e condutividade elétrica com máximo observados na calha principal do rio Amazonas de 153,20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabatinga) e 155,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (na fronteira Peru/Brasil (Tabela 1.5 a 1.8). Valores semelhantes foram observados por Leite *et al.* (2011), estudando o rio Madeira, no período de 2004 a 2005 com variação na condutividade elétrica de 32,9 a 142,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A disponibilidade dos íons no meio eleva a quantidade dos eletrólitos nas águas, o que faz com que os rios de origem Andina tenham maiores condutividades e o pH varie de ligeiramente ácido a ligeiramente alcalino.

As maiores fontes de turbidez nas águas são de origem das argilas, areias, resíduos orgânicos e plâncton. O Amazonas e tributários da margem direita, que nascem nas regiões Andina e pré-Andina, transportam sedimentos em grandes quantidades, que são depositados nas margens, na planície de inundação, ou formam ilhas dentro dos próprios rios (IBGE, 1977, Filizola e Guyot, 2011). Os processos existentes e sua interrelação com processos

biogeoquímicos, provocados pelo intemperismo, contribuem com a variação entre os períodos de alta precipitação e de estiagem assim como a diluição dos eletrólitos da região Andina para o Oceano Atlântico e elevação da turbidez e sílica no período chuvosos (cheio), figura 1.6.

Na calha principal do rio Amazonas a turbidez variou de 2,08 a 73,58 UNT (período de estiagem) e de 20,57 a 177,26 UNT (período chuvoso), os maiores valores foram encontrados no rio Madeira/Humaitá (262,60 UNT) no período de estiagem e 280,67 durante período chuvoso e as menores turbidez foram observados nos rios da margem direita do baixo Amazonas, na região dos Escudo Brasileiro, nos rios Curuá-Una (0,78 UNT), Arapiuns (0,91 UNT) e Tapajós (1,34 UNT), tabela 1.5 e 1.10.

Os maiores valores de turbidez foram encontrados nos rios que tem suas origem na região Andina e pré-Andina, o aumento da turbidez está relacionado ao transporte dos sedimentos em suspensão que transportados principalmente pelo rio Amazonas até o oceano, na ordem de 800 milhões de toneladas por ano (Guyot *et al.*, 2005), além das contribuições Andinas, transportada principalmente pelos rios Solimões e Madeira (Filizola e Guyot, 2011).

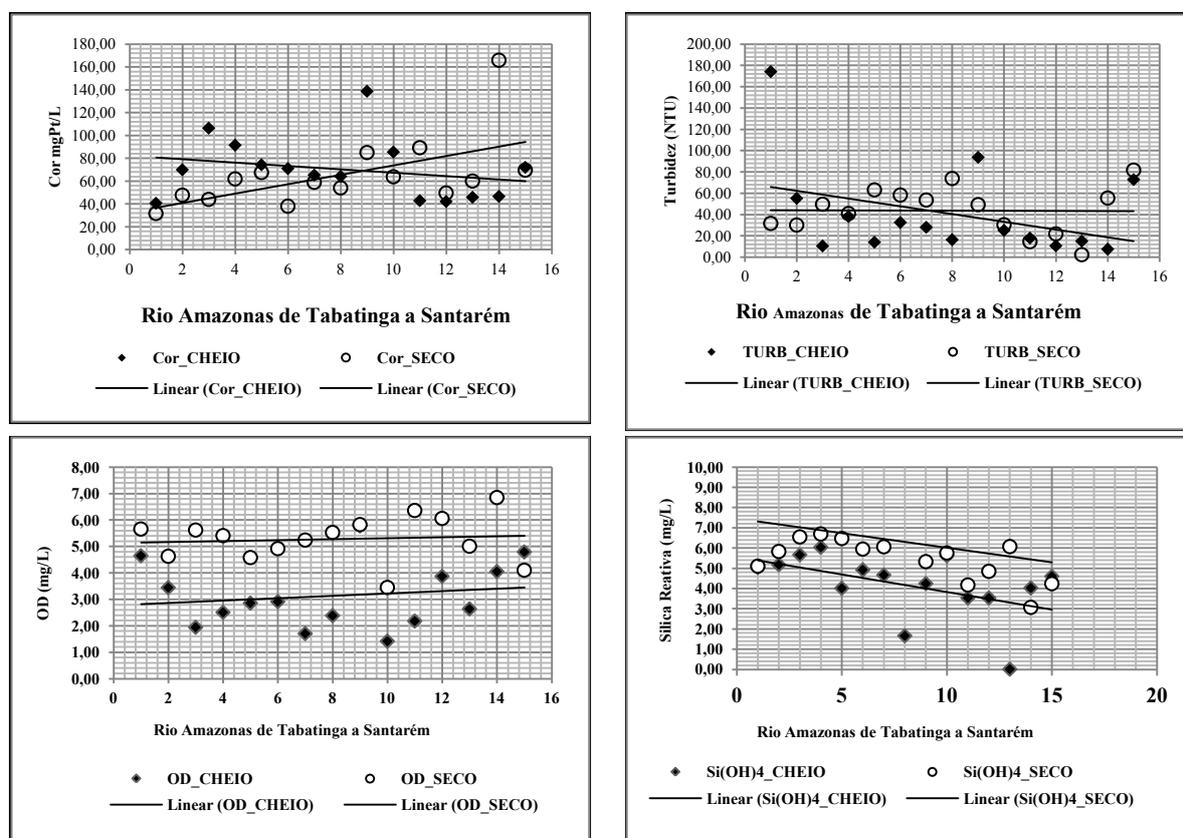


Figura 1.6. Comportamento dos valores médios das variáveis cor (mgPt/L), turbidez (UNT), OD (mg/L) e Si(OH)₄ (mg/L) observadas ao longo do rio Amazonas da montante de Tabatinga a jusante de Santarém, nos períodos de cheia e seca de 2009 a 2012.

Valores elevados de turbidez também foram observados em estudos realizados pelo Hibam nos rios Amazonas, Madeira e Purus em diferentes períodos. No rio Madeira (Hibam, 1995) encontrou turbidez de 80 (NTU), no rio Madeira em Porto Velho de 114 NTU e rio Madeira em Humaitá de 100 NTU (Hibam, 1996), este mesmo rio no período chuvoso, no rio Madeiro-Porto Velho, turbidez de 998,00 NTU e no rio Amazonas-Itacoatira, turbidez de 257,00 NTU (Hibam, 1998).

A cor na água reflete a presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão e da decomposição da matéria orgânica, proveniente de vegetais (húmus e taninos). A absorção e a reflexão vão depender das condições da superfície da água (plana ou ondulada), são inúmeros fatores como quantidade do material em suspensão e dissolvido entre outros que influenciam na cor no ambiente aquático (Fay, 2006). Nos rios de águas escuras a cor está refletindo as substâncias húmicas provenientes da decomposição da matéria orgânica oriunda da floresta. Nas águas dos rios de águas pretas a cor variou de 3,47 a 178,97 mgPt/L, estes valores quando comparados aos rios de água branca (Sioli, 1950) com variação de 40,39 a 261,30 mgPt/L são menores (Tabela 1.5 e 1.10).

As águas do rio Solimões/Amazonas (alto, médio e baixo Amazonas) condutividade elétrica variando (de 49,80 a 155,53 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e pH (de 5,74 a 6,25) quando comparados aos rios da margem esquerda do rio Amazonas a condutividade elétrica mostra uma forte relação com a variável pH nas águas da região.

O OD mostrou variações bem heterogêneas, de 1,41-10,7 mg/L (Tabela 1.8 e 1.10). Na calha principal do rio Amazonas em muitos trechos são baixos os teores de OD, chegando a 1,41 g/L no rio Purus, jul/2012. As maiores concentrações de OD foram encontradas nos rios Xingu (jul/2009) e Madeira (nov/2009). A presença de grandes quantidades de matéria orgânica no ambiente aquático pode diminuir as concentrações de oxigênio dissolvido devido ao processo natural de oxidação da matéria orgânica (Sperling, 2007; Kristensen *et al.*, 2008). Valores semelhantes de baixas concentrações de oxigênio dissolvido em ambientes naturais de rios da Amazônia também foram observados por (Shánchez-Botero *et al.*, 2001; Sánchez-Botero *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2008 e Aprile e Darwich, 2009).

Tabela 1.5. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO_5 , NT, NH_4^+ , NO_3^- , PT, Fe-dissolv., Fe-T, Si(OH)_4 , material em suspensão em mg/L analisadas no rio Amazonas de Tabatinga a Santarém, de março 2009 a dezembro de 2012, período de estiagem.

LOCAIS	N	C.E.	pH	Cor	Turbidez	OD	DBO5	N-T	NH4	NO3	P-T	Fe-Diss.	Fe-T	Si(OH)4	STS
RS_TBT	1	153,20	6,85	31,42	31,46	5,65	0,80	0,54	0,13	<0,01	0,11	0,31	3,33	5,09	192,67
RS_COAR2	2	82,06	6,78	47,50	29,90	4,62	0,94	0,39	0,13	0,05	0,08	0,17	1,33	5,82	26,75
RS_JURUA	4	128,70	7,06	43,76	49,40	5,61	1,65	0,39	0,18	0,06	0,07	0,18	2,26	6,54	46,95
RS_JUTAI1	2	128,15	6,64	61,71	40,69	5,40	0,49	0,40	0,15	0,09	0,09	0,19	2,12	6,68	89,00
RS_TEFE1	1	91,72	6,67	67,32	62,92	4,57	1,55	0,42	0,17	0,08	0,05	0,19	2,08	6,46	68,00
RS_MANAC	7	91,08	6,75	37,81	58,07	4,91	1,07	0,43	0,13	0,09	0,07	0,21	1,90	5,94	67,92
RS_IRAND	6	81,65	6,47	58,72	53,34	5,23	1,01	0,49	0,16	0,03	0,06	0,63	1,73	6,05	73,00
RS_MANAUS	1	98,76	7,86	53,86	73,58	5,52	1,01	0,55	0,16	0,24	0,19	<0,005	0,17	1,65	36,50
RS_ITAC	6	66,48	6,71	93,50	51,96	5,74	1,37	0,53	0,19	0,20	0,05	0,22	1,90	5,28	62,09
RPUR_BER1	3	78,37	6,45	63,58	30,16	3,44	0,44	0,42	0,20	0,07	0,12	0,44	1,49	5,74	50,93
RS_SAISA	1	37,90	6,26	89,01	14,30	6,35	0,92	0,42	0,25	<0,01	0,08	0,43	1,11	4,16	46,00
RS_TONANT	1	83,80	6,25	49,37	21,58	6,05	0,75	0,49	0,16	0,12	0,10	0,40	2,23	4,84	74,67
R_AMATUR	1	22,40	6,34	59,84	2,08	5,00	0,70	0,35	0,18	0,05	0,07	0,40	0,73	6,06	4,67
RAM_OBID	2	53,45	7,19	163,82	47,58	6,58	0,66	0,46	0,22	0,22	0,03	0,12	2,69	3,06	47,20
RAM_SAT	6	43,51	6,73	55,65	35,75	4,28	0,63	0,43	0,21	<0,01	0,07	0,12	2,18	4,23	47,25
Média	44	82,75	6,73	65,12	40,18	5,26	0,93	0,45	0,17	0,11	0,08	0,29	1,82	5,17	62,24
DP		35,74	0,41	31,98	19,22	0,82	0,36	0,06	0,03	0,07	0,04	0,15	0,78	1,40	41,73
Mínimo		22,40	6,25	31,42	2,08	3,44	0,44	0,35	0,13	<0,01	0,03	0,12	0,17	1,65	26,75
Máximo		153,20	7,86	163,82	73,58	6,58	1,65	0,55	0,25	0,24	0,19	0,63	3,33	6,68	192,67

Tabela 1.6. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO_5 , NT, NH_4^+ , NO_3^- , PT, Fe-dissolv., Fe-T, Si(OH)_4 , material em suspensão em mg/L analisadas no rio Amazonas de Tabatinga a Santarém, de março 2009 a dezembro de 2012, período chuvoso.

LOCAIS	N	C.E.	pH	Cor	Turbidez	OD	DBO5	N-T	NH4	NO3	P-T	Fe-Diss.	Fe-T	Si(OH)4	STS
RS_PER	2	155,55	7,51	53,86	165,36	3,03	1,39	0,800	0,033	0,564	0,370	0,100	6,440	5,44	195,08
RS_CO	1	139,50	7,56	45,39	177,06	2,94	0,15	0,885	0,010	0,510	0,039	0,100	4,150	6,02	179,60
RS_TBT	3	143,27	7,41	40,39	159,29	4,05	0,73	0,855	0,133	0,522	0,160	0,118	6,190	4,74	172,93
RS_COAR	8	78,21	6,74	69,71	54,96	3,43	0,43	0,348	0,149	0,198	0,091	0,548	2,265	5,16	36,79
RS_COD	4	81,35	7,17	69,38	42,12	3,07	0,54	0,393	0,111	0,174	0,063	0,468	2,606	5,85	32,27
RS_JURUÁ	2	108,15	6,41	106,22	10,27	2,34	0,86	0,436	0,185	0,029	0,136	0,214	2,126	5,65	16,10
RS_JUTAI	1	111,50	6,26	91,26	37,96	2,50	0,32	0,376	0,215	0,154	0,143	0,900	1,868	6,03	65,33
RS_MANAC	5	66,57	6,54	70,76	32,34	2,90	0,39	0,370	0,200	0,093	0,058	0,552	1,814	4,91	36,30
RS_TEFE1	1	83,80	6,24	74,05	13,78	2,85	0,76	0,689	0,186	<0,01	0,162	0,727	0,941	4,00	44,33
RS_IRAND	2	68,00	6,89	65,08	27,82	1,70	0,23	0,436	ND	ND	0,030	0,100	1,094	4,66	36,00
RS_ANAMA	1	68,90	6,67	64,33	15,08	1,96	ND	0,353	0,201	0,031	0,039	0,657	0,960	6,90	ND
RS_MAO	3	72,90	6,47	63,96	16,12	2,38	1,43	0,439	0,201	0,041	0,188	0,489	0,845	4,99	18,60
RS_MACHANT	2	50,35	6,87	77,42	50,05	4,63	0,44	0,442	0,192	0,041	0,130	0,594	1,511	4,49	46,00
RS_ITAC	5	55,51	6,54	138,53	93,50	5,77	2,13	0,671	0,136	0,330	0,065	0,148	2,277	4,23	78,81
RS_PURUS	1	71,40	5,74	85,27	24,96	1,41	0,51	0,252	0,227	<0,01	0,093	0,962	1,562	5,60	57,00
RS_PARINT2	4	83,20	7,22	261,30	101,14	6,45	2,45	0,381	0,261	0,100	0,038	0,194	3,508	4,16	92,67
RS_FBOA	2	85,60	6,53	47,87	39,52	2,34	0,15	0,535	0,016	0,204	0,046	0,100	2,470	3,65	55,50
RS_SAISA	1	49,80	6,32	42,64	17,68	2,17	ND	0,710	0,012	0,287	0,033	<0,1	0,970	3,52	26,20
RS_TONANT	1	60,75	7,10	41,89	10,40	3,86	ND	0,750	0,036	0,261	0,053	<0,1	0,970	3,52	15,40
RS_AMAT	1	65,77	6,32	45,63	14,82	2,63	0,50	0,036	0,229	ND	0,025	0,720	4,430	3,99	37,82
RAM_OBID	2	75,10	7,21	181,77	81,12	5,63	0,87	0,560	0,143	0,173	0,038	0,188	3,130	4,02	78,50
RAM_SAT	4	63,78	6,50	90,51	140,40	4,70	0,65	0,553	0,236	0,170	0,110	0,114	5,093	5,28	174,50
Média	56	83,59	6,74	83,05	60,26	3,31	0,79	0,512	0,148	0,216	0,096	0,383	2,764	4,90	71,22
DP		44,66	53,53	54,33	45,97	1,65	0,49	0,247	0,136	0,160	0,169	1,642	1,738	49,09	41,22
Mínimo		49,80	5,74	40,39	10,27	1,41	0,15	0,036	0,010	0,029	0,025	0,100	0,845	3,52	15,40
Máximo		155,55	7,56	261,30	177,06	6,45	2,45	0,885	0,261	0,564	0,370	0,962	6,440	6,90	195,08

Tabela 1.7. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO_5 , NT, NH_4^+ , NO_3^- , PT, Fe-dissolv., Fe-T, Si(OH)_4 , material em suspensão em mg/L analisadas nos tributários da margem direita do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período de estiagem.

LOCAIS	N	C.E.	pH	Cor	Turbidez	OD	DBO5	N-T	NH4	NO3	P-T	Fe-Diss.	Fe-T	Si(OH)4	STS
RARAPIUNS	6	8,24	6,03	25,81	1,04	7,20	0,78	0,20	0,15	0,03	0,04	0,10	0,14	3,66	2,37
RBOIA	4	6,68	5,88	45,26	36,92	6,30	ND	0,45	0,01	0,05	0,13	0,12	0,54	3,11	33,50
RCURUA-UN.	1	17,73	5,99	18,70	0,78	6,29	0,68	0,23	ND	0,04	0,02	<0,1	0,63	4,77	6,40
RCUPARI	1	65,08	6,18	65,08	13,00	7,07	ND	0,62	0,38	0,01	0,16	1,10	0,10	2,92	22,57
RJAV_AN	1	24,00	6,34	105,47	44,46	5,63	0,63	0,47	0,26	0,20	0,08	0,41	1,78	4,46	54,67
RJAV_BC	1	23,40	6,27	111,45	26,52	5,49	0,33	0,63	0,28	0,14	0,08	0,37	1,89	4,37	55,33
RJURUAI	9	53,57	6,48	113,20	126,88	3,27	0,48	0,39	0,33	0,19	0,15	0,17	1,88	2,21	186,50
RJUTAI	5	16,37	6,14	49,07	40,72	5,78	1,23	0,42	0,17	0,29	0,10	0,19	1,09	5,50	42,05
RMAD_ALTA	4	45,46	7,19	127,16	115,90	6,41	1,41	0,37	0,18	0,14	0,07	0,10	1,79	5,07	92,15
RMAD_HUM.	2	66,90	7,19	87,89	262,60	10,45	4,24	0,52	0,20	ND	0,16	0,11	2,44	4,41	247,50
RPUR_LAB	4	67,07	7,17	35,91	32,31	ND	ND	0,44	0,15	0,12	0,05	0,10	2,19	4,01	117,75
RPUR_BER	3	53,58	6,58	52,92	13,00	1,87	0,47	0,33	0,15	0,18	0,07	0,15	1,25	6,80	5,30
RTAP	7	14,92	6,69	15,71	1,34	8,08	0,78	0,27	0,09	0,06	0,07	0,10	0,18	5,18	3,77
RTAP_ITAITU	2	4,49	NA	2,62	12,61	10,27	NA	0,50	0,26	0,10	0,05	0,43	0,10	5,22	7,67
RXING	4	19,90	6,98	9,48	1,69	8,94	1,31	0,33	0,10	0,05	0,02	0,10	0,33	7,05	3,20
Média	54	32,49	6,51	57,71	48,65	6,64	1,12	0,41	0,19	0,11	0,08	0,25	1,09	4,58	58,72
DP		23,36	0,47	41,77	70,83	2,37	1,10	0,13	0,10	0,08	0,05	0,27	0,85	1,33	73,82
Mínimo		4,49	5,88	2,62	0,78	1,87	0,33	0,20	0,01	0,01	0,02	<0,1	<0,01	2,21	2,37
Máximo		67,07	7,19	127,16	262,60	10,45	4,24	0,63	0,38	0,29	0,16	1,10	2,44	7,05	247,50

Tabela 1.8. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO_5 , NT, NH_4^+ , NO_3^- , PT, Fe-dissolv., Fe-T, Si(OH)_4 e material em suspensão em mg/L analisadas nos tributários da margem direita do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período chuvoso.

LOCAIS	N	C.E.	pH	Cor	Turb.	OD	DBO5	N-T	NH4	NO3	P-T	Fe-Diss.	Fe-T	Si(OH)4	STS
RARAPIUNS	2	9,27	6,96	20,57	0,91	6,78	0,79	0,25	0,11	<0,01	0,04	<0,1	0,12	4,17	1,00
RBUICU_ITAPIR	1	27,50	6,24	53,11	3,12	3,87	ND	0,60	0,01	0,09	0,01	<0,01	0,64	2,85	0,80
R_COARI	1	9,80	5,85	ND	3,12	5,64	ND	0,19	0,09	0,04	ND	0,10	0,72	2,84	8,50
RJAVI	1	16,42	6,33	66,57	24,44	3,38	1,36	1,22	ND	ND	0,03	0,10	0,74	3,68	20,20
RJAVAR_BC	1	13,33	5,91	71,06	13,52	5,70	0,37	0,83	0,07	0,20	0,04	0,10	0,82	5,81	9,00
RJURUA	3	16,43	6,18	78,04	24,18	4,90	0,37	0,90	0,19	0,18	0,04	0,16	0,88	4,90	18,87
RJUTAI	2	11,92	5,62	78,92	2,34	1,16	1,05	0,35	0,23	NA	0,07	0,70	0,67	3,36	3,85
RMAD_ALTAZ	2	47,81	7,20	56,85	102,44	5,34	0,32	0,38	0,13	0,14	0,05	0,11	2,14	15,31	58,70
RMAD_HUM2	2	69,80	6,26	96,12	247,91	6,36	0,46	0,53	0,24	0,08	0,13	0,14	4,26	4,31	157,00
R_MAD_P.VELH	2	76,80	6,80	75,93	280,67	8,63	3,00	0,44	0,23	0,07	0,15	0,22	7,33	5,29	189,00
RPURUS	4	18,92	6,45	103,79	42,32	2,03	ND	0,28	0,24	0,08	0,10	0,14	2,59	NA	45,20
RPUR_BER	2	24,30	6,13	100,23	13,13	1,83	ND	0,34	0,25	0,07	0,07	0,55	1,29	6,64	ND
R_TARAUCA	1	103,10	6,49	177,28	181,22	3,71	0,85	0,65	0,34	<0,025	0,28	0,17	1,46	6,11	189,00
RTAP	5	14,39	6,50	49,45	4,36	6,45	0,83	0,41	0,18	0,11	0,04	0,10	0,45	5,84	5,16
RTEFÉ	3	7,25	5,90	56,85	5,55	ND	ND	0,24	0,19	0,01	0,04	0,10	1,28	0,34	5,47
Média	32	31,13	6,32	77,48	63,28	4,70	0,89	0,51	0,18	0,10	0,08	0,21	1,69	5,10	50,84
DP		29,46	0,43	36,32	95,21	2,13	0,83	0,29	0,09	0,06	0,07	0,19	1,87	3,38	71,46
Mínimo		7,25	5,62	20,57	0,91	1,16	0,32	0,19	0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,12	0,34	0,80
Máximo		103,10	7,20	177,28	280,67	8,63	3,00	1,22	0,34	0,20	0,28	0,70	7,33	15,31	189,00

Tabela 1.9. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO_5 , NT, NH_4^+ , NO_3^- , PT, Fe-dissolv., Fe-T, Si(OH)_4 e material em suspensão (STS) em mg/L analisadas nos tributários da margem esquerda do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período estiagem.

LOCAIS	N	C.E.	pH	Cor	Turbidez	OD	DBO5	N-T	NH4	NO3	P-T	Fe-Diss.	Fe-T	Si(OH)4	STS
RANAUA	3	31,37	5,96	88,26	28,51	6,54	1,52	0,59	0,35	0,09	0,14	0,24	1,28	8,72	44,80
RARIAU	1	104,70	7,20	53,60	27,82	1,82	ND	1,07	0,10	0,32	0,07	<0,1	1,27	ND	26,50
RALALAU	4	12,93	5,40	56,10	4,55	5,93	1,07	0,40	0,22	0,03	0,04	0,15	0,50	4,34	4,18
RB	10	27,33	6,72	34,41	12,45	6,66	2,13	0,34	0,19	0,05	0,04	0,19	0,62	8,07	18,53
RB_BR174	2	43,20	6,48	54,61	16,12	6,37	0,93	0,40	0,11	0,13	0,05	0,21	1,21	7,19	27,90
RCAUAMAÉ	3	11,54	5,92	25,93	7,11	6,62	1,46	0,30	0,18	0,03	0,04	0,17	0,76	5,86	11,90
RCURUA-UN.	1	17,73	5,99	18,70	0,78	6,29	0,68	0,23	ND	0,04	0,02	<0,1	0,63	4,77	6,40
RIÇA	1	16,22	6,10	54,60	9,10	6,33	0,61	0,40	0,16	<0,01	0,08	0,40	0,79	4,12	48,00
RJAPURA	3	13,47	6,04	56,35	20,11	5,48	0,80	0,33	0,13	0,06	0,05	0,18	0,95	2,99	25,20
RJAUAPERY	3	29,80	6,16	50,37	15,08	6,44	1,13	0,48	0,23	0,11	0,05	0,25	0,87	5,73	27,00
RMUCAJAI	3	36,13	6,18	59,34	30,94	6,72	1,25	0,58	0,29	0,15	0,06	0,15	1,68	8,42	33,97
RNHAMI	2	14,32	5,40	48,25	14,95	4,15	0,00	0,40	0,15	0,08	0,02	0,13	0,47	2,29	17,14
RN_MAO	2	10,40	5,29	118,19	7,93	5,33	0,18	0,42	0,34	ND	0,01	0,12	0,56	3,53	11,60
RPE	3	8,46	5,16	44,63	4,51	6,84	0,72	0,23	0,20	0,09	0,03	0,28	0,75	3,20	3,10
RTACUTU	3	36,97	6,59	45,88	12,65	6,21	1,30	0,34	0,14	0,01	0,04	0,19	1,12	7,92	17,80
RTROMB	4	20,65	6,38	44,22	3,12	5,72	1,82	0,47	0,12	0,11	0,07	0,38	0,77	4,50	7,17
RURUBU	2	9,84	4,32	75,55	5,20	7,50	3,11	0,30	0,17	0,12	0,02	0,33	0,33	0,51	2,80
RURARICUE	3	26,10	5,60	40,39	16,12	6,44	1,08	0,47	0,40	0,25	0,05	0,18	0,67	7,97	14,47
RUATUMA	3	9,44	6,32	20,44	1,91	6,98	0,47	0,25	0,22	0,19	0,03	0,14	0,53	1,49	2,60
Média	56	25,29	5,96	52,10	12,58	6,02	1,12	0,42	0,21	0,11	0,05	0,22	0,83	5,09	18,48
DP		21,99	0,66	23,28	9,15	1,25	0,73	0,19	0,09	0,08	0,03	0,08	0,35	2,53	13,74
Mínimo		8,46	4,32	18,70	0,78	1,82	0,00	0,23	0,10	<0,01	0,01	<0,01	0,33	0,51	2,60
Máximo		104,70	7,20	118,19	30,94	7,50	3,11	1,07	0,40	0,32	0,14	0,40	1,68	8,72	48,00

Tabela 1.10. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO_5 , NT, NH_4^+ , NO_3^- , PT, Fe-dissolv., Fe-T, Si(OH)_4 e material em suspensão (STS) em mg/L analisadas nos tributários a margem esquerda do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período chuvoso.

LOCAIS	N	C.E.	pH	Cor	Turb.	OD	DBO5	N-T	NH4	NO3	P-T	Fe-Diss.	Fe-T	Si(OH)4
RCARU	1	10,32	4,77	100,23	13,26	1,47	ND	0,34	0,02	0,14	<0,005	0,13	0,21	2,43
RCAUAMAÉ	3	10,59	5,86	67,57	19,59	6,36	1,60	0,40	0,13	<0,01	0,02	0,46	0,95	5,07
RCURICURIAR	1	4,39	5,90	3,47	0,61	ND	1,27	0,77	0,02	0,04	ND	0,63	1,44	1,73
RS_ICA	1	19,51	5,93	56,10	7,54	2,18	ND	0,68	0,04	0,23	0,03	0,10	0,65	3,04
RITAPANY	2	9,06	4,77	53,86	7,02	3,25	ND	0,37	0,10	0,09	0,01	0,52	0,59	3,11
RIÇANA	3	19,68	4,44	135,87	2,33	5,25	1,82	0,73	0,63	0,08	0,14	0,66	0,77	1,29
RGRANDE_ITAP	1	9,46	4,99	76,30	2,60	2,83	ND	0,76	0,01	0,03	0,02	<0,01	0,16	2,73
RJAPURÁ	2	14,57	4,72	135,87	2,46	4,04	1,82	0,75	0,32	0,05	0,08	0,66	0,46	2,01
RJAUAPERY	3	19,53	6,30	96,49	34,58	5,62	ND	0,65	0,31	0,15	0,07	0,28	1,09	5,20
RCUBATI	3	30,17	3,96	178,97	0,44	2,29	2,34	0,45	ND	ND	0,09	0,61	0,77	0,59
RMUCAJAI	2	35,17	6,73	86,40	25,48	6,42	ND	0,64	0,22	0,17	0,06	0,23	1,29	8,98
RMARICOTA	1	9,72	4,84	70,31	2,34	ND	ND	ND	0,27	0,03	ND	0,52	1,57	2,01
RMARIE	1	ND	4,99	4,99	1,83	ND	2,60	0,78	0,03	0,08	0,12	0,43	0,93	2,79
RNHAM	1	9,09	5,50	46,38	3,12	ND	ND	ND	0,10	ND	ND	<0,1	0,18	7,07
RN_MAO	4	13,39	4,62	141,00	2,34	3,72	1,13	1,10	0,03	0,13	0,02	0,34	0,69	2,15
RN_SGC	3	13,43	4,70	142,37	3,21	4,66	0,59	0,40	ND	0,03	0,10	0,24	0,78	1,80
RN_XIER	1	16,97	4,66	4,66	4,27	ND	ND	0,35	0,07	0,13	0,10	0,58	0,91	2,42
RTACUTU	3	27,21	6,50	94,50	26,93	6,21	1,60	0,44	0,38	0,07	0,03	0,24	1,01	7,63
R_SARABAN	1	8,89	4,68	56,85	6,50	4,47	ND	0,42	0,01	0,19	0,01	<0,01	0,12	3,34
R_UALPES	3	10,80	4,74	61,09	3,87	5,28	3,13	0,32	0,14	0,48	0,02	0,36	0,66	1,89
R_TROM	1	21,57	6,55	37,82	2,60	5,23	2,58	0,48	0,14	0,16	0,05	0,12	0,77	4,55
R_URACICUE	1	21,10	6,45	112,95	37,70	4,13	ND	0,89	ND	0,23	0,05	0,12	1,26	ND
RUATUMÃ_1	1	9,57	6,00	43,38	2,60	ND	ND	ND	0,16	0,05	ND	0,18	0,48	2,30
R_URUBU	2	21,04	5,80	77,79	4,42	2,33	0,96	0,44	ND	0,09	0,03	0,10	0,48	3,29
R_VIRAMUN	1	11,38	4,79	94,25	8,84	2,00	ND	NA	0,01	0,03	0,01	<0,01	0,15	2,86
RXIER	2	6,00	4,80	68,73	1,87	ND	1,30	0,24	0,07	0,01	0,11	0,66	0,82	0,95
Média	47	15,30	5,31	78,88	8,78	4,09	1,75	0,56	0,15	0,12	0,06	0,37	0,74	3,25
DP		7,73	0,79	45,54	10,76	1,59	0,73	0,22	0,16	0,10	0,04	0,21	0,40	2,09
Mínimo		4,39	3,96	3,47	0,44	1,47	0,59	0,24	0,01	0,01	0,01	0,10	0,12	0,59
Máximo		35,17	6,73	178,97	37,70	6,42	3,13	1,10	0,63	0,48	0,14	0,66	1,57	8,98

As concentrações dos cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ em meq/L) e dos ânions (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} em meq/L) nas águas dos rios da Amazônia foram plotados no Diagrama semi-logarítimo de Scholler, sendo (A) amostras de água do alto rio Amazonas (nas fronteiras com Peru, Colômbia e nas cidades de Tabatinga, Fonte Boa, Santo Antonio do Iça, Tonantins, Amaturá, Coari e Codajá); (B) médio rio Amazonas (em Manacapuru, Manaus, Iranduba e Itacoatiara) e baixo rio Amazonas (em Parintins, Óbidos e Santarém), figura 1.7.

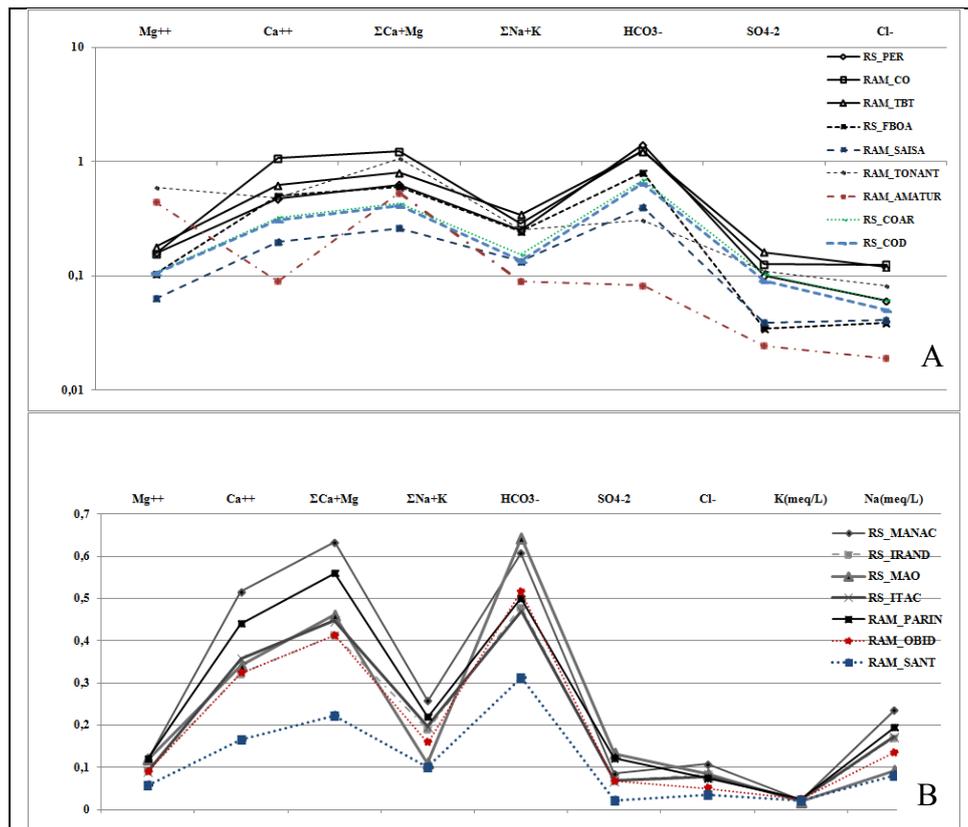


Figura 1.7. Distribuição dos cátions segundo diagrama de schoeller para águas do rio Amazonas, A) Alto Amazonas (da fronteira com Peru até Amaturá) e , B) Médio e Baixo Amazonas (de Manacapuru a Santarém).

O rio Amazonas mostrou uma diluição na composição dos íons que vai do alto Amazonas (de Tabatinga até Codajá - figura 1.7-A) ao baixo Amazonas (de Manacapuru a Santarém - figura 1.7-B) que se justifica pela entrada dos tributários com baixas concentrações dos íons, também observado por (Starllard, 1983).

Durante o período de estudo foi observado na calha principal do rio Amazonas uma predominância de Ca^{++} (cátions) e HCO_3^- (ânions), sendo que as maiores concentrações foram encontradas no período chuvoso, nas estações (Amazonas/Peru, Amazonas/Colômbia e Amazonas/Tatinga -alto Amazonas) do alto Amazonas. A predominância do Ca^{2+} dentre os cátions e do bicarbonatos dentre os ânions nas águas do rio Madeira, foi também observado por Leite et al. (2011) no período de 2004 a 2007 entre outro autores (Mortarti e Probst, 2003; Bonotto e Silveira, 2003 e Ferreira *et al.*, 1988).

A figura 1.8 mostra o comportamento da somatória das médias observadas durante o período de março de 2009 a dezembro de 2012 dos cátions (TZ^+) e ânions (TZ^-), é nítido o comportamento diferenciado dos rios. No rio Amazonas na calha principal de Tabatinga até Santarém, mostraram variações nos cátions (TZ^+) de 0,394 a 1,512 meq/L e ânions (TZ^-) de 0,125 a 1,569 meq/L. Nos tributários do rio Amazonas da margem direita a variação foi para TZ^+ de 0,090 a 0,866 meq/L e TZ^- de 0,111 a 1,014 meq/L e da margem esquerda do rio Amazonas com variação TZ^+ de 0,0156 a 0,651 meq/L e TZ^- de 0,0236 a 0,797 meq/L e da margem direita do Baixo rio Amazonas TZ^+ variou de 0,0120 a 0,525 meq/L e TZ^- de 0,0948 a 0,4155 meq/L.

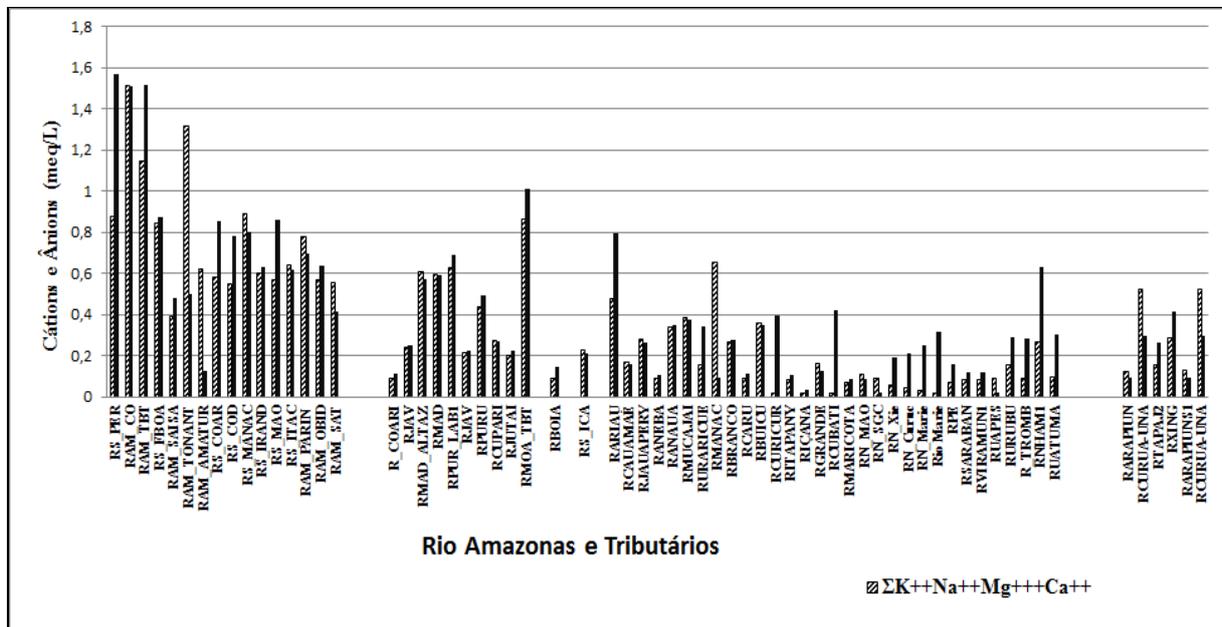


Figura 1.8. Distribuição da somatória dos cátions e ânions em meq/L no rio Amazonas e tributários, observadas no período de março 2009 a dezembro de 2012.

Avaliando as médias em meq/L dos cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) e dos ânions (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-}) nas águas de superfícies do rio Amazonas e tributários, foi constatado para os ânions uma predominância dos bicarbonatos (HCO_3^-), o que se justifica pelo equilíbrio no sistema tampão envolvendo as espécies (H_2O , CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-}), e para os cátions predominou o cálcio nas águas do rio Amazonas e nos tributários da margem direita, tabela 1.13 e 1.14.

Foram agrupados os locais do rio Amazonas (de Tabatinga a Codajás - ALTO_AM, de Manacapuru a Itacoatiara - MÉDIO_AM e de Parintins a Santarém - BAIXO_AM), e os tributários da margem direita (TRIB_MD) e esquerda (TRIB_ME) (Figura 1.9). As características para o íons nas águas dos rios da Amazônia são bastante diferenciadas. Nos rios as águas são bicarbonatadas com predominância do HCO_3^- e no rio Amazonas cálcicas com predominância do Ca^{++} .

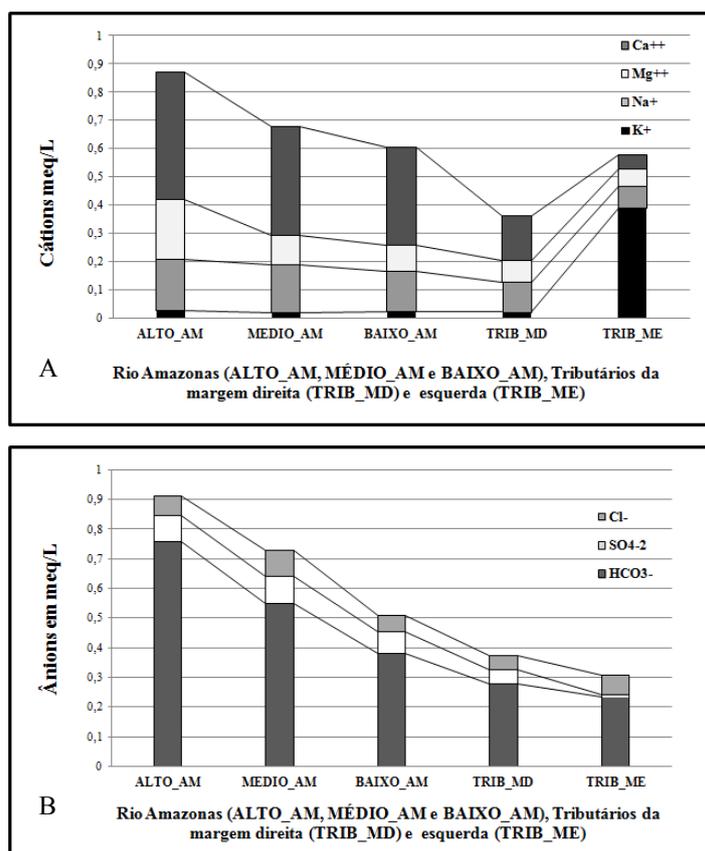


Figura 1.9. Comportamento dos cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) e ânions (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-}) para águas do rio Amazonas (alto Amazonas, médio Amazonas e baixo Amazonas) e tributários da margem direita (TRIB_MD) e esquerda (TRIB_ME).

Os valores médios da condutividade elétrica, cor, material em suspensão, turbidez, ferro, oxigênio dissolvido e sílica foram agrupados e separados por áreas, no rio Amazonas e tributários da margem direita (RAM e TRIB_MD), tributários da margem direita do baixo Amazonas (TRIB_MD_BAIXO_AM) e tributários da margem esquerda do rio Amazonas (TRIB_ME_RAM). Nas águas do rio Amazonas e tributários da margem direita foram observadas maiores valores de condutividade elétrica, cor, material em suspensão, turbidez, são rios que tem suas origem na região dos Andes que transportam grandes quantidades de sólidos que são carreados e dissolvidos, disponibilizando íon no meio, com isto elevando condutividade elétrica nestes estudos chegando a 155,55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a cor a 280,67 mg.Pt/L e material em suspensão a 195,08 mg/L e o pH variando de 6,43-7,9, esta diminuição na acidez é explicado pela diminuição do teor de CO_2 livre e pela capacidade de tampão que se torna muito reduzida (Sioli, 1956).

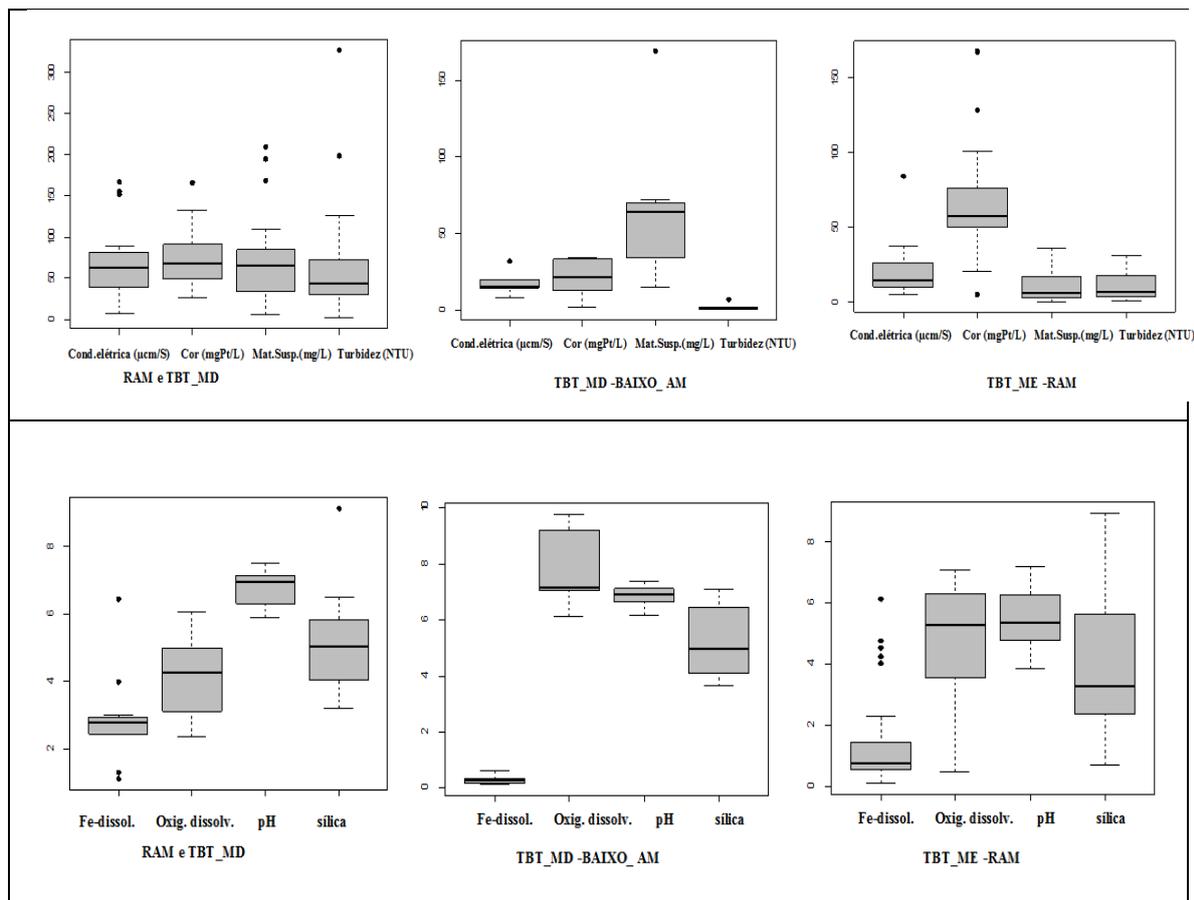


Figura 1.10. As variáveis ambientais condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), cor (mgPt/L), material suspensão (mg/L), turbidez (NTU), Fe-dissolv, OD, pH e silicato no rio Amazonas e tributários da margem direita (RAM e TRIB_MD), tributários da margem direita do baixo Amazonas (TRIB_MD_BAIXO_AM) e tributários da margem esquerda do rio Amazonas (TRIB_ME_RAM).

Nos rios tributários da margem direita (TRIB_MD_BAI_XO_AM) são maiores as taxas de oxigênio (valor máximo observado no rio Tapajós de 10,27 mg/L) e são menores a turbidez (0,78 UNT). Nos rios da margem esquerda (TRIB_ME_RAM) que tem suas cabeceiras no Escudo das Guianas e da margem direita (TRIB_MD_BAI_XO_AM) com cabeceiras nos Escudos Brasileiro, devido a baixa erosão com baixos teores de material em suspensão, as águas são pouco mineralizadas com condutividade menor que 36,48 μ S/cm e de turbidez no máximo de 37,70 UNT (Figura 1.10 e Tabelas 1.8 e 1.10).

No diagrama de Cluster foram associados os diferentes metais (Fe, Ba, Mn, Al_dissolvido, V, Zn, Sn, Cr, Cu, Ni e Li) aos locais de coletas, nesta avaliação verificou-se tres grupos bem distintos. No primeiro grupo o ferro se destacou pela distância euclidiana, o que se justifica pela formação geológica, no segundo grupo somente o Ba e terceiro dos demais metais (Figura 1.12). Dos metais o V, Zn, Sn, Cr, Cu e Ni mostraram maior similaridade.

A maior concentração de Fe total (16,390 mg/L) foi encontrada no rio Amazonas/Tabatinga, seguido do rio Madeira (11,040 mg/L). Do Ba (8,257 mg/L) no rio Xingu, seguido 6,887 mg/L no rio Uraricoera e de 5,693 mg/L no rio Amazonas/Amaturá. A maior concentração do Zn foi observada no rio Amazonas/Iranduba (1,403 μ g/L) e a maior concentração de Mn (1,045 mg/L) foi observada no rio Amazonas/Peru.

Dos metais o Ferro predominou com maiores concentrações nas águas dos rios da Amazônia, valores semelhantes foram observados por Horbe *et al.* (2005), que atribuiu ao intemperismo e a disponibilização proveniente das rochas sedimentares da Formação Alter do Chão. Segundo Horbe *et al.* (2007) quartzo, caolinita, illita, hematita+goethita e muscovita são os minerais principais e na sua composição química predominam SiO_2 , Al_2O_3 seguidos de Fe_2O_3 , K_2O , CaO , MgO e Na_2O .

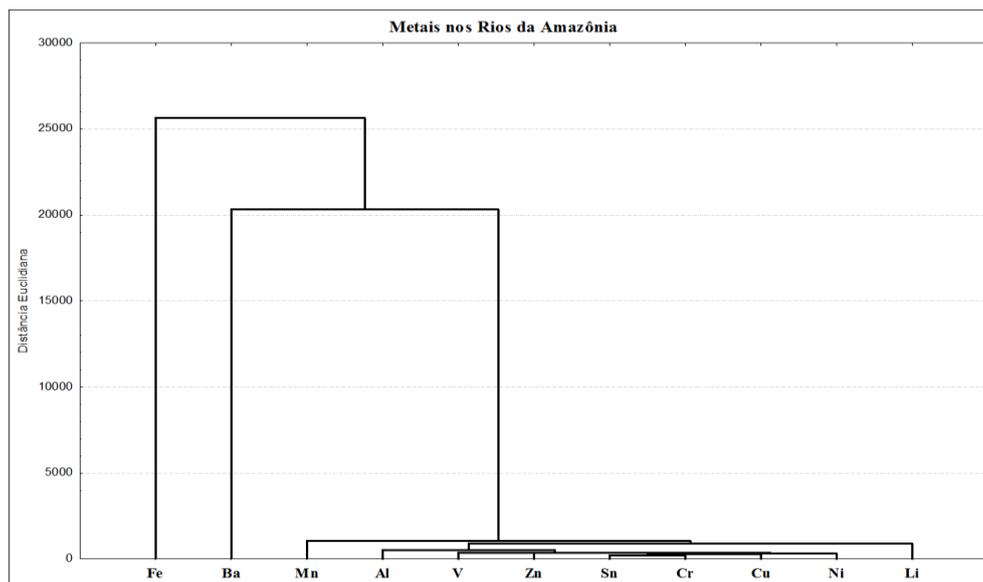


Figura 1.11. Representação do agrupamento (AHC) dos metais Fe, Ba, Mn, Al, V, Zn, Sn, Cr, Cu, Ni e Li dos rios da Amazonas, durante o período de 2009 a 2012.

Tabela 1.11. Resultados da Li, Fe, Mn, Al, Ba, Cu (em mg/L), Ni, Co, Zn, V, Cr, Sn, Cd (em µg/L) analisadas ao longo do rio Amazonas (da fronteira Brasil/Peru, Brasil/Colômbia até rio Amazonas/Tabatinga de março 2009 a dezembro de 2012.

LOCAL/MUNICÍPIO	N	Al	Ba	Cd	Cr	Cu	Co	Fe	Li	Mn	Ni	Sn	Zn	V
Rio Solimoes- Peru	1	ND	2,971	<3	0,072	0,136	0,018	ND	0,297	1,045	0,048	0,196	0,806	0,148
Rio Amazonas / Colô	2	ND	1,482	0,001	0,062	0,060	0,008	4,028	0,402	0,427	0,028	0,229	0,405	0,071
Rio Solimoes_Tabatin	1	ND	1,149	<3	0,057	0,084	0,011	16,390	0,169	0,443	0,041	0,192	0,278	0,087
Rio Solimoes_Tabatin	2	0,000	4,323	<3	0,034	0,060	0,005	10,902	0,143	0,288	0,024	0,176	0,248	0,052
Rio Solimões - Coari	8	ND	4,358	<3	0,017	0,024	0,002	3,864	0,072	0,070	0,049	0,145	0,202	0,016
Rio Solimões -Codajás	5	ND	4,458	0,002	0,030	0,020	0,009	2,996	0,214	0,081	0,007	0,120	0,223	0,010
Rio Solimões/Porto M	9	0,004	1,186	0,003	0,049	0,030	<4	6,164	0,096	0,141	0,022	0,127	0,412	0,013
Rio Solimões, Irandub	4	0,013	1,472	0,004	0,012	0,023	0,001	2,967	0,115	0,105	0,014	0,154	1,403	0,013
Rio Solimões, Manaus	4	ND	0,615	0,011	0,021	0,052	0,001	3,287	0,063	0,282	0,015	0,076	0,408	0,012
Rio Amazonas -Urucu	1	ND	0,634	<3	<15	<6	<4	6,982	0,126	0,202	<9	<28	0,270	<10
Rio Amazonas, Ananã	1	ND	0,019	<3	<15	<6	<4	0,335	<22,00	0,000	<9	<28	<1	<10
R. Amazonas, Itacoatia	1	ND	3,782	<3	0,054	0,022	<4	9,164	0,190	0,266	<9	<28	0,526	<10
Rio Amazonas - Itacoã	8	0,013	1,448	0,004	0,022	0,021	0,001	4,407	0,173	0,092	0,013	0,096	0,587	0,009
Rio Amazonas_Parinti	2	ND	0,490	<3	0,006	0,024	<4	4,292	0,079	0,060	0,005	0,100	0,217	0,010
Rio Solimões -F.Boa	5	0,076	0,444	<3	0,012	0,016	0,006	3,914	0,232	0,067	0,002	0,077	0,269	0,004
Rio Solimoes_SAISA	2	0,103	0,326	<3	<15	0,011	<4	4,001	<22,00	0,072	<9	<28	0,177	<10
Rio Amazonas_Tonati	2	0,093	0,313	<3	<15	<6	<4	3,529	0,035	0,072	<9	<28	0,142	<10
Rio Solimões_Amatur:	1	0,027	5,693	<3	0,008	0,028	0,006	4,186	0,098	0,101	0,006	0,155	0,249	0,012
Rio Amazonas, Óbido:	4	0,101	3,046	<3	0,006	0,021	0,004	3,595	0,070	0,079	0,005	0,113	0,184	0,010
Rio Amazonas, Santar	2	ND	3,894	0,003	0,027	0,009	0,003	8,060	0,064	0,125	0,012	0,073	0,338	0,021
Média	65	0,048	2,105	0,004	0,031	0,038	0,006	5,424	0,147	0,201	0,019	0,135	0,386	0,033
DP		0,044	1,770	0,003	0,022	0,033	0,005	3,621	0,094	0,234	0,016	0,048	0,297	0,041
Mínimo		0,000	0,019	0,001	0,006	0,009	0,001	0,335	0,035	0,000	0,002	0,073	0,142	0,004
Máximo		0,103	5,693	0,011	0,072	0,136	0,018	16,390	0,402	1,045	0,049	0,229	1,403	0,148

Tabela 1.12. Resultados da Li, Fe, Mn, Al, Ba, Cu (em mg/L), Ni, Co, Zn, V, Cr, Sn, Cd (em µg/L) analisadas nos tributários da margem direita do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012.

LOCAL/MUNICÍPIO	N	Al	Ba	Cd	Cr	Cu	Co	Fe	Li	Mn	Ni	Sn	Zn	V
RS_ICA	3	0,155	5,687	0,002	0,020	0,008	<4	3,517	0,106	0,052	0,009	0,126	0,307	0,003
RPUR_LAB	2	0,000	0,065	<3	<15	<6	<4	3,650	<22,00	0,148	<9	<28	0,002	<10
RPURU	4	0,165	0,910	0,026	0,115	0,023	0,019	5,338	0,250	0,093	0,004	0,151	0,384	0,008
RMADI	5	0,167	4,581	<3	0,013	0,023	0,006	11,040	0,131	0,130	0,006	0,066	0,193	0,015
RJAVI	5	0,188	1,456	<3	0,027	0,018	0,001	7,831	0,085	0,129	0,005	0,034	0,514	0,011
RJURUA		ND	0,016	<3	<15	<6	<4	1,506	<22,00	0,017	<9	<28	<1	<10
RBOIA	3	ND	2,729	<3	0,031	0,005	<4	2,092	0,023	0,030	<9	<28	0,101	<10
RCOARI	1	0,032	0,666	0,001	0,171	0,017	<4	1,741	0,057	0,134	<9	0,121	0,569	0,007
RJAPURÁ	1	ND	1,018	0,004	0,053	0,011	0,004	4,336	0,074	0,079	0,034	0,137	0,346	0,032
RJUTAI	5	0,081	1,018	0,002	0,017	0,004	0,001	3,388	0,045	0,048	0,007	0,063	0,248	0,006
RXING	3	0,048	8,257	<3	0,022	0,018	<4	1,553	0,183	0,058	0,007	0,116	1,356	0,013
RARAP	3	ND	0,283	0,002	0,007	0,003	0,001	0,674	0,024	0,006	0,006	0,042	0,112	0,001
RCURIC	1	ND	0,705	<3	0,018	0,013	<4	3,152	0,151	0,040	0,019	0,255	0,326	ND
RTAP	8	0,054	2,951	0,001	0,012	0,017	0,001	1,280	0,132	0,031	0,006	0,124	0,461	0,006
Média	44	0,099	2,167	0,006	0,042	0,013	0,005	3,650	0,105	0,071	0,010	0,112	0,378	0,010
DP		0,070	2,449	0,009	0,050	0,007	0,007	2,846	0,068	0,048	0,009	0,062	0,338	0,009
Mínimo		0,000	0,016	0,001	0,007	0,003	0,001	0,674	0,023	0,006	0,004	0,034	0,002	0,001
Máximo		0,188	8,257	0,026	0,171	0,023	0,019	11,040	0,250	0,148	0,034	0,255	1,356	0,032

Tabela 1.13. Resultados da Li, Fe, Mn, Al, Ba, Cu (em mg/L), Ni, Co, Zn, V, Cr, Sn, Cd (em µg/L) analisadas nos tributários da margem esquerda do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012.

LOCAL/MUNICÍPIO	N	Al	Ba	Cd	Cr	Cu	Co	Fe	Li	Mn	Ni	Sn	Zn	V
RURAR	2	0,000	6,292	<3	0,003	0,022	<4	1,381	0,142	0,033	0,002	0,082	0,136	0,002
ANAUA	3	ND	0,885	0,003	0,036	0,009	0,001	2,081	0,039	0,036	0,013	0,086	0,298	0,009
RARIAU	2	ND	0,487	<3	0,045	<6	<4	3,396	<22,00	0,152	<9	<28	0,150	<10
RALAL	3	ND	0,506	0,004	0,018	0,009	0,001	1,426	0,039	0,082	0,009	0,072	0,287	0,004
RBU_ITAP	1	ND	0,638	<3	<15	<6	<4	5,474	0,086	0,114	<9	<28	0,334	0,000
RCAUAME	3	0,032	0,500	0,002	0,006	0,009	0,001	3,426	0,019	0,118	<9	0,042	0,226	0,002
RJAUPERY	4	ND	0,770	0,003	0,031	0,008	0,001	3,607	0,073	0,058	0,009	0,092	0,273	0,003
RMUCAJAI	5	0,046	0,707	0,003	0,025	0,014	0,009	4,142	0,324	0,063	0,014	0,068	0,324	0,009
RTACUTU	4	0,045	0,621	0,870	0,103	0,014	0,001	4,159	0,061	0,169	0,016	0,137	0,239	0,013
R.Branco	11	0,000	0,862	0,001	0,047	0,009	0,003	2,514	0,105	0,043	0,003	0,059	0,254	0,004
RSARABAN	1	ND	0,418	<3	<15	<6	<4	2,548	<22,00	0,062	<9	<28	0,352	<10
RCARU	1	ND	0,424	<3	<15	<6	<4	4,880	<22,00	0,050	<9	<28	0,328	<10
RANEBA	1	ND	0,714	<3	<15	0,034	<4	5,172	0,096	0,054	<9	<28	0,414	<10
RITAPANY	1	ND	0,726	<3	<15	<6	<4	4,558	<22,00	0,032	<9	<28	0,396	<10
RIÇANA	2	0,060	0,475	0,003	0,010	0,004	0,001	0,935	0,037	0,009	0,009	0,062	0,211	0,002
RG_ITAP	1	ND	1,164	<3	0,034	0,028	<4	2,960	0,072	0,036	<9	<28	0,414	<10
RCUBATI	2	ND	0,440	<3	<15	<6	<4	2,443	0,032	0,048	<9	<28	0,164	<10
RMOA_TBT	1	ND	0,652	<3	<15	<6	<4	4,720	0,000	0,148	<9	<28	0,302	<10
RNHAM	4	0,092	6,887	<3	0,011	0,037	0,007	2,064	0,246	0,052	0,006	0,124	0,158	0,010
RN_MAO	4	ND	0,732	0,006	0,047	0,026	<4	2,033	0,047	0,056	0,010	0,085	0,725	0,005
Alto_R.Negro	7	ND	1,782	0,001	0,019	0,018	<4	2,192	0,070	0,036	0,006	0,096	0,187	0,002
Rpreto Eva	3	ND	0,620	0,003	0,006	0,004	<4	1,200	0,022	0,025	0,005	0,051	0,276	0,005
RSARANB	1	ND	2,773	<3	0,039	0,033	<4	1,425	0,099	0,041	0,008	0,161	0,178	0,006
RTROMB	4	0,082	6,490	<3	0,025	0,018	0,004	1,842	0,090	0,042	0,006	0,131	0,131	0,006
RUAPEB	2	0,000	1,121	0,002	0,032	0,018	0,008	2,982	0,350	0,075	0,014	0,138	0,312	0,018
RURUBU	4	0,026	3,253	0,002	0,020	0,019	0,003	2,411	0,163	0,050	0,005	0,058	0,537	0,005
RUATUMA	3	0,000	0,441	0,003	0,006	0,023	<4	1,430	0,120	0,030	0,005	0,095	0,194	0,003
RVIRAMUN	2	ND	0,840	0,003	0,042	0,016	0,004	5,226	0,529	0,264	0,052	0,195	0,508	0,022
Média	82	0,035	1,508	0,061	0,029	0,018	0,003	2,951	0,119	0,071	0,011	0,096	0,297	0,006
DP		0,034	1,903	0,224	0,022	0,010	0,003	1,378	0,125	0,055	0,011	0,041	0,136	0,006
Mínimo		0,000	0,418	0,001	0,003	0,004	0,001	0,935	0,000	0,009	0,002	0,042	0,131	0,000
Máximo		0,092	6,887	0,870	0,103	0,037	0,009	5,474	0,529	0,264	0,052	0,195	0,725	0,022

4. CONCLUSÕES

O estudo destaca a importância de conhecer as características físicas e químicas nas águas dos rios da região hidrográfica do Amazonas, seja para constatar valores anômalos ou diferença entre os diferentes rios. Na caracterização os rios mostraram águas bastante heterogêneas, variação de forma significativa tanto estacional quanto temporal. No período chuvoso (alta precipitação) as águas são mais acidificadas e maiores valores de cor, no período de pouca precipitação as águas apresentaram maiores taxas de oxigênio dissolvido e maiores teores de condutividade elétrica, turbidez e sílicas.

As águas na calha principal do rio Amazonas no trecho de Tabatinga até Codajás (alto Amazonas) apresentaram comportamento diferente do trecho de Manacapuru até Santarém (do médio ao baixo Amazonas), o que se justifica por ser formação geológica diferente e devido a contribuição das entradas dos tributários com menores teores de eletrólitos contribuindo para a diluição das águas do rio Amazonas de Manacapuru a Santarém.

No rio Amazonas e tributários da margem direita são maiores os valores de eletrólitos, cor, material em suspensão, turbidez, rios que transportam quantidades de sólidos que são carregados e dissolvidos no meio. Nos tributários da margem esquerda do rio Amazonas que aporta pequena quantidade de nutrientes, as águas mostraram-se pouco mineralizadas e mais ácidas.

O oxigênio dissolvido mostrou-se bem heterogêneo nas águas dos rios. Em alguns rios são bastante oxigenadas (rio Madeira, Tapajós) e outros com pouco oxigênio disponível (rio Amazonas e rio Negro). Dos metais o ferro e bário predominaram nas águas dos rios, já esperado devido à geologia da área.

Avaliando os íons nas águas de superfícies do rio Amazonas e tributários, os ânions mostraram uma predominância dos bicarbonatos (HCO_3^-), o que se justifica pelo equilíbrio no sistema tampão envolvendo as espécies (H_2O , CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-}), e para os cátions o cálcio predominou nas águas do rio Amazonas. Os rios que tem sua origem na região Andina e Sub-Andina, ex.: rio Amazonas e tributários da margem direita são bicarbonatas e cálcicas.

As características físicas e químicas tem demonstrado bom estado de conservação nos rios da Amazônia, apesar dos baixos valores de OD, observado com frequência no período de alta precipitação, devido à decomposição da matéria orgânica provenientes das serapilheiras de áreas alagadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHIMOC, Administração da Hidrovia da Amazônia Ocidental, **Rios da Amazônia Ocidental**, 2002. Disponível em: <<http://www.ahimoc.com.br>>. Acesso em: 02 ago. 2005.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B. The Upper Precambrian of South America. **Boletim do Instituto de Geociências da USP**, 1976. v.7, p. 45-80.
- ALMEIDA, F.F.M. et al. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth Science Review**, 1981. v.17, p. 1-19.
- ALMEIDA, F.F.M.; BRITO NEVES, B.B.; CARNEIRO, C.D.R. The Origin and evolution of the South American Plataform. **Earth Science Reviews**, 2000. 50, p.77-111.
- APHA, American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21st ed. Washington, D.C.: APHA-AWWA-WEF, 2005.
- APRILE, F. M.; DARWICH, A.J. Regime térmico e a dinâmica do oxigênio em um lago meromítico de águas pretas da região Amazônica. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, 2009.v. 13, p. 37 – 43.
- BONOTTO, D.M.; SILVEIRA, E.G. Preference rations for mercury and other chemical elements in the Madeira River, Brazil. **JS Am Eart Sci**. 2003.v.15(8), 911-923.
- BRINKMANN, W.L.F.; SANTOS, A. 1970. Natural Waters in Amazonia II. The Chemical Oxygen Demand (COD). Symposium Proceodings On Environment In Amazonia. **Anais**. Manaus, 1970. 1, p. 57-66.
- BRITO NEVES, B.B.; CORDANI, U.G. Tectonic evolution of South América during Late Proterozoic. **Precambrian Research**, 1991. v. 53, p. 23-40.
- CORDANI, U.G.; BRITO NEVES, B.B. The geologic evolution of South America during the Archean and Early Proterozoic. **Revista Brasileira de Geociências**, 1982. 12, p. 78-88.
- CORDANI, U.G., et al. Crustal evolution of the South América Platform. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E. J.; FILHO, A.T.; CAMPOS, D.A. (eds.) **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro, 2000. p. 19-40.
- CUNHA, H. B.; PASCOALOTO, D. **Hidroquímica dos rios da Amazônia**. Manaus: Governo do Estado do Amazonas; Secretaria de Estado da Cultura; CCPA. 2009. 160 p.
- FAY, E.F.; SILVA, M.S.S. **Índice do uso Sustentável da Água (ISA-Água) - região do submédio São Francisco**. São Paulo: Embrapa Meio Ambiente, 2006.p.157.
- FILIZOLA, N.; GUYOT, J. L. Fluxo de sedimentos em Suspensão nos rios da Amazônia. **Revista de Geociências**, São Paulo, 2011. v. 41(4). p. 566-576.

FERREIRA, J.R., et al. Chemical composition of the Madeira River: seasonal trends and total transport. **Mitt Geol Palaontol Inst Univ Hambh**, 1988. v. 66, p.63-75.

FITTKAU, E. J. et al. Substrate and vegetation in the Amazon region. In: CRAMER, J. [Ed.] *Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde* Herausgegeben von Reinhold Tüxen. **Vaduz, J. Cramer**, 1975. p. 73-90.

GAILLARDET, J., et al. Chemical and physical denudation in the Amazon River Basin. **Chemical Geology**, 1997. v. 142, p. 141-173.

GOMES, N. A. **Estrutura da Comunidade de Algas Perifíticas no Igarapé Água Boa e No Rio Cauamé, Boa Vista, Roraima, Brasil, ao Longo de um Ciclo Sazonal**. 2000. p. 255. INPA/UA. Estado do Amazonas, Brasil.

GOULDING, M.; CARVALHO, M. L.; FERREIRA, E.G. **Rio Negro rich life in poor water: Amazonian diversity and floodplain ecology as seen through fish communities**. SPB Academic Publishing the Hague, The Netherlands, 1988. p.200.

GOLTERMAN, H.; CLYMO, R.S.; OHMSTAD, M.A.M. **Methods for physical & chemical analysis of freshwater**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, IBP Handbook, 1978. v.8, p. 213.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S. **Methods for Chemical Analysis of Fresh Water**. Oxford, Blackwell Scientific Publications, IBP Handbook, 1971. v.8, p.160.

GUYOT, J.L. FILIZOLA, N., LARAQUE, A. Régime et bilan du flux sédimentaire de l'Amazone à Óbidos (Pará, Brésil) de 1995 à 2003. In: **Anais**. Sediment Budgets 1 .Proceedings of Symposium S1 held during the Seventh IAHS Scientific Assembly at Foz do Iguaçu, Brazil, 2005. IAHS Publ. 291.

HIBAM - Hidrologia da Bacia Amazônica. **Relatório da Décima Campanha de amostragem de água e sedimentos nas bacias dos rios Tocantins, Xingu e Tapajós**. ORSTOM - CNPq \ ANEEL ·Edição. Alain Laraque e Marcos Assis Rios.1997.

HIBAM - Hidrologia da Bacia Amazônica. **Relatório da 12ª Campanha de medições e amostragem de água na bacias do rio Negro e no rio Amazonas**. ORSTOM - CNPq \ ANEEL ·1998.

HIBAM - Hidrologia da Bacia Amazônica. **Relatório da 11ª Campanha de medições e amostragem de água na bacias do rio Madeira, Branco e no rio Solimões**. ORSTOM - CNPq \ ANEEL ·1998.

HIBAM - Hidrologia da Bacia Amazônica. **Relatório da Sexta Campanha de medições e amostragem de água e sedimentos nas bacias do rio Purus e no rio Solimões**. ORSTOM - CNPq \ ANEEL ·1996.

HIBAM - Hidrologia da Bacia Amazônica. **Terceira Campanha de medições de vazão e amostragem de água e sedimentos nas bacias do rio Madeira e no riol Amazonas**. ORSTOM - CNPq \ ANEEL ·1995.

HORBE, A.M.C. et al. Mineralogia e geoquímica dos perfis sobre sedimentos neógenos e quaternários da bacia do Solimões na região de Coari Amazonas. **Acta Amazônica**, 2007. 37, p.81-90.

HORBE, A.M.C. et al. Contribuição à Hidroquímica de drenagem no Município de Manaus - AM. **Acta Amazônica**, 2005. v.35, n.2, p.119-124.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: região Norte**. IBGE, Rio de Janeiro, 1977. p. 463.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: região Norte**. 2007.
ftp://geoftp.ibge.gov.br/.../amazonia_legal/lista_de_municipios_da_amaz...

JUNK, W. J.; FURCH, K. Química da água e macrófitas aquáticas de rios e igarapés na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes. **Acta Amazônica**, 1980. v.10(3), p. 611-633.

JUNK, W.J. Recursos hídricos da região amazônica: utilização e preservação. **Acta Amazonica**, n. 9, pp. 37-51. 1983.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPECIAIS. **Monitoramento da Cobertura Floresta da Amazônia por Satélites SISTEMA-PRODES DETER, DEGRAD e Queimadas**. São José dos Campos. 2007-2008.

KRISTENSEN, E., et al. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. **Aquatic botany**, 2008. v(89), p. 201-219.

LEENHER, J. A.; Santos, U. M. Considerações sobre os processos de sedimentação na água preta ácida do rio Negro (Amazônia Central). **Acta Amazônica**, 1980. 10(2), p. 343-355.

LEITE, N. K.; KRUSCHE, A.V.; BALLESTER, M. V. R.; VICTORIA, R. L.; RICHEY, J. E. GOMES, B.M. Intra And Interannual Variability In The Madeira River Water Chemistry And Sediment Load. **Biogeochemistry**, 2011. v. 105, p.37-51.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. **Water Analysis: Some revised methods for Limnologists**. Cumbria: Freshwater Biological Association, Freshwater Biological Association Scientific Publication, 1978. v. 36.

MERA, P.A.S. **Características Ecológicas da Desmidioflórula de Uma Região Hidrográfica do e Sistema Trombetas**. 1995. p. 238. Tese. INPA/UA. Estado do Amazonas, Brasil.

MIRANDA, A. C. de; GOMES, H.P.; SILVA, M.O. **Recursos Hídricos**. Editora All Print. São Paulo-Brasil. 2006.

MORTATTI, J.; PROSBST, J. L. Silicat rock weathering and atmospheric/soil CO₂ uptake in the Amazon Basin estimated from river water geochemistry: seasonal and spatial variations. **Chem Geol**, 2003. v. 197 (1-4), p.177-196.

QUEIROZ, M.M.A.; HORBE, A.M.C.; SEYLER, P.; MOURA, C.A. V. Hidroquímica do rio Solimões na região entre Manacapuru e Alvarães – Amazonas – Brasil. **Acta Amazônica**, 2009. v. 39(4), p. 943-952.

R Development Core Team. 2011. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em 07 jan. 2013.

RIOS-VILLAMIZAR, E.A.; MARTINS, A.F.; WAICHMAN, A.V. Caracterização físico-química das águas e desmatamento na Bacia do rio Purus, Amazonia Brasileira Ocidental. **Geogra. Acadêmica**, 2011. v.5, n.2.

ROSALES, J.; VARGAS, O.; RODRIGUES, M. Hydrography and ecohydrology of the Guiana Shield Ecoregion. In: **Anais**, Guayana Shield Conservation Priority Setting Workshop, Paramaribo, 2002. Disponível em <http://www.guianashield.org>, acesso em 10 jun 2011.

SANTOS, U. M.; BRINGEL, S.R.B.; BERGAMIN FILHO, H.; RIBEIRO, M.N.G. e BANANEIRA, M. Rio da Bacia Amazônica. I. Afluentes do Rio Negro. **Acta Amazônica**, 1984. v.14, p. 222-0237.

SANTIAGO, R.D.; RUIZ, E.J.; ROESSLER, E. Zonificação Ambiental para el modelo Colombo-Brasileiro. **Colombia**, 1977. p.70-134.

SPERLING, V. M. **Estudo e modelagem da qualidade da água de rios**. 2007. Dissertação (mestrado em química na área de química inorgânica)-Instituto de Química. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SCHOBENHAUS, C. & BRITO NEVES, B.B. 2003. Geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES J.H. (eds.) **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Texto, mapas e SIG. CPRM-Serviço Geológico do Brasil. p. 5-54.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do rio Purus. **Acta Amazônica**, 2008. v.38, p.733-742.

STALLARD, R. F.; EDMOND, J. M. Geochemistry of the Amazon basin: 2. The influence of the geology and weathering environment on the dissolved load. **J. Geophys. Res.**, Washington, 1983. v. 88, p.9671- 9688.

_____. Geochemistry of the Amazon. 3. Weathering Chemistry and limits to dissolved inputs. **J. Geophys. Res.**, 1987. v. 92, p. 8293-8302.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. A manual of sea water analysis. **Bull. Fish Res. Bd. Can.**, 1968. v.125, p. 1-185.

SHANCHEZ-BOTERO, J.I., et al. Ictiofauna associada às macrófitas aquáticas *Eichhornia auzerea* (SW.) Kunth. e *Eichhornia crassipes* (MArt.) Solms. no lago Camaleão, Amazônia central, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, 2003. v.25 (2), p. 369 - 375.

SHÁNCHEZ-BOTERO, J. J.; GARCEZ, D. S.; LOBÓN-CERVJÁ, J. Oxigênio dissolvido e temperatura em lagos da região de Ati Paraná-Solimões, Amazônia Central, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2001. v.13, p. 45-51.

SIOLI, H. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. In: SIOLI, H. (ed.) The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. **Monogr. Biol.** 56. Dr. W. Junk Publ., Dordrecht, 1984.p. 127-165.

_____. **Hydrochemistry and Geology in the Brazilian Amazon Region**. Amazoniana, 1968. v. 3, p. 267-277.

_____; KLINGE, H. Solos, tipos de Vegetação e Águas na Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. 1962. v.1, p. 27-41.

_____. As águas do alto rio Negro. **Bol. Técn. Inst. Agron. do Norte**, Belém, 1956. v.32, p.117-155.

_____. Das Wasser in Amazonasgebiet. **Fosch. Fortschr**, 1950. v. 26 (21/22), p. 274-280.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. e ROCHA, O. Ecosistemas de Águas Interiores. In: **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras: São Paulo, 1999. p.717.

VASQUE, M. L. **Geocronologia Em Zircão, Monazita E Granada e Isótopos de Nd das Associações Litológicas da Porção Oeste do Domínio Bacajá: Evolução Crustal da Porção Meridional da Província Maroni-Itacaiúnas – Sudeste do Cráton Amazônico**. 2006. p. 212. Tese. Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências.

VALDERRAMA, J. G. The simularions analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. **Mar. Chem**, 1981. v.10, p.109-122.

WALKER, I. Amazonian streams and small rivers. In: TUNDISI, J. G.; BICUDO, C. E. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (eds.) **Limnology in Brazil**. Brazilian Academy of Sciences. 1995. p. 168-193.

WIKIPÉDIA. **Enciclopédia livre**. disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Purus. Acesso em: 23 março 2013.

AS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NATURAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AMAZÔNAS SEGUNDO RESOLUÇÃO Nº 357/CONAMA/2005

RESUMO.

A pesquisa visa uma revisão sobre o enquadramento para rios brasileiros e os desafios dos rios da Bacia Hidrográfica do Amazonas, ou seja aqueles que não se enquadram na Resolução CONAMA nº 357/2005. Um levantamento das leis ambientais, da classificação segundo as diversidades das águas na Amazônia e da gestão dos usos da água nesta bacia, em periódicos, livros, artigos e relatórios. E em bases online da legislação disponibilizadas pelo Governo, representadas pelos órgãos federais, por reunirem conjunto de normas voltada para interesse de Gestão. Uma abordagem da Lei Federal nº 9.433 por se tratar de uma lei que organiza, em âmbito nacional e da Resolução nº 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes. O enquadramento para os rios da Amazônia vai auxiliar na gestão e preservação deste potencial hídrico. A classificação dos tipos de rios na Amazônia está relacionada aos fatores ambientais, assim, como o relevo, pedologia, solo, clima da região, e aos diferentes tipos de vegetação e também dos reflexos de origem antrópicas. Foram classificados em diferentes tipos os rios, pela sua tonalidade em rios de águas brancas, pretas e claras, pela sedimentologia, como rios de águas sulfatadas e também pela sua carga total de cátions (TZ+). As diferenças marcantes na composição das águas dos rios da Amazônia é demonstrada pelas características físicas ou presença de substâncias. O pH é uma das variáveis que diferencia os rios, águas ácidas (pH de 3,5 a 5,5), levemente ácidas (pH de 5,5-6,5) e de pouco ácidas a levemente alcalinas (6,5-7,5); o oxigênio dissolvido (OD) também varia de locais bem oxigenados (>6,0) a locais menos aerados com teores abaixo de 5,0 mg/L, valor mínimo estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para classe 2. Nos rios de águas pretas que nascem nos escudos das Guianas e do Brasil Central é normal encontrar valores de cor acima do permitido pela legislação ambiental (75 mg Pt/L), originados da presença de substâncias húmicas e fúlvicas e da decomposição da liteira. Os rios da Amazônia não apresentam um padrão uniforme na composição das águas, inserir na legislação atual sem considerar suas peculiaridades não é tão simples, são necessários estudos mais detalhados em cada bacia visando a definição de padrões regionais, que possam ser adaptados a legislação, ou seja, uma forma de facilitar a gestão, evitando a degradação ambiental e colaborando com a preservação destes recursos.

Palavras-chave: Legislação ambiental e gestão dos rios da Amazônia.

ABSTRACT

The present research aims to carry out a general review on the classification of the Brazilian rivers as well as of those flowing through the Amazon Basin and don't comply with the CONAMA Resolution No. 357/2005. A survey of environmental laws, the classification according to the Amazonian watercourses diversities, use and management as published in journals, books, articles, reports, and online legislation databases being provided by the Government. An approach was taken to Federal Law No. 9,433 due to it being a ruling encompassing the whole nation, and Resolution No 357/2005 providing rules for the classification of water bodies and environmental guidelines for their ranking into classes according to their predominant uses. The Amazon watercourses ranking will aid on the

management and preservation of their hydric potential. This raking is related to environmental factors such as topography, pedology, soil, favorable climate, different vegetation types and anthropogenic-originated factors as well. These watercourses were classified into different river types, according to their color (white, black and clear), sedimentation (sulfated) and also by their total load of cations (TZ). The marked differences in their water composition are demonstrated by their physical characteristics or presence of substances. pH is one of the variables differentiating the rivers into, acidic (pH 3.5 to 5.5), slightly acidic (pH 5.5-6.5) to lightly alkaline (6.5 - 7.5) waters. Dissolved oxygen (DO) also varies from well-oxygenated (> 6.0) to less oxygenated presenting contents below 5.0 mg / L, the minimum value established by CONAMA Resolution No. 357/2005 for class 2. The Amazonian rivers present no even water composition pattern, therefore, complying to the current legislation without first having taken their peculiarities into account is not such a simple task to be undertaken. Further studies should be undertaken on each basin, in order to define regional patterns, which might be adapted to the legislation, or in such a way that'll facilitate their management so as to avoid environmental degradation and collaborate on preserving them

Keyword: The Amazon Basin and the Amazon river management.

1. INTRODUÇÃO

A água é necessária em todos os aspectos da vida, sua disponibilidade na natureza depende de alguns fatores naturais (como o regime hidrológico, permeabilidade do solo dentre outros) que vem sendo afetados em maior ou menor grau pelo progresso da civilização. As ações humanas no meio ambiente, por vezes indevidas, geram consequências que resultam em prejuízo para sobrevivência das espécies sobre a terra (Tundisi, 2003; Meir, 2011).

O modelo de crescimento econômico praticado atualmente exige, dentre outras necessidades, o aumento da demanda por água, seja para uso na produção de energia, na irrigação, na indústria ou em muitas outras atividades. Essas atividades e também a urbanização quando não acompanhada de infraestrutura e saneamento adequado, contribuem para a degradação dos mananciais de superfície – rios, lagos e represas (Tundisi *et al.*, 1999), podendo ainda afetar os mananciais subterrâneos. Este aumento da demanda por água nas múltiplas atividades relacionadas à sua exploração forçou o disciplinamento do uso deste recurso. Surgiram então as normas que, a princípio, nem sempre visavam os usos múltiplos.

No Brasil, a Lei Nacional elaborada no congresso, a expressar claramente a preocupação com os usos múltiplos da água foi a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída na Lei nº 9.433/97. Nesta lei constam vários instrumentos de gestão de recursos hídricos (Brasil, 1997). Um destes instrumentos, mais especificamente, o enquadramento de corpos de água em classes de acordo com os usos preponderantes (Art. 5º, inciso II), já vinha sendo praticado em algumas regiões do Brasil e era regulamentado pela Resolução CONAMA nº 20/1986. Em 2005 esta Resolução foi alterada pela nº 357/2005 deste mesmo órgão. A Resolução CONAMA nº 20/1986, não dispunha apenas de enquadramento de corpos de água, mas tratava também sobre balneabilidade e lançamento de efluentes (Brasil, 1986).

Em 29 de novembro de 2000 foram revogados os dispositivos sobre balneabilidade, pois uma nova Resolução (CONAMA nº 274/2000) passou a regulamentar esta atividade (Brasil, 2000). Quando a Resolução CONAMA nº 357/2005 entrou em vigor, ela dispunha sobre enquadramento de corpos de água e lançamento de efluentes (Brasil, 2005). Em maio de 2009 houve uma pequena alteração através da Resolução CONAMA nº 410, prorrogando prazos na seção de lançamento de efluentes (Brasil, 2009). Finalmente, em 2011, houve uma nova alteração na Resolução CONAMA nº 357/2005, através da Resolução nº 430, deste

mesmo Conselho, que passou a dispor sobre lançamentos de efluentes revogando todos os dispositivos sobre este tema que constavam na Resolução nº 357/2005 (Brasil, 2011).

De forma a estabelecer procedimentos para o enquadramento de corpos de água em classes segundo os usos preponderantes, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) publicou em 19 de julho de 2000 a Resolução nº 12, a qual foi alterada pela Resolução nº 91 de 5 de novembro de 2008 deste mesmo conselho, que incluiu também as águas subterrâneas (Brasil, 2008).

O enquadramento é sugerido por agências de água aos respectivos comitês de bacia e deve ser definido após ampla discussão envolvendo todos os atores. Entretanto, se a bacia ainda não implementou seu comitê, ou tenha dificuldades com outros órgãos competentes (conforme Art. 8º, § 2º da Resolução CNRH nº 91/2008), a Resolução nº 357/2005 do Resolução CONAMA, no seu Art. 42, especifica para estes rios não enquadrados, considerar as águas doces em classe 2, e as salinas e salobras classe em 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente (Brasil, 2008).

A implementação do enquadramento dos corpos de água em classes, importante instrumento de gerenciamento de recursos hídricos da Lei nº 9.433/1997, demanda um conhecimento da qualidade das águas a serem geridas e das influências ambientais e antrópicas capazes de alterá-la e dos usos que se pretende dar a estes recursos. A gestão dos recursos será possível com utilização das normas de qualidade das águas, definição dos padrões para os usos múltiplos desejados pela comunidade, desta forma preservando os aspectos qualitativos para a vida aquática e demais usos (Proença, 1997).

Estudos nos rios da Amazônia têm sido registrados desde meados do século XVI, com abordagem mais de cunho científico, gerando os conhecimentos sobre a região, até o momento. A diversidade dos tipos de água tem contribuído para diferentes classificações, e quase sempre está relacionada aos fatores ambientais, como o relevo, pedologia, solo, clima da região e aos diferentes tipos de vegetação (Sioli, 1984; Fittkau *et al.*, 1964; Gibbs, 1967; Stallard e Edmond, 1983).

No entanto, estudos visando gestão sobre recursos hídricos na Amazônia, são praticamente inexistentes. E para que a gestão dos recursos hídricos seja em âmbito municipal ou estadual, nacional ou internacional, torna-se indispensável o uso de mecanismos de caracterização dos cursos de água, com objetivo de organizar as políticas públicas voltadas para tal fim (Vasconcelos e Schwarzbald, 2010). Neste sentido, a ferramenta que vem sendo utilizada no Brasil são os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil,

2005). Estes padrões foram importados de países desenvolvidos ou agências internacionais e sua aplicabilidade à realidade brasileira já está sendo questionada devido às diferenças climáticas e geológicas (Umbuzeiro *et al.*, 2010).

A bacia hidrográfica do rio Amazonas devido a grande diversidade na composição física e químicas das águas de seus rios se faz necessário ter uma visão como todo da bacia para melhor entender sua realidade, assim como para formular e implementar políticas públicas.

Este capítulo tem como objetivo fazer uma abordagem sobre a gestão de bacias hidrográficas brasileiras avaliando a evolução do avanço do enquadramento de rios e seus usos preponderantes observando os grandes desafios nos rios da Amazônia.

Por se tratar de um trabalho de pesquisa bibliográfica, o material utilizado no desenvolvimento, consiste no levantamento sobre a Legislação Ambiental e os usos na Bacia Amazônica, concentrando-se no âmbito federal, legislação disponibilizadas pelo Governo, representado pelos órgãos Conselho Nacional de Meio Ambiente (Resolução CONAMA) e Conselho Nacional do Recursos Hídricos (CNRH), por reunirem todo conjunto de normas voltadas para interesse de Gestão e sobre a caracterização hidroquímica, tipologia das águas dos rios em periódicos, livros, artigos e relatórios pesquisados nos acervos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

Foi também realizados levantamentos no banco de dados hidroquímicos (pH e Condutividade elétrica) dos projetos: Hibam (campanhas de 1995, 1996, 1998 e 2000), Hidrelétrica de Samuel (ELN/MCT/CNPq/INPA) período de 1986 a 1987, um total de 451 amostras de águas de superfícies dos rios da Amazônia. A distribuição das médias das variáveis pH e condutividade elétrica das amostras de águas dos rios da Amazônia foram organizadas e submetidas a tratamento usando estatística descritiva do programa R, os dados organizados com ajuda do boxplot, através do retângulo construindo quartis que contribui fornecendo várias informações, indicando a média do pH e fazendo uma comparação por acidez na região, incluindo também a correlação entre o pH e a condutividade elétrica

Principais marcos institucionais voltados para gestão dos recursos hídricos no Brasil

A gestão de recursos hídricos é fundamental para reduzir a degradação ambiental, conhecer o funcionamento das grandes bacias, o uso e qualidade de suas águas, assim como, o processo de manejo e gerenciamento ambiental, são essências para a sustentabilidade sócio ambiental (Gomes, 2011).

A existência de conflitos relacionados ao uso dos recursos hídricos está na origem da criação das primeiras entidades gestoras de bacias hidrográficas (Kettelhut *et al.*, 1998). O modelo francês foi a fonte de inspiração da maioria dos aperfeiçoamentos propostos no gerenciamento de recursos hídricos no Brasil (Lanna, 1995).

No Brasil, a Lei Federal nº 6.938/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, foi instituída, no intuito da preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental (Brasil, 1981). Nesta lei foi também estabelecido que os órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios, bem como as fundações instituídas pelo Poder Público, ficariam responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental constituindo o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Esta Lei (6.938/1981), também criou o Conselho Nacional de Meio Ambiente e em 1986 esse Conselho elaborou a Resolução nº 020/1986, a qual substituiu a Portaria nº 013 de 1976, do Ministério do Interior (Brasil, 1986). Ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (Resolução CONAMA), coube assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida.

Com o crescimento da demanda do uso das águas, nas múltiplas atividades relacionadas a explorações desta, se fez necessário a elaboração do conjunto de leis que compõe a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), já instituída na Lei nº 9.433/97, que tem como objetivo assegurar a qualidade da água compatível com os usos preponderantes de uma bacia hidrográfica (Brasil, 1997). E para contemplar todo o território nacional é necessário a aplicação do enquadramento dos corpos de água em classes, implementação em conjunto com os planos estaduais de recursos hídricos, conjuntamente com os planos das bacias hidrográficas dos rios federais da região.

A tabela 2.1 apresenta uma síntese evolutiva dos momentos da política ambiental brasileira.

Tabela 2.1. Síntese do histórico da Legislação Ambiental para proteção das águas Brasileiras.

ANO	LEGISLAÇÃO	COMENTÁRIOS
1934	Decreto nº 24.643 – Código das águas	Código das águas, marco da Legislação Nacional. Dispõe sobre o uso da água sem o comprometimento das suas qualidades natural.
1973	Secretaria Especial do Meio Ambiente (Decreto nº 73.030).	Criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA). Elaborar, controlar e fiscalizar normas padrões relativo a preservação do meio Ambiente.
1976	Portaria nº 013 do Ministério do Interior	Estabeleceu uma classificação para as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional distribuídas em nove classes, segundo os usos preponderantes a que as águas se destinam.
1976	Portaria nº 0536/M.	Estabeleceu padrões específicos de qualidade de águas para fins de balneabilidade ou recreação de contato primário.
1978	Portaria nº 90/Min. Interior	Criação do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacia Hidrográficas (CEEIBH), visando o aproveitamento múltiplo de cada bacia.
1981	Lei Federal nº 6.938/81	Criação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Resolução CONAMA).
1981	Portaria Interministerial nº 19	Proíbe os lançamentos de PCB nos cursos de água.
1982	Portaria Interministerial nº 599	Aprovar o anexo Regimento Interno do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas - CEEIBH, criado pela Portaria Interministerial nº 90, de 29 de março de 1978.
1986	Resolução CONAMA nº 20	Substituiu a Portaria nº 013 de 1976, do Ministério do Interior. Estabeleceu uma nova classificação para as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional distribuídas em nove classes, segundo os usos preponderantes a que as águas se destinam.
1989	Resolução CONAMA nº 12	Dispõe sobre a proibição de atividades em Área de Relevante Interesse Ecológico que afetem o ecossistema.
1997	Lei Federal nº 9.433	Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
1998	Resolução CONAMA nº 91	Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.
2000	Lei Federal nº 9.984	Criação da Agência Nacional de águas - ANA.
2000	Resolução CNRH nº 12	Estabelece metodologia para o enquadramento dos corpos de água e classes de usos preponderantes.
2000	Resolução CONAMA nº 274	Elaborada visando às condições de recreação de contato primário.
2002	Resolução nº 30 CNRH	Estabelece metodologia de codificação das bacias hidrográficas em âmbito nacional.
2003	Resolução nº 32 CNRH	Institui a Divisão Hidrográfica Nacional.
2004	Portaria nº 518- MS	Estabelece controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
2005	Resolução CONAMA nº 357/2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
2006	Resolução nº 58 CNRH	Aprova o Plano Nacional de Recursos Hídricos.
2008	Resolução nº 91 CNRH	Dispõe sobre procedimentos gerais para enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Substitui Resolução nº 12 do CNRH.
2009	Resolução nº 410	Altera o art. 44 da Resolução nº 357/2005 e o art. 3º da Resolução nº 397/2008.
2011	Portaria MS nº 2914	Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de qualidade.
2011	Portaria nº 430/ CONAMA	Dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes.

A Lei Federal nº 9.433 representa o marco fundamental no processo de mudança do ambiente institucional regulador dos recursos hídricos no Brasil, por se tratar de uma lei que organiza, em âmbito Nacional, o setor de planejamento e gestão de recursos hídricos. E no Art. 2º da Lei reforça sobre a preservação dos recursos hídricos com os objetivos de assegurar a atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água. Esta lei prevê, dentre outras coisas, a criação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH (Brasil, 1997) e da Agência Nacional das Águas - ANA (Brasil, 2000), ao mesmo tempo em que recepcionou normas já existentes como a que tratava sobre enquadramento de corpos de água em classes (na ocasião, Resolução CONAMA nº 20/86), a qual passou a ser um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, embora o estabelecimento das classes esteja fora do âmbito de CNRH.

A Lei Federal nº 9.433 incorpora duas importantes regulamentações, quais sejam: a Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e dá outras providências (nesta Resolução as condições e padrões de lançamento de efluentes foram incorporadas na Resolução nº 430/2011) e na Resolução CNRH nº 91/2008, que dispõe sobre procedimentos gerais para enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, é um dos instrumentos da Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos, visando estabelecer metas de qualidade para os corpos de água, a fim de assegurar os usos preponderantes estabelecidos.

O enquadramento dos corpos de água representa um papel central no novo contexto de gestão da qualidade da água do País, por se tratar de um instrumento de planejamento que possui interfaces com os demais aspectos da gestão dos recursos hídricos e da gestão ambiental. A revisão da Resolução CONAMA nº 20/1986, em seu Art. 20, estabelece que:

"O conjunto de parâmetros selecionados deverá ser representativo para subsidiar a proposta de enquadramento do corpo de água, um instrumento para as ações prioritárias de prevenção, controle e recuperação da qualidade da água na bacia, em consonância com as metas estabelecidas pelo Comitê da bacia em seu Plano de Recursos Hídricos, ou no plano para efetivação do enquadramento".

O enquadramento dos corpos de água possibilita compatibilizar os usos múltiplos dos recursos hídricos superficiais, de acordo com a qualidade ambiental pretendida para os mesmos, com o desenvolvimento econômico, auxiliando no planejamento ambiental de bacias hidrográficas e no uso sustentável dos recursos naturais.

Porto (2002) aborda sobre o sistema de gestão da qualidade das águas e demonstra preocupação no atendimento das legislações ambientais e de recursos hídricos quando verifica as diversidades físicas e sócio econômicas de bacias hidrográficas brasileiras, bem como a situação atual da gestão ambiental que não consegue impedir o avanço da degradação das águas. Sobre estes e outros aspectos pormenorizados no seu trabalho, sugere alcançar metas de qualidade da água baseando-se em um número reduzido de parâmetros, condicionando a esses, as atividades antrópicas impactantes, com os usos prioritários da água pela comunidade.

Na região Amazônica a navegação é o principal meio de transporte, com tendência no futuro de intensificação. Caso não haja um enquadramento adequado na emissão de poluente e uso do sistema hídrico, haverá danos ambientais irreversíveis.

O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes (regido atualmente pela Resolução CONAMA nº 357/2005) é um instrumento de gestão de recursos hídricos que visa conciliar o aproveitamento dos recursos naturais da bacia hidrográfica (crescimento econômico, produção), manejando estes recursos com fins de evitar problemas ambientais. É uma ferramenta que possibilita compatibilizar os usos múltiplos dos recursos hídricos superficiais, de acordo com a qualidade ambiental pretendida para os mesmos, com o desenvolvimento econômico, auxiliando no planejamento ambiental de bacias hidrográficas e no uso sustentável dos recursos naturais.

O enquadramento é sugerido por agências de água aos respectivos Comitês de Bacias e deve ser definido após ampla discussão envolvendo todos os atores. A implantação de comitês no âmbito federal demonstra um avanço no controle do uso da água. Entretanto são inúmeras as dificuldades enfrentadas na implementação destes comitês. Entre estas podemos citar a demora na regulamentação da lei, a morosidade do processo está relacionada à necessidade de ruptura de padrões culturais e sociais arcaicos, à exigência de um maior envolvimento da sociedade, entre outras (Kettelhut *et al.*, 1998).

A Resolução nº 20/1986 foi substituída pela Resolução nº 357/2005 e elaborada sem a realização de discussões dos respectivos Comitês de Bacia. Tendo em vista que o enquadramento é sugerido por agências de água aos respectivos Comitês de Bacia e deve ser definido após ampla discussão envolvendo todos os atores. Não havendo comitês de bacia formados, não haverá também agências de água (Art. 43 da lei nº 9433/97).

Os comitês são regulamentados pela Legislação Federal de Recursos Hídricos Lei nº 9433/97, onde é possível a participação da sociedade e dos setores interessados nas discussões referentes dos Recursos Hídricos. A partir de 1979, foram criados diversos comitês de bacias hidrográficas brasileiras: Paraíba do Sul, Alto Paraguai-Pantanal e Piranhas-Açu. Destacam-

se os comitês dos rios Paraíba do Sul, São Francisco, Doce, Grande, Mogi-Guaçu e Paranapanema (Kettelhut *et al.*,1998). Atualmente dos 26 estados brasileiros, apenas oito possuem mais de 50% de seus comitês instituídos (Meier, 2011).

Quando se fala em gestão, vislumbra-se a existência de uma estrutura adequada para esta finalidade, no caso, a existência de um comitê de bacias hidrográficas. As dificuldades para a formação de um comitê é maior quando se trata da Amazônia, a criação do Comitê do Tarumã (Estado do Amazonas) representa um avanço na região Norte.

Mesmo assim, a experiência tem mostrado que não é fácil fazer a articulação entre estes órgãos, ainda que haja boa vontade, principalmente, quando se trata de realizar um projeto demorado, desgastante e trabalhoso (exigência da Resolução CONAMA nº 91/2008), devido inúmeras dificuldades, que envolvem carência de recursos e de pessoal. Devido a isto acabam sendo postergados os procedimentos de enquadramento.

Para a gestão de um sistema é necessário, antes de tudo, conhecê-lo. A Amazônia pela sua extensão ainda é praticamente desconhecida, apesar das pesquisas realizadas terem mostrado suas características geológicas, hidrológicas, biológicas e químicas, mas em vista de sua extensão existem ainda lacunas nos estudos voltados para gestão. E, para atender o marco legal (Lei Federal nº 9.433, de oito de janeiro de 1997) que deve ser observado para todo o território nacional, pesquisas integradas culminarão com a aplicação de um dos instrumentos da referida Lei (enquadramento dos corpos de água em classes), a ser implementado juntamente com os planos estaduais de recursos hídricos e os planos das bacias hidrográficas dos rios federais da região.

3. RESULTADOS E DISCUSÃO

O tratamento aplicado aos dados obtidos das médias das variáveis pH e condutividade elétrica das amostras de águas dos rios da Amazônia indicaram que somente 20% apresentaram pH acima de 6,5 e os maiores valores de condutividade elétrica foram observados nas águas menos ácidas (Figura 2.1.)

O pH mostrou uma variação bem significativos entre os locais do rio Amazonas e os tributários da margem esquerda quando comparado a valores estabelecido pela Resolução. O pH nas águas dos rios da bacia hidrográfica do Amazonas, mostraram variação de pH entre 4,42 e 7,44. E nos tributários da margem esquerda do rio Amazônia que nascem nos escudos das Guianas e do Brasil Central ou nas rochas sedimentares cretáceas da bacia, predomina

águas ácidas (pH menor que 6,0) que se deve ao material orgânico proveniente da decomposição da floresta. A Resolução nº 357/2005 estabelece para pH uma faixa 6-9.

A diversidade das características das águas de superfície da Amazônia atribui a estas, algumas peculiaridades que não estão de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, de 17 de março de 2005. Os ambientes de águas pretas (rios, lagos e igarapés) devido a uma série de fatores naturais, o pH encontra-se menor que 6,0 e, na maioria dos rios ou igarapés, abaixo de 4,5 (Sioli, 1950, 1951). O mesmo também observado por outros autores (Schmidt, 1972; Kùchler *et al.*, 2000; Belger e Forsberg, 2006; Cunha e Pascoaloto, 2009). A Resolução nº 357/2005 estabelece para pH uma faixa 6-9 (Brasil, 2005).

A cor, outra variável, que possui valores bastante elevados (Schmidt, 1972). A Resolução nº 357/2005 tenta ajustar estas peculiaridades em seu Art. 38, § 2º, na qual estabelece ajuste legal para em condição da qualidade dos corpos de água em desacordo com os usos preponderantes, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias. E em caso de parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais não é especificado o caminho para o ajuste. O valor estabelecido para a cor verdadeira na Resolução CONAMA nº 357/2005 é no máximo de 75 mgPt/L para classe 2. Nos rios de água preta que nascem nos escudos das Guianas e do Brasil Central, é normal encontrar valores acima do permitido pela legislação ambiental (75 mgPt/L). Os elevados valores de cor nas águas dos rios de água preta estão relacionados à presença de substâncias húmicas e fulvicas originada da decomposição vegetal (Sioli, 1965; Leenher *et al.*, 1980).

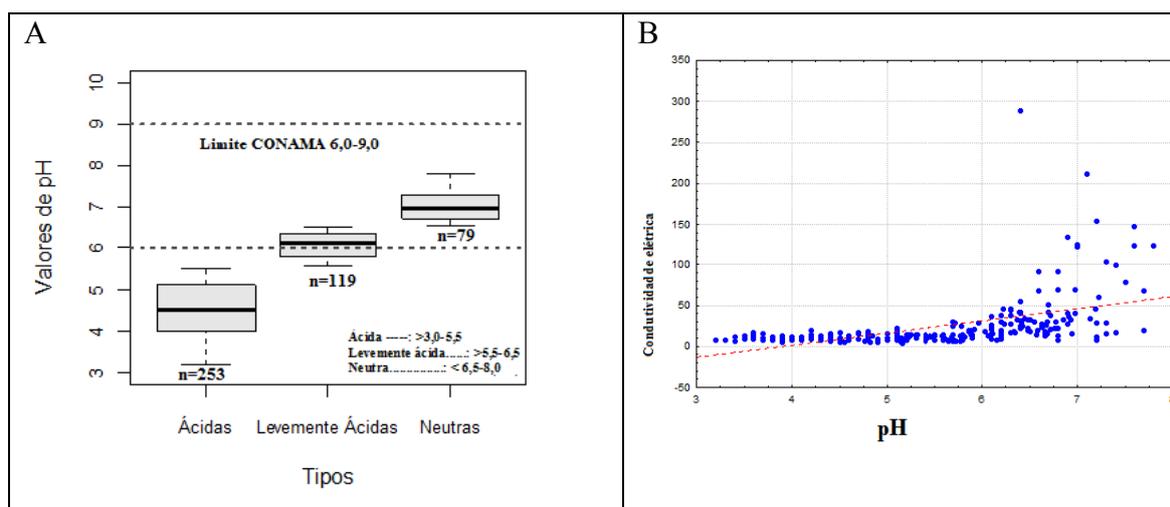


Figura 2.1. A) Comportamento do pH e B) a correlação entre a condutividade elétrica e o PH nos rios da Amazônia, dados do Hibam (1995 a 1997) da ELETROBRAS/INPA(1986 a 1987), INPA(1999 a 2004) e ELETROBRAS/ INPA (1995).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 exige que a concentração de oxigênio dissolvido, para qualquer amostra, não deva ser inferior a 5,0 mg/L para a classe 2 (Art. 15), e no entanto, que se encontra em águas naturais dos rios da Amazônia, amostras com valores inferiores a 5 mg/L OD. Pesquisas realizadas no rio Purus (Silva *et al.*, 2008, Rios-Villamizar, 2011), no rio Negro (Aprile *et al.*, 2009) entre outro observaram valores inferiores a 5 mg/L. Os valores baixos observados são considerados naturais e os organismos deste ambiente, de uma forma ou de outra, conseguem superar esta condição.

Outra variável, a turbidez, mostrou uma variação entre 0,91 UNT (rio Xingu) a 198,0 NTU (rio Madeira/Humaitá), o elevado valor está relacionado à grande quantidade de sedimento em suspensão que é carregado, tributários da margem direita como o Madeira responsável por aproximadamente 35% pela a carga sedimentar do rio Amazonas que deságua no Oceano, observado por (Filizola, 2011).

4. CONCLUSÕES

A Amazônia, constituída de uma grande variabilidade geológica e pedológica entre outros fatores que refletem na qualidade de suas águas e na classificação de diferentes tipos, classificar estas águas não é tão simples. Mesmo assim, existe a necessidade de se implementar no futuro o enquadramento dos rios da Amazônia, pois temos que dispor de instrumentos de gestão afim de que este potencial hídrico seja usado de forma sustentável. E para atender o marco legal (Lei nº 9.433) que deve ser observado para todo o território nacional é necessário a aplicação de um dos instrumentos da referida lei (enquadramento dos corpos de água em classes), a ser implementada juntamente com os Planos Estaduais de Recursos Hídricos e os Planos das Bacias Hidrográficas dos rios Federais da Região.

As classificações das águas mencionadas acima mostram que não é tão simples chegar a um consenso de como será a abordagem adotada para facilitar a gestão destes recursos hídricos, considerando ainda todas as dificuldades em fazer levantamento de dados nesta vasta região, onde as massas de águas dos rios da Amazônia são bastante complexas e mostram uma forte relação entre as características físicas e químicas das águas com as condições hidrológicas e geológicas. O regime hidrológico com as flutuações no nível da água é importante na composição física, química e biológica dos ecossistemas aquáticos.

Para atender os rios da bacia hidrográfica da Amazônia com valores divergentes daqueles encontrados na Resolução CONAMA nº 357/2005, será necessário estudo de

caracterização mais detalhado de cada rio respeitando suas peculiaridade e definição com critérios padrões regionais que possam ser adaptados à legislação, permitindo o enquadramento na distribuição e no uso das águas para a região Amazônica.

Tendo em vista, que qualquer questão deve ser direcionada dentro de um modelo padrão de gestão legalmente instituído já estabelecido. Esforços devem ser empreendidos para que se possa convergir na definição de um enquadramento para os corpos de água desta região, a fim de facilitar uma gestão de forma sustentável.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APRILE, F. M.; DARWICH, A.J. Regime térmico e a dinâmica do oxigênio em um lago meromítico de águas pretas da região Amazônica. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, 2009.v. 13, p. 37 – 43.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes. dou nº 92, p. 89.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria MS nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de qualidade.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente - **Resolução CONAMA nº 410, de 04 de maio de 2009**. Altera o art. 44 da Resolução nº 357/2005 e o Art. 3 da Resolução nº 397/2008. Publicada no DOU nº 83, de 05/05/2009, pág. 106.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente - **Resolução CONAMA nº 91,05 de novembro de 2008**. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.

_____. Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH. **Resolução nº 58, de 30 de janeiro de 2006**. Aprova o Plano Nacional de Recursos Hídricos.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução CONAMA. **Resolução nº 357/2005, 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 18 de março de 2005.

_____. Ministro de Estado da Saúde. **Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

_____. Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH. **Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003**. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH.

_____. Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH. **Resolução nº 30, de 11 de dezembro de 2002**. Estabelece metodologia de codificação das bacias hidrográficas em âmbito nacional.

_____. **Lei nº 9.984 de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a Criação da Agência Nacional de águas - ANA, Entidade Federal de Implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Presidência da República Casa Civil. Brasília.

_____. Conselho Nacional de Recursos Hídricos- CNRH. **Resolução nº 12, de 19 de julho de 2000**. Estabelece metodologia para o enquadramento dos corpos de água e classes de usos preponderantes.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente - **Resolução CONAMA nº 274, 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

_____. Presidência da República Casa Civil. **Lei nº 9.433, de oito de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília. Pub. no DOU de 9.1.1997.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Resolução CONAMA 12, de 14 de setembro de 1989**. Dispõe sobre a proibição de atividades em Área de Relevante Interesse Ecológico que afetem o ecossistema.

_____. Ministério do Meio Ambiente e Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 20, de 18 de junho de 1986**. Substituiu a Portaria nº 013 de 1976. Diário Oficial da União, Brasília, 30 jul. de 1986, p.11356-11361.

_____. Ministros de Estado das Minas e Energia. **Portaria Interministerial nº 599, de 20 de abril de 1982**.

_____. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Lei nº 6.938. De 31 de agosto de 1981**. Criação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e do Conselho Nacional de Meio Ambiente Resolução CONAMA .

_____. Ministério do Meio Ambiente. Portaria Interministerial nº 19, de 1981. Proibi os lançamentos de PCB nos cursos de água.

_____. Ministros de Estado das Minas e Energia. **Portaria nº 90, de 29 de março de 1978**. Interior.Criação do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacia Hidrográficas (CEEIBH), visando o aproveitamento múltiplo de cada bacia

_____. **Portaria nº 0536/M, de 1976.** Estabeleceu padrões específicos de qualidade de águas para fins de balneabilidade ou recreação de contato primário.

_____. Ministério do Interior. **Portaria nº13, de 15 de janeiro de 1976.** Estabeleceu uma classificação para as águas do Território Nacional.

_____. Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA. **Decreto nº 73.030, de 30 de outubro de 1973.** Criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA Ministério do Interior).

_____. Ministério Das Minas E Energia - MME; Meio Ambiente - MMA. **Decreto 24.643, de 10 de julho de 1934.** Código das águas.

BELGER, L.; FORSBERG, B. R. Factors controlling Hg levels in two predatory fish species in the Negro river basin, Brazilian Amazon. **Science of the Total Environment**, 2006. 367, p.451–459. www.elsevier.com/locate/scitotenv.

CUNHA, H. B.; PASCOALOTO, D. **Hidroquímica dos rios da Amazônia.** Manaus: Governo do Estado do Amazonas; Secretaria de Estado da Cultura; CCPA. 2009. 160 p.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J. L. Fluxo de sedimentos em Suspensão nos rios da Amazônia. **Revista de Geociências**, São Paulo, 2011.v.41 (4), p.566-576.

FITTKAU, E.J. Remarks on limnology of Central-Amazon rain-forest streams. **Verh. Internat.Verein. Limnol**, 1964. v.15, p.1092-1096.

GIBBS, R.J. The geochemistry of the Amazon River Sistem: 2 PArt. I. The Factores the Control the Salinityand Composition and Concentrations of Suspende Solids. **Geol. Soc. Of America Bul**, 1967. v. 78, p. 1202-1232.

GOMES, N.A. Ausência De Gestão Integrada Entre Órgãos Governamentais Provocam Desperdício de Dinheiro Público e Impede a Revitalização do Igarapé Caranã, Boa Vista. In: **Anais. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.** Boa Vista, 2011. p. 1-16.

HIBAM - Hidrologia da Bacia Amazônica. **Terceira campanha de medições de vazão e amostragem de água e sedimentos na bacia do rio Madeira e no rio Amazonas La Paz, Porto Velho e Santarém.** Junho de 1995. Brasília, Dezembro de 1995.

HIBAM: Hidrologia da Bacia Amazônica. **Sexta campanha de medições de vazão e amostragem de água e sedimentos na bacia do rio Purus e no rio Amazonas Lábrea, Manaus e Santarém.** Outubro de 1996 Rio Purus. Lábrea ð Manaus ð Santarém Outubro de 1996. Brasília Fevereiro de 1997.

HIBAM : Hidrologia da Bacia Amazônica. **11a Campanha de medições de vazão e amostragem de água nas bacias dos rios Madeira, Branco e no rio Solimões/Amazonas La Paz, Porto Velho e Santarém Abril-Maio de 1998.** Brasília Junho de 1998.

HIBAM : Hidrologia da Bacia Amazônica. **18a Campanha de medições de vazão e amostragem de água e sedimentos na bacia do rio Solimões e no rio Amazonas Manaus ð Manacapuru ð Santarém Maio de 2000. Brasília Setembro de 2000.**

KETTELHUT, J.T.S.; AMORE, L.; LEEUWESTEIN, J. M. A Experiência Brasileira de Implementação de Comitês de Bacias Hidrográficas. **Simpósio Internacional Sobre Gestão De Recursos Hídricos.** Gramado, RS. outubro, 1998.

KÜCHLER, I. L.; MIEKELEY, N.; FORSBERG, B. R. A Contribution to the Chemical Characterization of Rivers in the Rio Negro Basin, Brazil. **J. Braz. Chem. Soc.**, 2000. v. 11 (3), p. 286-292.

LANNA, A.E.L. **Gerenciamento de Bacia Hidrográfica – Aspectos Conceituais e Metodológicos.** Brasília, DF. 1995.

LEENHER, J.A. Origin and Nature of Humic Substances in the Waters of the Amazon River Basin. **Acta Amazônica**, Amazonas, 1980. v.10(3), p. 513-526.

MEIR, M.A. **Conjuntura dos Instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul.** 2011. 238p. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina. RS.

ELN/MCT/CNPq/INPA. Estudos De Ecologia E Controle Ambiental Na Região do Reservatório da UHE de Samuel. Convênio:, DE 01/07/82. Subprojeto: **Limnologia.** Período:JULHO/DEZEMBRO, 1987.

ELN/MCT/CNPq/INPA. Estudos De Ecologia E Controle Ambiental Na Região do Reservatório da UHE de Samuel. Convênio: ELN/MCT/CNPq/INPA, DE 01/07/82. Subprojeto: **Limnologia.** Período: julho/dezembro, 1986.

PROENÇA, C.N.O.; MEDEIRO, Y.D.P.; CAMPOS, P. **Metodologia para definição de parâmetros de qualidade da água visando o enquadramento de corpos de água em região semi-árida UFBA, Ondina, Salvador, BA.** 1997.

PORTO, M.F.A. **Sistemas de gestão da qualidade das águas: uma proposta para o caso brasileiro.** 2002. 131p.Tese. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

RIOS-VILLAMIZAR, E.A.; MARTINS, A.F.; WAICHMAN, A.V. Caracterização físico-química das águas e desmatamento na Bacia do rio Purus, Amazonia Brasileira Ocidental. **Geogra. Acadêmica**, 2011. v.5, n.2.

SCHMIDT, G.W. Chemical properties of some waters in the tropical rain-forest region of Central Amazonia along the road Manaus-Caracarái. **Amazoniana.** 1972. v. 2(2), p. 199-207.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do rio Purus. **Acta Amazônica**, 2008. v.38, p.733-742.

STALLARD, R.F.; EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon basin: 2. The influence of the geology and weathering environment on the dissolved load. **J. Geophys. Res.**, Washington, 1983. v. 88, p.9671- 9688.

SIOLI, H. Introduction: history of discovery of the Amazon and the research of Amazonian waters and landscapes. In: SIOLI, H., **Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and and its basin**. The Hague, Dr. W. Junk, 1984. p. 1-13.

_____. Bemerkungen zu den Fudorten. in: A. M. SCOTT; R. GRÖNBLAD and H. CROASDALE, Desmids from the Amazon Basin, Brazil. **Acta Bot. Fenn.**, 1965. v. 69, p.1-94.

_____. Alguns Resultados e Problemas da Limnologia Amazônia. **Boletim Técnico Instituto Agronomico do Norte**, 1951. v. 24.

_____. Das Wasser in Amazonasgebiet. **Fosch. Fortschr.**, 1950. v. 26 (21/22), p. 274-280.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M.; ROCHA, O. Ecosistemas de Águas Interiores. In: **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras: São Paulo, 1999. p.717.

TUNDISI, J.G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez** - São Carlos: RiMa, IIE, 2003. p. 248.

UMBUZEIRO, G. de A.; KUMMROW, F.; REI, F.F.C. Toxicologia, padrões de qualidade de água e a legislação. **INTERFACEHS - Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**. 2010. v. 5 (1).

VASCONCELOS, M.C.; SCHWARZBOLD, A. Tipologia Ecológica de Rios. **Ciência & Ambiente**. UFSM, 2010. v.1 (41), p. 41-56.

LIMITES NATURAIS DE ALGUMAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DE TRIBUTÁRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AMAZONAS/BR VERSOS CONAMA 357/2005

RESUMO

O estudo foi realizado nos tributários da margem esquerda e direita do rio Amazonas objetivando estabelecer intervalos de confiança para as variáveis pH, condutividade elétrica, cor, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), ferro dissolvido (Fe^{++}), manganês (Mn), zinco (Zn), bário (Ba) e alumínio (Al). Foram feitas 189 amostragens em 103 sítios nos rios localizados na margem esquerda e 86 na margem direita do rio Amazonas no período de maio de 2009 a dezembro de 2012. Nas análises foram usadas as técnicas potenciometria, condutometria e espectrofotometria no visível, plasma (ICP) e absorção atômica (AA). Para diferenciar as águas foi utilizada a análise de agrupamento (AHC) com auxílio da estatística descritivas do R, os resultados foram agrupados procurando estabelecer os limites naturais. Para cada variável foi utilizada as separatrizes, a mediana e decil e os resultados comparados com os estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, classe 2. As faixas confiáveis das águas dos rios da margem esquerda do rio Amazonas, pH (4,55-6,94), oxigênio (2,29-7,53 mg/L) e cor (de 23,26-131,80) nos rios da margem direita, pH (5,86-7,28), oxigênio (1,81-8,81 mg/L) e cor de (49,0-91,03 mgPt/L). Os tributários da margem esquerda do rio do Amazonas que tem sua origem nas Guianas as águas são pretas, pH encontra-se abaixo 6 (ácido) com baixa carga iônica condutividade elétrica menor que 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e cor acima de 75 mgPt/L. Comparando os intervalos de confiança entre os diferentes rios e os valores estabelecidos na classe 2, Resolução do CONAMA, o pH e OD não se enquadra na Resolução do CONAMA

Palavras-chave: Afluentes do rio Amazonas, rio Negro em tributários da margem esquerda do rio Amazonas.

ABSTRACT

The present study was conducted on the Amazon River left and right bank tributaries aiming to establish confidence intervals for the following variables: pH; electrical conductivity; color; turbidity; dissolved oxygen (DO), dissolved iron (Fe^{++}); manganese (Mn); zinc (Zn); barium (Ba) and aluminum (Al). One-hundred-eighty-nine (189) samplings were performed on 103 collecting sites placed on tributaries, in the period extending from May 2009 to December 2012. The following techniques were used in the analyses: potentiometry; conductometry visible spectrophotometry, ICP and atomic absorption (AA). To differentiate the water we used Cluster analysis (CA), with the aid of R descriptive statistics, and the results were grouped seeking to establish the natural limits. Separatrix, and median decile were used for each variable, and the results compared with those established by CONAMA Resolution No. 357/2005, class 2. The reliable ranges of the Amazon River left bank tributaries showed to be, pH (4,55-6,94) and oxygen ((2,29-7,53 mg/L) and, those on the right bank pH (5,86-7,28), oxygen (1,81-8,81). The Amazon River heft bank tributaries originating from the Guiana present black waters with pH lying below 6 (acid) with low ionic load (below 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$) and color above 75 mgPt/L.

Keywords: Amazon River Tributaries; Negro River; Amazon River Left Bank Tributaries.

1. INTRODUÇÃO

A bacia Hidrográfica do Amazonas, a mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre, seu principal curso de água o rio Amazonas, que nasce no Peru com nome Vilcanota, quando entra no Brasil, recebe o nome de Solimões e após o encontro com o Rio Negro, passa se denominar de Amazonas. Dentre seus principais afluentes destacam-se, pela margem direita os rios: Javari, Juruá, Jutai, Madeira, Tapajós e Xingú, pela margem esquerda os rios: Iça, Japurá, Negro, Uatumã, Nhamundá, Trombetas e Jari (OCTA, 2006).

Dos tributários da margem esquerda do rio Amazonas, o rio Negro se destaca, por ser o mais extenso com 1700 km de águas pretas e o terceiro quanto à descarga, que é, em média, de 30.000 m³/seg (Sioli, 1968, Junk, 1983). O rio Negro drena três principais formações geológicas: o escudo das Guianas, as regiões dos sedimentos terciários e quartenários da bacia Amazônica (Junk, 1983; Goulding *et al.*, 1988). Uma das características peculiares dos rios de águas pretas é a coloração, cor marrom escura, proveniente da matéria orgânica (grupos hidroxilas com hidrogênios ionizáveis) em decomposição alóctone, da floresta (Leenheer, 1980) ou pela lixiviação em solos podzólicos e arenosos das suas cabeceiras (Sioli, 1950 e Chaar, 1995).

Dos tributários da margem direita são mais extensos, tem centenas de km de extensão, grande parte do seu curso drenam as rochas do cráton Amazônico exposta ao longo e intenso intemperismo (Horbe, 2013). Dos tributários do rio Amazonas da margem direita, o rio Madeira se destaca com aproximadamente 1.450 km de extensão, suas cabeceiras e alguns de seus tributários são de origem Andina (Horbe, 2013). Os formadores do Leste tem suas origens no Escudo Brasileiro (Goulding *et al.*, 2003).

Entre os inúmeros trabalhos já realizados nos rios da Amazônia, destaca-se o de Sioli, (1950, 1984) sobre, as características geológicas e geográficas, o clima, os solos da região e sua influência na hidroquímica (Sioli, 1950, 1968; Sioli e Klinge, 1962); na origem da acidez (pH 4,7 a 6,3), da cor escuras, reflexo das substâncias húmicas e fúlvicas (Leenheer, 1980); na baixa condutividade elétrica entre 6 e 7 µS/cm e nas características dos sedimento, ricos em matéria orgânica (Ungemach, 1967; Schimidt, 1972; Leenher e Santos, 1981; Landim *et al.*, 1983; Starllard, 1983; Santos *et al.*, 1986) e na geoquímicas das águas (De Paula, 1990; Silva *et al.*, 1999; Gomes, 2000; Horbe *et al.*, 2002; Costa e Cunha, 2003; Pinto, 2007, entre outros).

Este capítulo tem como objetivo apresentar as características físicas e químicas dos rios da margem esquerda e direita do rio Amazonas: identificar os limites de confianças para

algumas variáveis nas águas e compará-los com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (Brasil, 2005).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização da área de estudo

O estudo foi realizado nos tributários da margem esquerda e direita do rio Amazonas (Figura 3.1) com apoio do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e financiamento dos projetos MCT/CNPq/CT-AM e FRONTEIRA/CNPq.

Nas coletas de campo foram usados os três meios de transporte (aéreo, terrestre e aquaviário). Foram realizadas 186 coletas em tributários do rio Amazonas, sendo 103 na margem esquerda e 86 na margem direita, no período de 2009 a dezembro de 2012 (Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Localização das estações de coletas de rios tributários do Amazonas, durante o período de março 2009 a dezembro de 2012.

SIGLA	Local/Município	Latitude	Longitude
RJAV_AN	Rio Javari, Atalaia do Norte	S 04° 22'22.7"	W 70° 11'32.6"
RJAV_BC	Rio Javari, Benjamin Constant	S 04° 21'06.06"	W 70° 01'43.7"
RIÇA	Rio Iça	S 03° 21'38.0"	W 68° 12'00.8"
RJAPURA	Rio Japurá (15 m foz)	S 01° 44'59.3"	W 67° 34'26.5"
RBOIA	Rio Bóia, afluente do rio Jutai	S 03° 59'29.5"	W 67° 50'29.7"
RMAD_ALT1	Rio Madeira, montante Altazes - Rosarim	S 03° 41'14.5"	W 59° 5'47.6"
RMAD_HUM1	R. Madeira, montante Humaitá	S 07° 29'18.7"	W 63° 1'10.4"
RMAS_PV1	R. Madeira, montante Porto Velho	S 08° 47'05.3 "	W 63° 55'19.5"
RN_MAO	R. Negro, Manaus/AM	S 03° 03'06.26"	W 60° 18'15.8"
RPUR_LAB1	R. Purus, montante Lábrea	S 07° 15'32.4"	W 64° 48'24.2"
RPURU1	R. Purus, montante Beruri	S 03° 55'49.5"	W 61° 25'06.08"
RCUPARI	Rio Cupari	S 03° 23'10.9"	W 67° 38'54.0"
R_ARIAÚ	Rio Ariáú, Iranduba	S 03° 08'01.7"	W 60° 21'09.08"
RPURUS_BER	Rio Purus, Beruri-AM	S 03° 55'49.5"	W 61° 25'06.08"
RPURUS_LAB	Rio Purus, Labrea- AM	S 01° 53'16.5"	W 59° 27'07.07"
RS_TEFE	Rio Amazonas, montante do rio Tefé	S 03° 01'08.49"	W 64° 40'58.5"
R_TARAUACÁ	Rio Tarauacá, Acre	S 02° 41'53.3"	W 59° 42'39.5"
RTEFE	R. Tefé	S 03° 19'59.6"	W 64° 43'33.2"
RNHAM1	Rio Nhamundá, montante Nhamundá	S 02° 9'46.2"	W 56° 46'25.4"
RTAP1	Rio Tapajós, montante Alter do Chão	S 02° 29'45.4"	W 54° 59'09.5"
RTAP_SANT1	Rio Tapajós , montante de Santarém	S 02° 40' 06.06"	W 54° 8'13.07"
RUATUMA	Rio Uatumã, Presidente Figueiredo-AM	S 01° 53'09.9"	W 59° 27'46.3"
RPE	Rio Preto da Eva-AM	S 02° 69'56.8"	W 59° 70'58.2"
RURUBU	Rio Urubu, Presidente Figueiredo-AM	S 03° 02'21.5"	W 58° 34'32.6"
RARAPIUNS	Rio Arapiuns – PA	S 02° 20'38.4"	W 55° 07'07.0"
RCURUA-UN A	Rio Curua-Una -	S 02° 06'33.5"	W 54° 19'49.7"
RTROMB1	Rio Trombetas, montante Oriximinã	S 01° 44'55.5"	W 55° 53'08.09"
RXING1	Rio Xingu , montante de Altamira	S 03° 14'54.0"	W 52° 12'10.1"

2.2. Variáveis Físicas.

As amostras foram coletadas na subsuperfície, em garrafa coletora do tipo Van Dorn e determinadas as variáveis ambientais:

O potencial hidrogeniônico (pH), e condutividade elétrica, foram medidos *in loco*, na superfície da água utilizando instrumento portátil ambos da marca DIGIMED, pH-metro de modelo DM-2P e condutivímetros modelo DM-3P.

A determinação da cor é feita por comparação usando como padrão uma solução de platina-cobalto, uma unidade de cor corresponde 1 mg/L de platina (Pt), a leitura

para as medidas citadas feitas por espectrofotometria, no equipamento marca FEMTO modelo 700 plus, a amostra é filtrada e a leitura é efetuada em 450 nm e os valores expressos em mgPt/L.

Os valores de turbidez foram medidos em turbidímetro da Micronal e os valores expressos em unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

Material em suspensão (STS), foi obtido segundo método gravimétrico descrito por APHA (2005), pela filtração (volume de 200-500 ml) das amostras de água em filtro de fibra de vidro (GF/F) com poros de 0,7 μm , previamente secos em temperatura de 105 °C por duas horas e pesados. Após a filtração, foram secos e pesados novamente, determinando-se, assim, o teor dos sólidos expresso em mg/L (STS).

2.3. Variáveis Químicas

Foram determinadas as variáveis: alcalinidade total (HCO_3^-), oxigênio dissolvido (OD), demanda química de oxigênio (DBO_5), nitrogênio total (N-T), nitrogênio amoniacal (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), fósforo total (P-T), ferro (Fe-Total), ferro (Fe-dissolvido), sílica (Si(OH)_4), alumínio dissolvido (Al), antimônio (Sb), arsênio (As), bário (Ba), berílio (Be), boro (B), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobalto (Co), cobre dissolvido (Cu), cromo (Cr), lítio (Li), manganês (Mn), mercúrio (Hg), níquel (Ni), prata (Ag), selênio (Se), urânio (U), vanádio (V) e zinco (Zn).

A alcalinidade (HCO_3^-) foi determinada pela reação de neutralização com ácido sulfúrico, em amostras com pH acima de 4,3 e os valores equivalentes à mgHCO_3/L .

O oxigênio dissolvido (OD) foi determinado por dois métodos, no momento da coleta utilizou um oxímetro de marca DIGIMED e foi coletado amostra em frasco de Winkler, fixadas com azida e sulfato manganoso e em seguida titulada com tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), segundo o método de Winkler modificado, descrito em Golterman *et al.* (1978).

Na demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) foi utilizado o método descrito em Golterman *et al.* (1978) e instruções de APHA (2005), sendo de 5 (cinco) dias o período de incubação (DBO_5), no escuro e à temperatura ambiente ($25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$). No método o DBO_5 é usado com os valores do oxigênio dissolvido determinado nas amostras antes e depois da incubação no escuro, a 20 °C por 5 dias.

O íon amônio (NH_4^+) foi determinado por espectrofotometria em espectrofotômetro FEMTO, modelo 700 plus e com ajuda do FIA (Flow Injection Analysis). O nitrato reduzido a nitrito através da coluna com cádmio coperizado, e posteriormente em reação com N-Naftil a leitura realizada em espectrofotometria, a 535 nm empregando reação de Griess, modificada e expresso em mg N/L (APHA, 2005).

Para determinação do NT e PT, as amostras foram digeridas em autoclave a 110-115°C por 30 minutos, com persulfato de potássio e determinadas por espectrofotometria, metodologia sugerida por (Valderrama, 1981; Golterman, 1978; APHA, 2005, entre outros) adaptadas para região.

O ferro dissolvido foi determinado pelo método da fenantrolina, que se baseia na reação entre íons ferrosos com 1,10 – fenantrolina, formando um complexo vermelho alaranjado cuja absorção óptica a 512 nm. Íons férricos são quantitativamente reduzidos a íons ferrosos, sendo o sinal correspondente igual à soma de ferro (II) + ferro (III) solúveis nas amostras. Os íons de ferro (Fe^{+2} ou Fe^{+3}) podem estar presentes na água na forma dissolvida, dependendo do teor de oxigênio; na forma coloidal e como matéria insolúvel em suspensão descrito em APHA (2005).

A sílica solúvel é determinada pelo método do azul de molibdênio. O princípio do método baseia-se na reação do molibdato de amônio com os cristais de sílica em meio ácido, formando complexo de silicomolibdato ácido, o qual é reduzido pelo metol a um composto de coloração azul, com absorção máxima em 810 nm, métodos descritos por Strickland e Parsons, 1968; Golterman *et al.*, 1978 e Marckereth *et al.*, 1978.

Para as concentrações dos íons cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{-2}), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+) e fosfato (PO_4^-), as amostras foram filtradas e fixadas com timol no momento da coleta e determinadas as análises por cromatografia líquida em um equipamento da marca DIONEX, modelo ICS1000. A detecção foi feita para ânions e cátions, IonPac AS9HC (4 mm) e CS12A (4mm), respectivamente e simultaneamente. Para o método de detecção de ânions foi empregada uma solução eluente composta de carbonato de sódio (11 mM) e bicarbonato de sódio (7 mM). Para o método de detecção de cátions foi utilizada uma solução eluente de ácido metanosulfônico a uma concentração de 20 mM. As análises foram gerenciadas automaticamente por computador com o auxílio do software Peaknet 6.7 e

os resultados foram obtidos através de uma curva de calibração com padrões externos. O controle de qualidade da quantificação dos resultados foi feito com o uso da amostra certificada Tróis-94.

As amostras para as determinações de Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Li, Mn, Hg, Ni, Ag, Se, U, V e Zn citados na Resolução CONAMA nº 357/2005. As amostras foram separadas em dois frascos de polietileno com capacidade para 100 mL, uma amostra com água não filtrada e outra filtrada, ambas fixadas com 2% de HNO₃ p.a. concentrado 1% e determinado por ICP e absorção atômica.

Para as determinações do antimônio, arsênio e selênio, feitos por espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES, as amostras foram digeridas com (H₂O₂ + HNO₃) segundo o método 3120-B (APHA-AWWA-WEF, 2005). Alumínio total por Espectrometria de AA* - plasma APHA 3120 B

As metodologias específicas empregadas neste trabalho obedecem a procedimentos e critérios de preservação estabelecidos pelo Standard Methods for Examination of Water and Waste Water (APHA, 2005).

2.4. Análises Estatística

Para estabelecer limites naturais nas variáveis ambientais e definir padrões regionais, os resultados das análises físicas e químicas das amostras dos diferentes rios foram avaliados com ajuda da estatística descritiva segundo Gotelli e Ellison (2011), utilizando a mediana e os quartis (percentil, quartil e decil), método que melhor escreve a posição e dispersão, quando os dados apresentam uma distribuição indefinida, isto é, quando se distribuem de forma atípica aos padrões de distribuição de probabilidade, ou mesmo, quando existem valores discrepantes, e após os resultados são comparados com os estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, classe 2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas águas dos rios de águas ácidas os baixos valores de pH relaciona-se em grande parte as substâncias húmicas e fúlvicas provenientes da decomposição da

matéria orgânica das florestas (Klinge e Ohle, 1964; Leenher, 1980) que libera H^+ deixando as águas mais ácidas.

O rio Negro e tributários mostraram comportamento bem diferenciados, nos tributários localizados no alto rio Negro, os rios Ualpés, Içana as águas são mais ácidas e com baixos teores de condutividade elétrica (Tabela 3.2 e 3.3). Os rios que percorrem rochas da Formação Tacutu, os rios Tacutu e Branco apresentaram pH com valores médios de acidez moderada (5,86) a próximo do neutro (6,70).

O rio Ariaú mostrou um comportamento bem diferente dos demais rios da margem esquerda, pH alcalino (7,2) e elevada condutividade elétrica (104,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$). A localização do rio Ariaú pode estar influenciando nas características físicas e químicas da água deste rio (Tabela 3.4 e 3.5). O paraná do rio Ariaú, interliga os rios Negro e Solimões, que se encontra assimétrico na planície, encaixado no Lineamento de Iranduba (Silva, 2005). Na região ocorre depósitos argilosos e siltosos com níveis arenosos intercalados que foram considerados pertencentes à Formao Solimões (Nascimento *et al.*, 1976; Silva, 2005), porém tem sido considerado como Quaternário nos mapas mais recentes. As guas podem têm estar sendo influenciadas pelas águas subterrânea na rea. Nas pesquisas realizadas nas guas dos poços tubulares em Iranduba foram observados altos teores de condutividade (1632,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sódio (110,00 mg/L) e cloretos (586,00 mg/L) (Silva e Silva, 2007).

Os principais íons que contribuem para determinar os valores da condutividade, uma vez que a corrente elétrica é conduzida por eletrólitos (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , Fe^{+3} , Mn^{+2} , Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^- e CO_3^{-2}). Nas guas dos rios da margem esquerda são baixas as condutividades com valores médios entre 15,30 a 21,52 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No período cheio mostrou uma variao de 4,39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (rio Curicuriari/AM) a 35,17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (rio Mucajaí/RR), e no período de estiagem com variao entre 8,46 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (no rio Preto da Eva) a 104,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (no rio Ariaú). A condutividade é fortemente influenciada pela temperatura e solubilidade dos sais que contribui para o aumento dessa variável no período de baixa precipitao (Drever, 1997; Esteves, 1988).

Nas guas dos tributários da margem esquerda do rio Amazonas os valores médios de oxigênio mostraram-se bem heterogêneos, variando de 4,09 (período cheio, no rio Caru) a 6,02 mg/L. No período cheio variou de 1,47 a 6,42 mg/L e no período seco de 1,82 (rio Ariaú) a 7,50 mg/L. A diminuio no período cheio justifica-se pela

lixiviação e arraste da matéria orgânica através da chuva. O rio Ariáú, tributário do rio Negro, apresenta características de rio de águas brancas, este comportamento se deve à influência do rio Solimões (Silva, 2005), e em relação às baixas concentrações no Içanã, de 4,3 mg/L (dentro de Comunidade) e na foz do rio Caiari-Uapés de 6,4mg/L (ainda preservado) foi observado também por Sioli (1956).

A turbidez das águas depende da quantidade de material particulado em suspensão. A maior parte dessas partículas são as argilas mais finas ou colóides, que em alta concentração reduzem a penetração da luz na coluna de água, a fotossíntese e, como consequência o teor de oxigênio dissolvido. Os sólidos suspensos em um corpo de água natural são de tamanho variado, podendo ser constituído de colóides inorgânicos como argilas, óxidos, hidróxidos e carbonatos de metais, matéria orgânica e também organismos vivos – algas e bactérias. Grande parte do material particulado tem origem na erosão terrestre ou na produção de matéria orgânica por organismos biológicos (Pettine *et al.*, 1994; Bruno, 2000).

Nos rios da margem esquerda do Amazonas foram bastante heterogêneos os teores de turbidez, no período de alta precipitação (cheio) variando de 3,47 (rio Curicuriari) a 178,97 UNT (rio Cubati) e no período de estiagem de 0,78 mínimo (rio Curua-Una/Pa) a 30,94 UNT (Mucajá/RR).

Nos rios de águas pretas e tributários da margem esquerda do Amazonas o material em suspensão mostrou uma variação média de 9,44 a 13,74 mg/L. Os valores de turbidez (37,70 UNT) e de material em suspensão (32,50 mg/L) no rio Uraricoera estão relacionados a lixiviação e a contribuição dos sedimento da formação Solimões que se estende desde a cordilheira dos Andes até os formadores do rio Branco (Tacutu e Uraricoera).

Os tributários da margem direita mostraram variações bastante significativas com valores de 0,78 a 280,67 UNT. Os mais baixos valores de turbidez foram observados nos rios Xingu, Tapajós e Arapiuns, que tem suas origens no Escudo Brasileiro. E os maiores valores foram observados no rio Madeira, onde o transporte de sedimentos em suspensão é bem intenso.

Dos cátions, o sódio predominou na maioria dos rios situados à margem esquerda do rio Amazonas, com exceção do rio Negro em São Gabriel da Cachoeira (Figura 3.2). As maiores concentrações dos cátions foram observados no período de

estiagem com valores médios (K^+ - 0,95, Na^+ - 2,49, Ca^{2+} - 1,53 e Mg^{2+} - 0,57 mg/L (Tabela 1.18 e 1.19). As elevadas concentrações de Na nas águas pretas dos rios da margem esquerda se deve a contribuição da precipitação e ao intemperismo físico e químico na região. O sódio (Na^+) nas águas do rio Preto da Eva também foi observado por Neiva e Cunha (2000), que relacionou às entradas por precipitação da chuva.

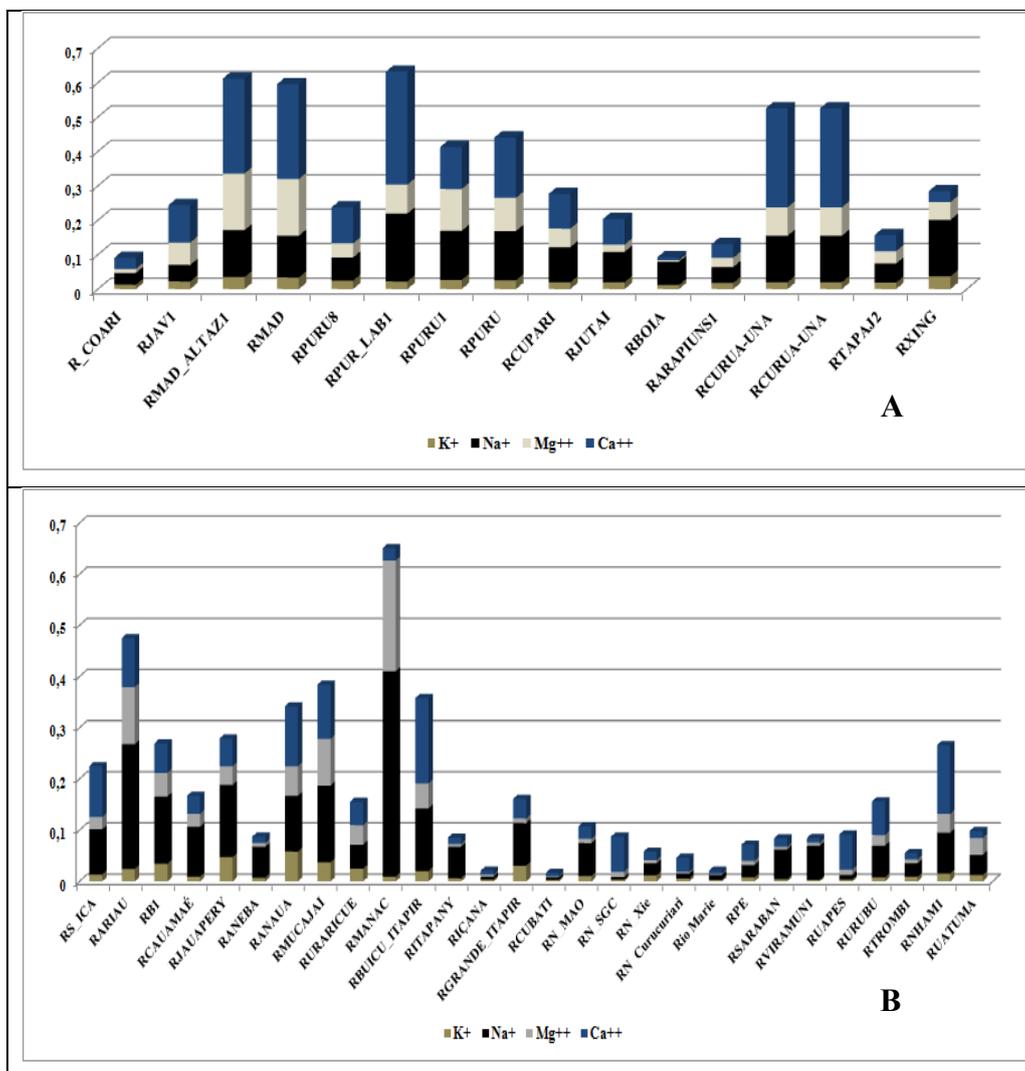


Figura 3.2. Comportamento dos cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) e ânions (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^-) em meq/L nas águas dos rios da margem esquerda (A) e direita (B) tributários do rio Amazonas e nas águas dos afluentes do rio Negro, observados no período de 2009 a 2012.

No rio Içá a predominância do cálcio está relacionada à influencia da região Periférica Oeste (Andes e Várzeas Holocênicas) e enquanto o rio Trombetas origina-se na região Periférica Sul (do escudo cristalino) (Fittkau, 1964).

No comportamento dos ânions nas águas dos afluentes da margem esquerda do rio Amazonas, predominou o bicarbonato. Em pH abaixo de 8,3 predomina H_2CO_3 e HCO^- faixa na qual se encontram os ecossistemas amazônicos de terra firme, cujo pH

varia entre 4,0 e 7,6 possuem águas escuras, com altas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos (Esteves, 1988). As águas dos rios da margem esquerda mostraram variação bastante heterogêneas, com concentrações mais elevadas no período de estiagem de 5,49 a 64,96 mg de CaCO_3/L (rio Nhamundá), os valores médios variando de 10,35 (período chuvoso) a 15,75 mg CaCO_3/L (período de estiagem).

O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, dentre elas os íons amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-). Nitrato e amônio representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (Esteves, 1988).

Os valores do íon amônio não ultrapassaram 0,8 mg/L, apresentando uma variação de 0,005 a 0,626 mg/L (período cheio) e 0,1 a 0,397 mg/L (período de estiagem), valores semelhantes foram observados por Gomes (2000), de 0,14 a 0,16 mg/L no rio Cauamé/RR

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece para águas doces, classe 2, para o NH_4^+ em ambiente com pH menor 7,0, valores de até 3,7 mg/L (classe 2).

São baixos os nutrientes nas águas dos rios da Amazônia (N-T, NH_4 , NO_3 e P-T) todos dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para classe 2.

A toxicidade dos metais pode ser diferenciada em três categorias: os elementos traços que se tornam tóxicos quando em altas concentrações (Co, Cu, Mn, Se, V, Zn e Sn); os metais (As, Be, Cr e Ni) de toxicidade média e com maior probabilidade de causar câncer e um outro grupo de metais com toxicidade mais significativa que são os metais (Pb, Cd, Hg e Ti) (Förstner e Wittmann, 1983).

Tabela 3.2. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (UNT), OD, DBO_5 , NT, NH_4^+ , NO_3^- , PT, Fe-dissolv., Fe-T, Si(OH)_4 , material em suspensão em mg/L analisadas nos tributários da margem esquerda do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período estiagem.

LOCAIS	N	C.E.	pH	Cor	Turbidez	OD	DBO5	N-T	NH4	NO3	P-T	Fe-Diss.	Fe-T	Si(OH)4	STS
RANAUA	3	31,37	5,96	88,26	28,51	6,54	1,52	0,59	0,35	0,09	0,14	0,24	1,28	8,72	44,80
RARIAU	1	104,70	7,20	53,60	27,82	1,82	ND	1,07	0,10	0,32	0,07	<0,1	1,27	ND	26,50
RALALAU	4	12,93	5,40	56,10	4,55	5,93	1,07	0,40	0,22	0,03	0,04	0,15	0,50	4,34	4,18
RB	10	27,33	6,72	34,41	12,45	6,66	2,13	0,34	0,19	0,05	0,04	0,19	0,62	8,07	18,53
RB_BR174	2	43,20	6,48	54,61	16,12	6,37	0,93	0,40	0,11	0,13	0,05	0,21	1,21	7,19	27,90
RCAUAMAÉ	3	11,54	5,92	25,93	7,11	6,62	1,46	0,30	0,18	0,03	0,04	0,17	0,76	5,86	11,90
RCURUA-UN.	1	17,73	5,99	18,70	0,78	6,29	0,68	0,23	ND	0,04	0,02	<0,1	0,63	4,77	6,40
RIÇA	1	16,22	6,10	54,60	9,10	6,33	0,61	0,40	0,16	<0,01	0,08	0,40	0,79	4,12	48,00
RJAPURA	3	13,47	6,04	56,35	20,11	5,48	0,80	0,33	0,13	0,06	0,05	0,18	0,95	2,99	25,20
RJAUAPERY	3	29,80	6,16	50,37	15,08	6,44	1,13	0,48	0,23	0,11	0,05	0,25	0,87	5,73	27,00
RMUCAJAI	3	36,13	6,18	59,34	30,94	6,72	1,25	0,58	0,29	0,15	0,06	0,15	1,68	8,42	33,97
RNHAMI	2	14,32	5,40	48,25	14,95	4,15	0,00	0,40	0,15	0,08	0,02	0,13	0,47	2,29	17,14
RN_MAO	2	10,40	5,29	118,19	7,93	5,33	0,18	0,42	0,34	ND	0,01	0,12	0,56	3,53	11,60
RPE	3	8,46	5,16	44,63	4,51	6,84	0,72	0,23	0,20	0,09	0,03	0,28	0,75	3,20	3,10
RTACUTU	3	36,97	6,59	45,88	12,65	6,21	1,30	0,34	0,14	0,01	0,04	0,19	1,12	7,92	17,80
RTROMB	4	20,65	6,38	44,22	3,12	5,72	1,82	0,47	0,12	0,11	0,07	0,38	0,77	4,50	7,17
RURUBU	2	9,84	4,32	75,55	5,20	7,50	3,11	0,30	0,17	0,12	0,02	0,33	0,33	0,51	2,80
RURARICUE	3	26,10	5,60	40,39	16,12	6,44	1,08	0,47	0,40	0,25	0,05	0,18	0,67	7,97	14,47
RUATUMA	3	9,44	6,32	20,44	1,91	6,98	0,47	0,25	0,22	0,19	0,03	0,14	0,53	1,49	2,60
Média	56	25,29	5,96	52,10	12,58	6,02	1,12	0,42	0,21	0,11	0,05	0,22	0,83	5,09	18,48
DP		21,99	0,66	23,28	9,15	1,25	0,73	0,19	0,09	0,08	0,03	0,08	0,35	2,53	13,74
Mínimo		8,46	4,32	18,70	0,78	1,82	0,00	0,23	0,10	<0,01	0,01	<0,01	0,33	0,51	2,60
Máximo		104,70	7,20	118,19	30,94	7,50	3,11	1,07	0,40	0,32	0,14	0,40	1,68	8,72	48,00

Tabela 3.3. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO_5 , NT, NH_4^+ , NO_3^- , PT, Fe-dissolv., Fe-T, Si(OH)_4 e material em suspensão (STS em mg/L) analisados nos tributários da margem esquerda do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período chuvoso.

LOCAIS	N	C.E.	pH	Cor	Turb.	OD	DBO5	N-T	NH4	NO3	P-T	Fe-Dis.	Fe-T	Si(OH)4	STS
RCARU	1	10,32	4,77	100,23	13,26	1,47	ND	0,34	0,02	0,14	<0,005	0,13	0,21	2,43	
RCAUAMAÉ	3	10,59	5,86	67,57	19,59	6,36	1,60	0,40	0,13	<0,01	0,02	0,46	0,95	5,07	
RCURICURIAR	1	4,39	5,90	3,47	0,61	ND	1,27	0,77	0,02	0,04	ND	0,63	1,44	1,73	
RS_ICA	1	19,51	5,93	56,10	7,54	2,18	ND	0,68	0,04	0,23	0,03	0,10	0,65	3,04	
RITAPANY	2	9,06	4,77	53,86	7,02	3,25	ND	0,37	0,10	0,09	0,01	0,52	0,59	3,11	
RIÇANA	3	19,68	4,44	135,87	2,33	5,25	1,82	0,73	0,63	0,08	0,14	0,66	0,77	1,29	
RGRANDE_ITAP	1	9,46	4,99	76,30	2,60	2,83	ND	0,76	0,01	0,03	0,02	<0,01	0,16	2,73	
RJAPURÁ	2	14,57	4,72	135,87	2,46	4,04	1,82	0,75	0,32	0,05	0,08	0,66	0,46	2,01	
RJAUAPERY	3	19,53	6,30	96,49	34,58	5,62	ND	0,65	0,31	0,15	0,07	0,28	1,09	5,20	
RCUBATI	3	30,17	3,96	178,97	0,44	2,29	2,34	0,45	ND	ND	0,09	0,61	0,77	0,59	
RMUCAJAI	2	35,17	6,73	86,40	25,48	6,42	ND	0,64	0,22	0,17	0,06	0,23	1,29	8,98	
RMARICOTA	1	9,72	4,84	70,31	2,34	ND	ND	ND	0,27	0,03	ND	0,52	1,57	2,01	
RMARIE	1	ND	4,99	4,99	1,83	ND	2,60	0,78	0,03	0,08	0,12	0,43	0,93	2,79	
RNHAM	1	9,09	5,50	46,38	3,12	ND	ND	ND	ND	0,10	ND	<0,1	0,18	7,07	
RN_MAO	4	13,39	4,62	141,00	2,34	3,72	1,13	1,10	0,03	0,13	0,02	0,34	0,69	2,15	
RN_SGC	3	13,43	4,70	142,37	3,21	4,66	0,59	0,40	ND	0,03	0,10	0,24	0,78	1,80	
RN_XIER	1	16,97	4,66	4,66	4,27	ND	ND	0,35	0,07	0,13	0,10	0,58	0,91	2,42	
RTACUTU	3	27,21	6,50	94,50	26,93	6,21	1,60	0,44	0,38	0,07	0,03	0,24	1,01	7,63	
R_SARABAN	1	8,89	4,68	56,85	6,50	4,47	ND	0,42	0,01	0,19	0,01	<0,01	0,12	3,34	
R_UALPES	3	10,80	4,74	61,09	3,87	5,28	3,13	0,32	0,14	0,48	0,02	0,36	0,66	1,89	
R_TROM	1	21,57	6,55	37,82	2,60	5,23	2,58	0,48	0,14	0,16	0,05	0,12	0,77	4,55	
R_URACICUE	1	21,10	6,45	112,95	37,70	4,13	ND	0,89	ND	0,23	0,05	0,12	1,26	ND	
RUATUMÁ_1	1	9,57	6,00	43,38	2,60	ND	ND	ND	0,16	0,05	ND	0,18	0,48	2,30	
R_URUBU	2	21,04	5,80	77,79	4,42	2,33	0,96	0,44	ND	0,09	0,03	0,10	0,48	3,29	
R_VIRAMUN	1	11,38	4,79	94,25	8,84	2,00	ND	NA	0,01	0,03	0,01	<0,01	0,15	2,86	
RXIER	2	6,00	4,80	68,73	1,87	ND	1,30	0,24	0,07	0,01	0,11	0,66	0,82	0,95	
Média	47	15,30	5,31	78,88	8,78	4,09	1,75	0,56	0,15	0,12	0,06	0,37	0,74	3,25	
DP		7,73	0,79	45,54	10,76	1,59	0,73	0,22	0,16	0,10	0,04	0,21	0,40	2,09	
Mínimo		4,39	3,96	3,47	0,44	1,47	0,59	0,24	0,01	0,01	0,01	0,10	0,12	0,59	
Máximo		35,17	6,73	178,97	37,70	6,42	3,13	1,10	0,63	0,48	0,14	0,66	1,57	8,98	

Tabela 3.4. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO_5 , NT, NH_4^+ , NO_3^- , PT, Fe-dissolv., Fe-T, Si(OH)_4 , e material em suspensão (STS em mg/L) analisados nos tributários da margem direita do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período de estiagem.

LOCAIS	N	C.E.	pH	Cor	Turbidez	OD	DBO5	N-T	NH4	NO3	P-T	Fe-Diss.	Fe-T	Si(OH)4	STS
RARAPIUNS	6	8,24	6,03	25,81	1,04	7,20	0,78	0,20	0,15	0,03	0,04	0,10	0,14	3,66	2,37
RBOIA	4	6,68	5,88	45,26	36,92	6,30	ND	0,45	0,01	0,05	0,13	0,12	0,54	3,11	33,50
RCURUA-UN.	1	17,73	5,99	18,70	0,78	6,29	0,68	0,23	ND	0,04	0,02	<0,1	0,63	4,77	6,40
RCUPARI	1	65,08	6,18	65,08	13,00	7,07	ND	0,62	0,38	0,01	0,16	1,10	0,10	2,92	22,57
RJAV_AN	1	24,00	6,34	105,47	44,46	5,63	0,63	0,47	0,26	0,20	0,08	0,41	1,78	4,46	54,67
RJAV_BC	1	23,40	6,27	111,45	26,52	5,49	0,33	0,63	0,28	0,14	0,08	0,37	1,89	4,37	55,33
RJURUAI	9	53,57	6,48	113,20	126,88	3,27	0,48	0,39	0,33	0,19	0,15	0,17	1,88	2,21	186,50
RJUTAI	5	16,37	6,14	49,07	40,72	5,78	1,23	0,42	0,17	0,29	0,10	0,19	1,09	5,50	42,05
RMAD_ALTA	4	45,46	7,19	127,16	115,90	6,41	1,41	0,37	0,18	0,14	0,07	0,10	1,79	5,07	92,15
RMAD_HUM	2	66,90	7,19	87,89	262,60	10,45	4,24	0,52	0,20	ND	0,16	0,11	2,44	4,41	247,50
RPUR_LAB	4	67,07	7,17	35,91	32,31	ND	ND	0,44	0,15	0,12	0,05	0,10	2,19	4,01	117,75
RPUR_BER	3	53,58	6,58	52,92	13,00	1,87	0,47	0,33	0,15	0,18	0,07	0,15	1,25	6,80	5,30
RTAP	7	14,92	6,69	15,71	1,34	8,08	0,78	0,27	0,09	0,06	0,07	0,10	0,18	5,18	3,77
RTAP_ITAITU	2	4,49	NA	2,62	12,61	10,27	NA	0,50	0,26	0,10	0,05	0,43	0,10	5,22	7,67
RXING	4	19,90	6,98	9,48	1,69	8,94	1,31	0,33	0,10	0,05	0,02	0,10	0,33	7,05	3,20
Média	54	32,49	6,51	57,71	48,65	6,64	1,12	0,41	0,19	0,11	0,08	0,25	1,09	4,58	58,72
DP		23,36	0,47	41,77	70,83	2,37	1,10	0,13	0,10	0,08	0,05	0,27	0,85	1,33	73,82
Mínimo		4,49	5,88	2,62	0,78	1,87	0,33	0,20	0,01	0,01	0,02	<0,1	<0,01	2,21	2,37
Máximo		67,07	7,19	127,16	262,60	10,45	4,24	0,63	0,38	0,29	0,16	1,10	2,44	7,05	247,50

Tabela 3.5. Resultados da C.E. $\mu\text{S/cm}$, pH, cor mgPt/L, turbidez (NTU), OD, DBO_5 , NT, NH_4^+ , NO_3^- , PT, Fe-dissolv., Fe-T, Si(OH)_4 e material em suspensão (STS em mg/L) analisados nos tributários da margem direita do rio Amazonas, de março 2009 a dezembro de 2012, período cheio.

LOCAIS	N	C.E.	pH	Cor	Turb.	OD	DBO5	N-T	NH4	NO3	P-T	Fe-Dis.	Fe-T	Si(OH)4	STS
RARAPIUNS	2	9,27	6,96	20,57	0,91	6,78	0,79	0,25	0,11	<0,01	0,04	<0,1	0,12	4,17	1,00
RBUICU_ITAPIR	1	27,50	6,24	53,11	3,12	3,87	ND	0,60	0,01	0,09	0,01	<0,01	0,64	2,85	0,80
R_COARI	1	9,80	5,85	ND	3,12	5,64	ND	0,19	0,09	0,04	ND	0,10	0,72	2,84	8,50
RJAVI	1	16,42	6,33	66,57	24,44	3,38	1,36	1,22	ND	ND	0,03	0,10	0,74	3,68	20,20
RJAVAR_BC	1	13,33	5,91	71,06	13,52	5,70	0,37	0,83	0,07	0,20	0,04	0,10	0,82	5,81	9,00
RJURUA	3	16,43	6,18	78,04	24,18	4,90	0,37	0,90	0,19	0,18	0,04	0,16	0,88	4,90	18,87
RJUTAI	2	11,92	5,62	78,92	2,34	1,16	1,05	0,35	0,23	NA	0,07	0,70	0,67	3,36	3,85
RMAD_ALTAZ	2	47,81	7,20	56,85	102,44	5,34	0,32	0,38	0,13	0,14	0,05	0,11	2,14	15,31	58,70
RMAD_HUM2	2	69,80	6,26	96,12	247,91	6,36	0,46	0,53	0,24	0,08	0,13	0,14	4,26	4,31	157,00
R_MAD_P.VELH	2	76,80	6,80	75,93	280,67	8,63	3,00	0,44	0,23	0,07	0,15	0,22	7,33	5,29	189,00
RPURUS	4	18,92	6,45	103,79	42,32	2,03	ND	0,28	0,24	0,08	0,10	0,14	2,59	NA	45,20
RPUR_BER	2	24,30	6,13	100,23	13,13	1,83	ND	0,34	0,25	0,07	0,07	0,55	1,29	6,64	ND
R_TARAUCA	1	103,10	6,49	177,28	181,22	3,71	0,85	0,65	0,34	<0,025	0,28	0,17	1,46	6,11	189,00
RTAP	5	14,39	6,50	49,45	4,36	6,45	0,83	0,41	0,18	0,11	0,04	0,10	0,45	5,84	5,16
RTEFÉ	3	7,25	5,90	56,85	5,55	ND	ND	0,24	0,19	0,01	0,04	0,10	1,28	0,34	5,47
Média	32	31,13	6,32	77,48	63,28	4,70	0,89	0,51	0,18	0,10	0,08	0,21	1,69	5,10	50,84
DP		29,46	0,43	36,32	95,21	2,13	0,83	0,29	0,09	0,06	0,07	0,19	1,87	3,38	71,46
Mínimo		7,25	5,62	20,57	0,91	1,16	0,32	0,19	0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,12	0,34	0,80
Máximo		103,10	7,20	177,28	280,67	8,63	3,00	1,22	0,34	0,20	0,28	0,70	7,33	15,31	189,00

Dos metais analisados os maiores valores médios foram: ferro de 2,885 mg/L e bário com 1,535 mg/L. Nos rios, o ferro variou de 0,935 a 5,474 mg/L (rio Buiçu-Itapiranga) e o bário de 0,418 a 6,887 mg/L (rio Nhamundá), onde o teor médio encontra-se sete vezes acima do limite máximo permitido (0,7 mg/L de Ba) pela

Resolução CONAMA n° 357/2005 (Figura 3.4). E as maiores concentrações foram encontradas nos rios Nhamundá/PA, Trombetas/PA e Uraricoera/RR.

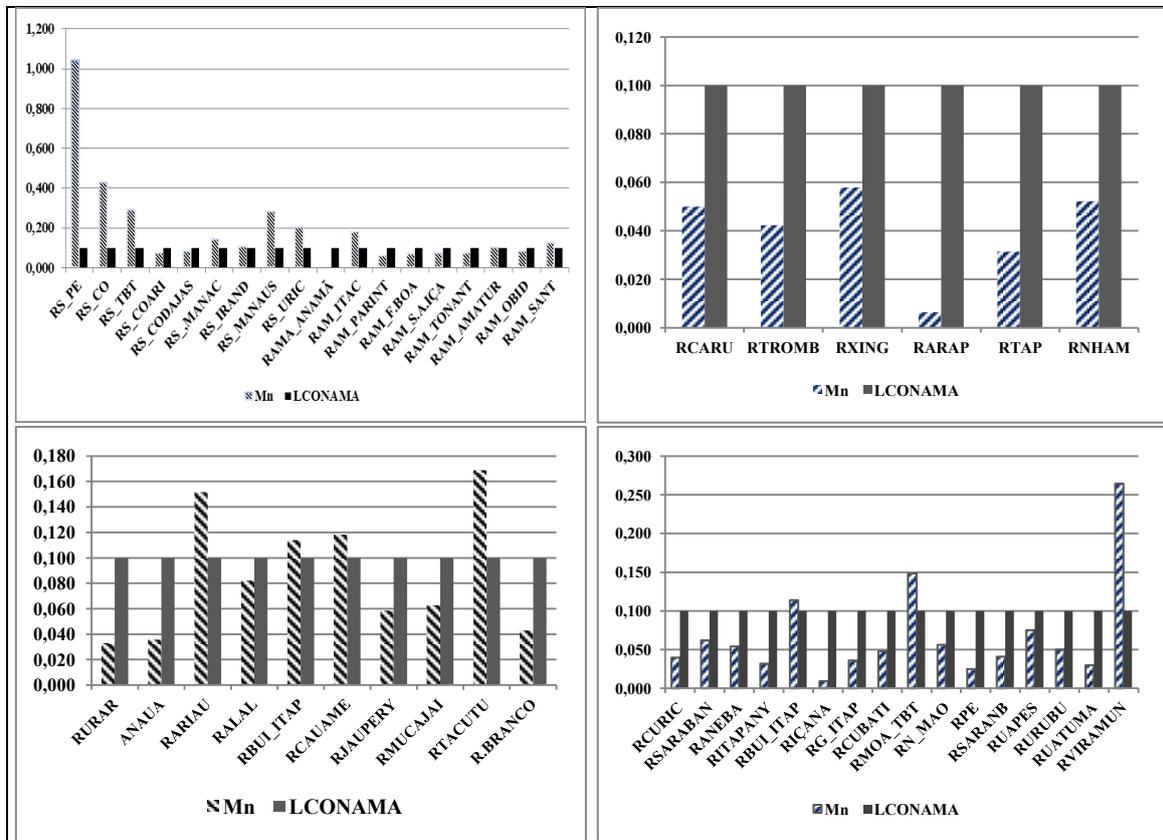


Figura 3.3. Comportamento dos valores médio de Mn (mg/l) observados no rio Amazonas e tributários, comparados ao limite estabelecido pela Resolução n° 357/2005 CONAMA, classe 2.

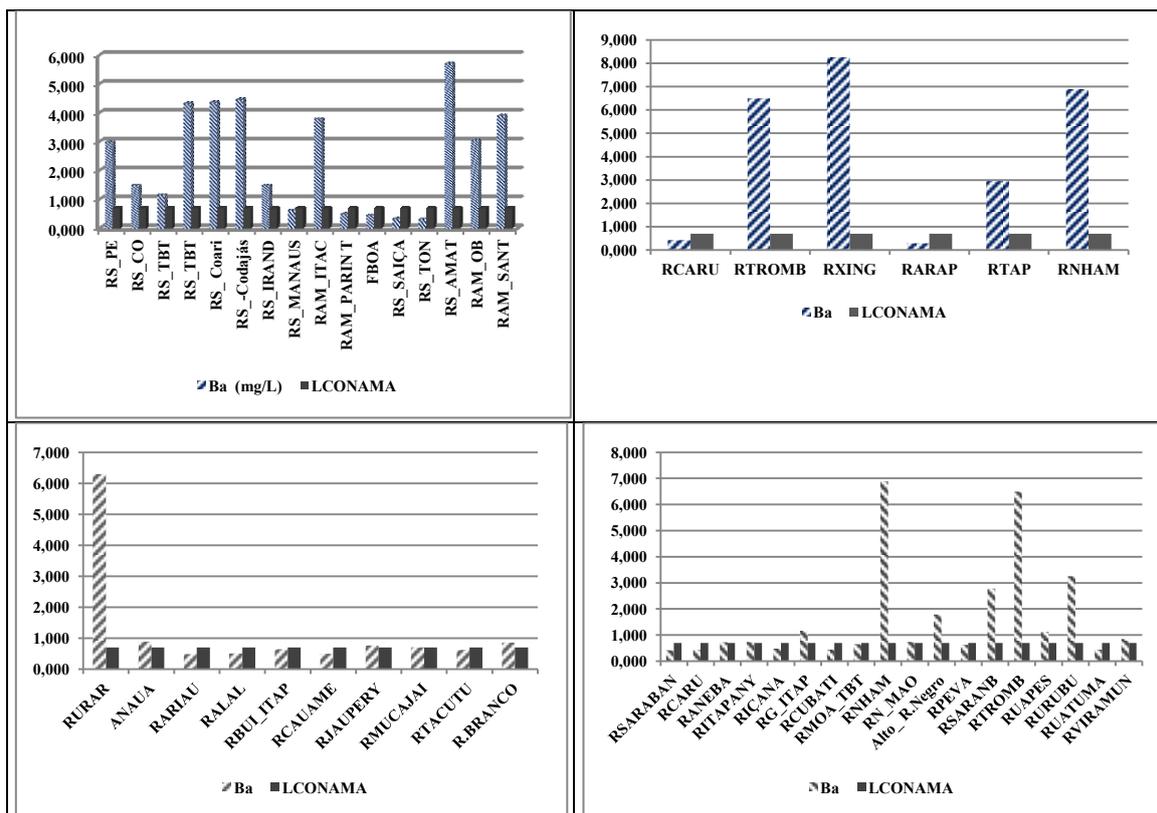


Figura 3.4. Comportamento dos valores médios de Ba (mg/l) observados no rio Amazonas e tributários, comparados ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, classe 2.

Os metais mostraram comportamentos bem diferenciados, onde as maiores concentrações de Mn foram encontradas nas estações localizadas no alto Amazonas (fronteiras Brasil/Peru/Colômbia).

Os valores médios dos metais foram agrupados para avaliar a similaridade entre eles. Apesar das águas dos tributários serem quimicamente heterogêneas, na distribuição foi observado que existem semelhanças entre os metais, com excessão do ferro que predominaram nas águas dos rios Madeira e Javari com influência mais direta da cordilheira dos Andes (Figura 3.4).

As maiores concentrações de Bários foram nos rios localizados no baixo Amazonas (Rios Xingu, Nhamundá e Trombetas), que tem suas nascentes no Escudo Brasileiro e no rio Uraricoera da formação Tacutu/Solimões.

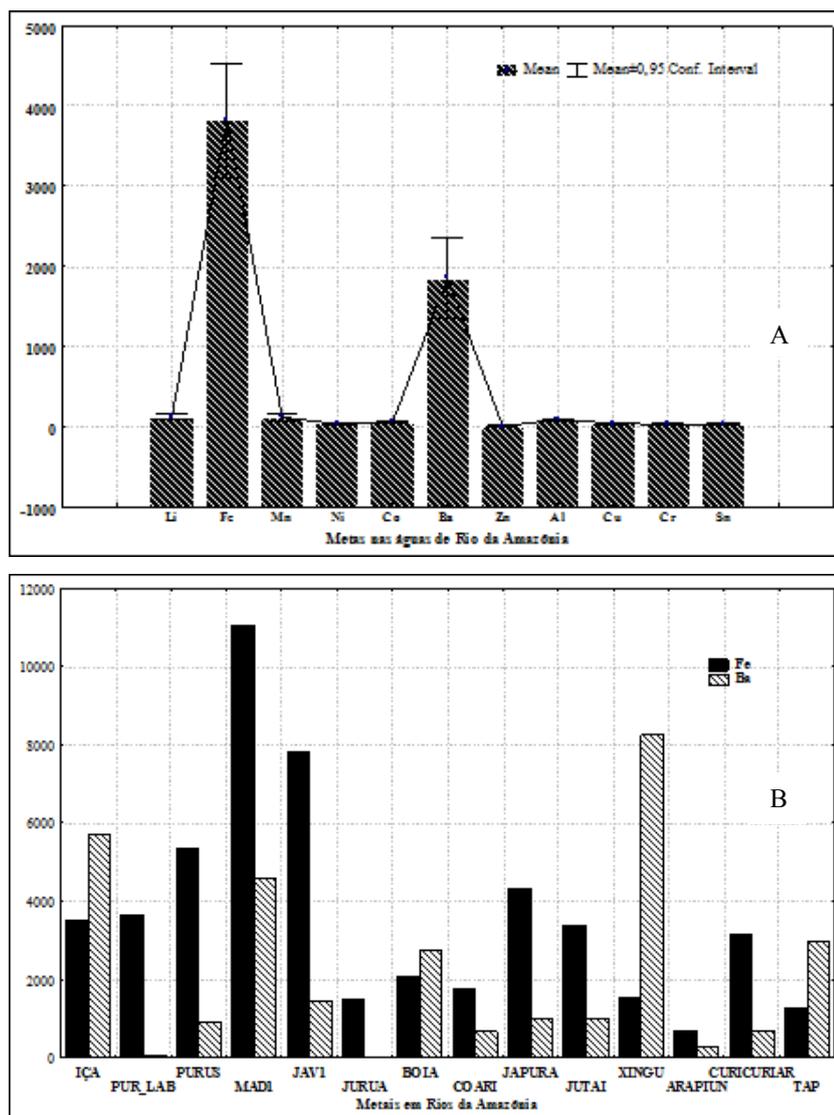


Figura 3.5. Distribuição dos metais, Li, Fe, Mn, Ni, Ba, Co, Zn, Cu, V, Sn, Cr e Al nos rios da margem esquerda do rio Amazonas, coletas de 2009 a 2012.

O cádmio apresentou variação entre 0,001 a 0,870 µg/L, porém não mostrou variações significativas entre os rios amostrados. O cobre mostrou variação de 0,004 a 0,037 mg/L, valores 4 vezes acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Para os elementos As (<10), Se (<10), Sb (<5), B (<2), Pb, Ag (<10), V (<10) e Be (<0,4) os valores encontram-se abaixo do limite de detecção do método e dentro do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Na análise de correlação envolvendo a variável física e química, os tributários da margem esquerda do rio Amazonas (rio Negro e tributários) a cor não mostrou similaridade pela distância euclidiana com as demais variáveis ambientais (Figura 3.4).

Verifica-se, na figura 3.4 (A), que as variáveis Mg^{2+} , Na^+ e K^+ são as que possuem a maior semelhança, no dendograma de Cluster, por possuírem a menor distância euclidiana, sendo essas a formarem o primeiro grupo. A variável cor formou o último grupo do dendograma, o qual se manteve distinto dos demais grupos formados, pelo fato da variável está diretamente relacionada ao pH e a decomposição das matérias orgânicas (substâncias húmicas e fúlvicas) que contribui com acidez nas águas.

Verifica-se na figura 3.4 (B), no dendograma de Cluster vários grupos, uma região bastante heterogênea no grupo. Os rios Mucajaí/RR e Cauamé/RR, mostraram similaridade, ambos em área de savana, e por último o grupo formado pelos rios localizados na região do alto rio Negro, os rios Cubati/AM e Içana/AM, são locais bem distinto dos demais grupos formados, o rio Cubati/AM destacou-se também pela cor (178,92 mgPt/L) e acidez (com pH 3,96), que somando a outras variáveis distancia-se dos demais rios.

Na tabela 3.6 os dados das análises pH, condutividade elétrica, cor, turbidez, OD, íon amônio e ferro dissolvido do rio Amazonas e tributários da margem direita e esquerda foram submetido ao tratamento com ajuda da mediana e os quartis (percentil, quartil e decil) com auxílio do programa R foram determinando os limites naturais (Figuras 3.3 a 3.7) .

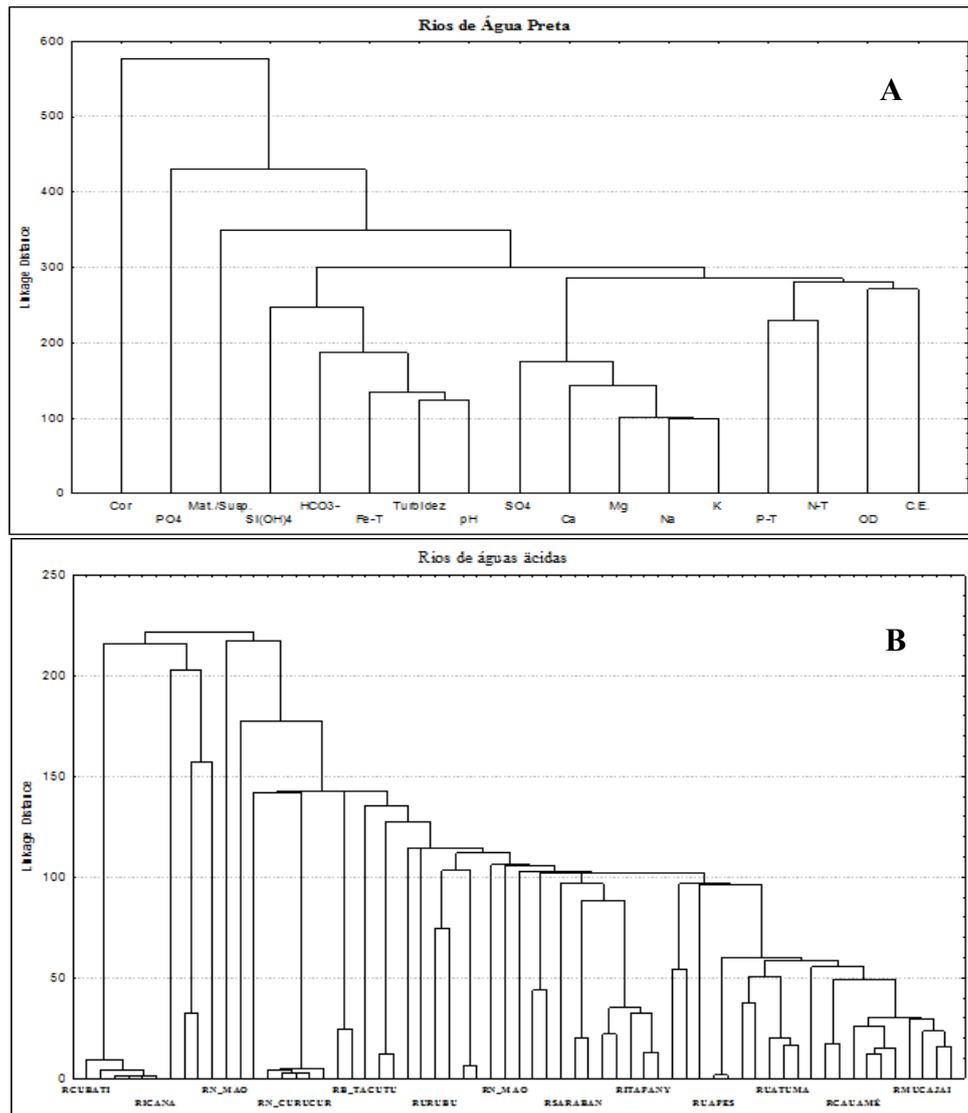


Figura 3.6. Representação das variáveis físicas e química (A) e locais de coletas (B) pelas análises de agrupamento (AHC) dos rios tributários da margem esquerda do Amazonas, durante o período de 2009 a 2012.

A Resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece valores para pH na faixa de 6,0-9,0. Nas águas dos rios da bacia hidrográfica do Amazonas apresentaram variação significativa com a faixa dos limites naturais para as variáveis de pH e condutividade elétrica ao longo do rio Amazonas (pH de 4,89-7,20 e CE 9,564-100,11) e nos tributários da margem direita (de pH de 5,86-7,28 e CE 7,44-93,40) e da margem esquerda (pH de 4,55-6,9 e CE 9,50-38,19) (Figura 3.6).

Tabela 3.6. Resultados da Estatística Descritiva das variáveis pH, C.E. ($\mu\text{S/cm}$), OD (mg/L), cor (mgPt/L), turbidez (UNT), NH_4^+ (mg/L) e Fe-dissolvido (mg/L) no rio e tributários da margem direita e esquerda do Amazônia.

Rio Amazonas								
	Mín	Mean	Max	10%	25%	50%	75%	90%
pH	3,91	6,31	7,98	4,90	5,95	6,43	6,89	7,22
CE	4,39	47,37	206,00	9,56	14,76	30,65	71,40	100,11
Cor	0,00	68,80	281,20	20,20	41,89	63,58	88,45	120,06
Turbidez	0,00	34,87	309,10	1,82	4,68	18,20	42,38	90,74
OD	0,16	5,09	10,85	2,11	3,27	5,48	6,64	7,49
NH_4^+	0,00	0,17	0,89	0,01	0,10	0,17	0,22	0,30
Fe-Diss	0,00	0,24	1,10	0,00	0,10	0,13	0,37	0,62
Tributários da margem direita								
pH	4,77	6,51	7,98	5,81	6,17	6,42	6,94	7,28
CE	4,49	42,92	206,00	7,44	11,10	18,89	56,39	93,40
Cor	0,00	56,13	179,50	14,96	23,56	49,37	71,81	105,47
Turbidez	0,52	42,04	309,10	1,04	2,08	13,26	45,500	118,14
OD	0,30	5,63	10,70	1,81	3,38	6,27	7,12	8,82
NH_4^+	0,00	0,15	0,41	0,01	0,06	0,15	0,21	0,27
Fe-Diss	0,00	0,14	1,10	0,00	0,10	0,10	0,15	0,25
Tributários da margem esquerda								
pH	3,91	5,79	7,65	45,54	4,88	5,96	6,52675	6,94
CE	4,39	22,21	104,70	95,02	10,60	17,89	27,65	38,19
Cor	3,47	72,73	280,50	23,27	40,96	59,47	95,75	131,80
Turbidez	0,00	12,64	53,56	2,08	3,58	7,28	18,92	28,44
OD	0,00	5,25	8,75	2,29	4,23	5,86	6,57	7,05
NH_4^+	0,00	0,20	0,89	0,01	0,10	0,16	0,28	0,40
Fe-Diss	0,00	0,25	0,87	0,00	0,10	0,14	0,40	0,60

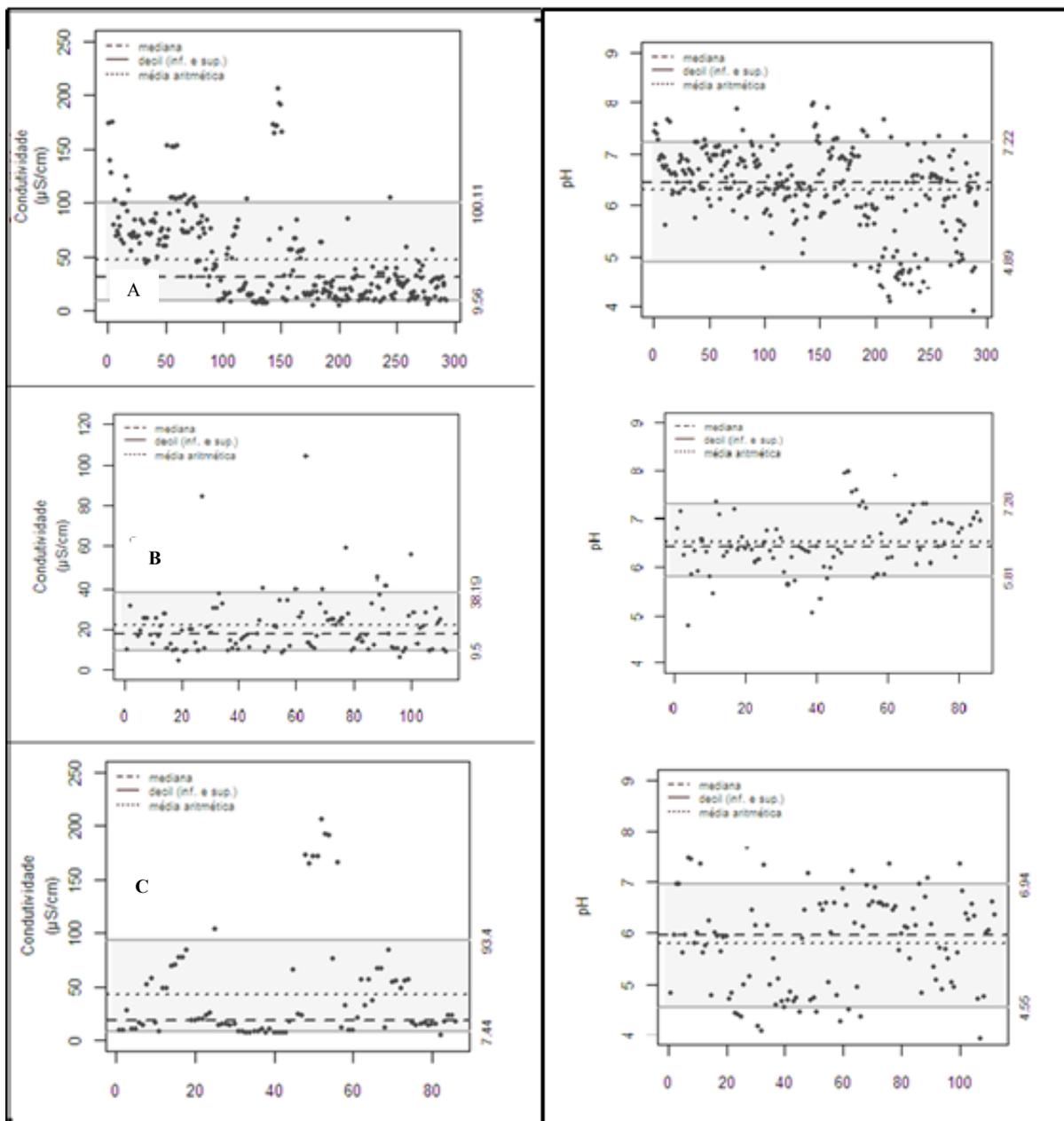


Figura 3.7. Faixa limites das variáveis condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e pH usando a mediana e os quartis (percentil, quartil e decil) no rio Amazonas (A) e tributários da margem direita (B) e esquerda (C), durante o período de 2009 a 2012.

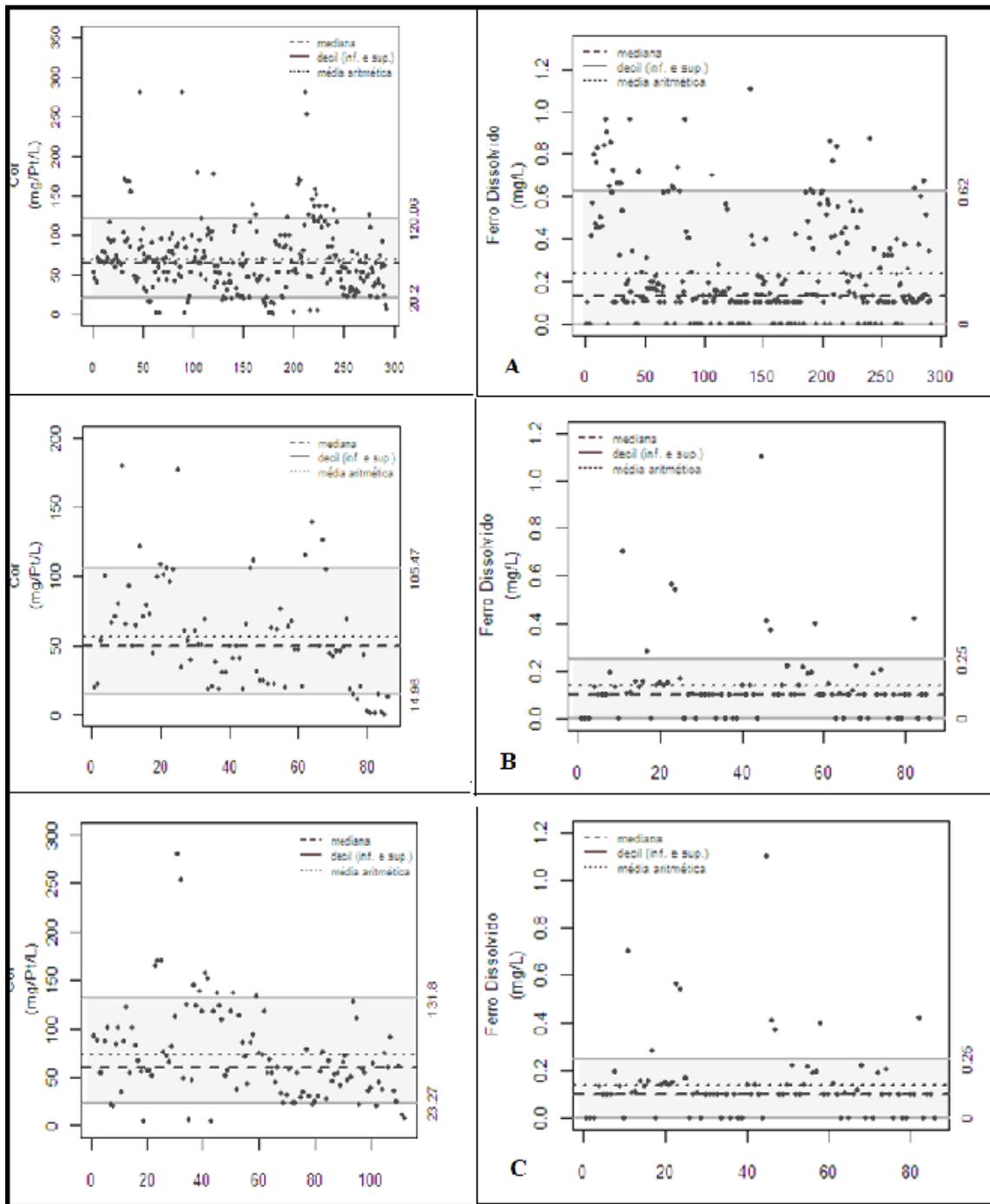


Figura 3.8. Faixa limites das variáveis cor (mgPt/L) e Fe-dissolvio (mg/L) usando a mediana e os quartis (percentil, quartil e decil) no rio Amazonas (A) e tributários da margem direita (B) e esquerda (C), durante o período de 2009 a 2012.

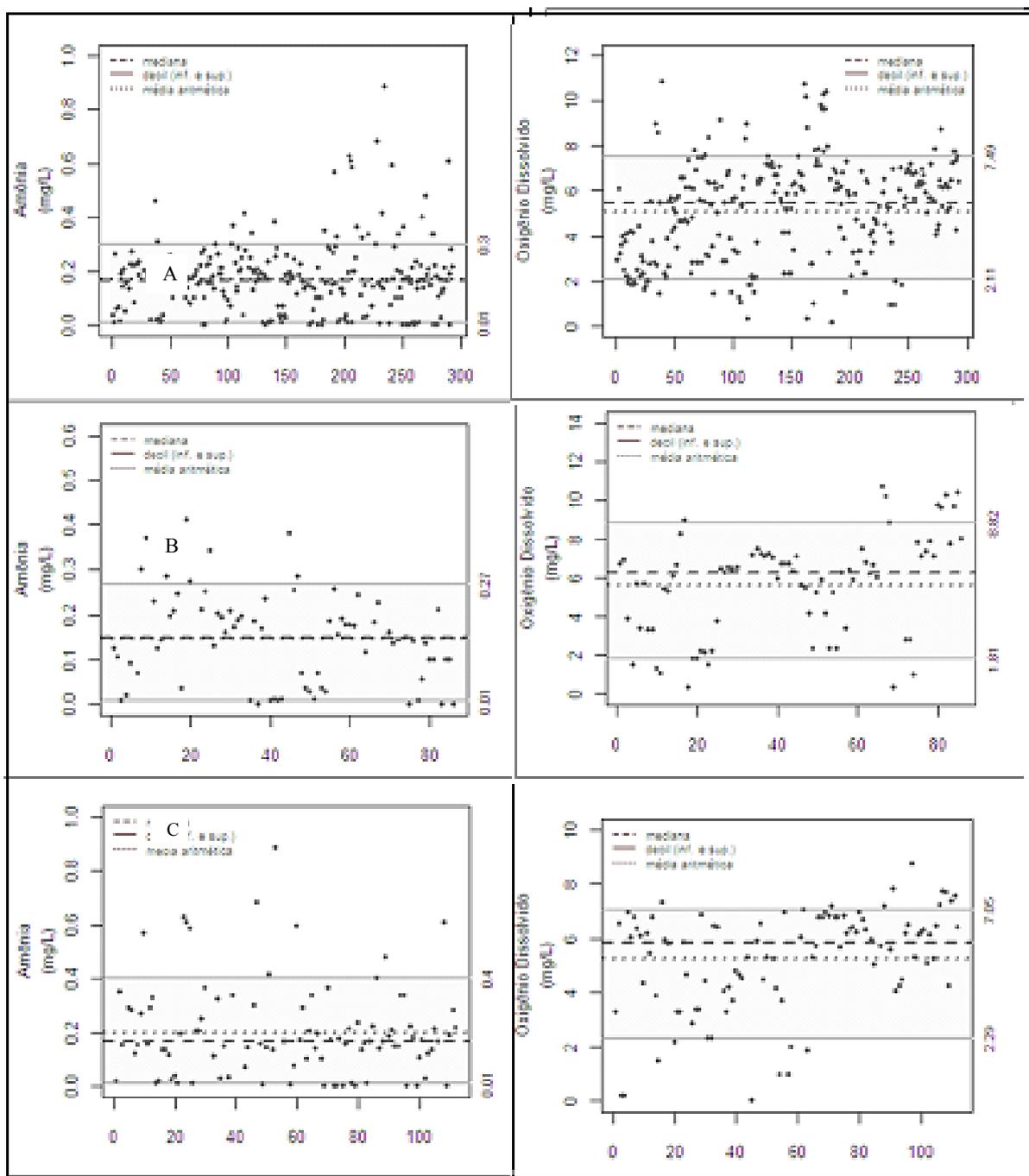


Figura 3.9. Faixa limite das variáveis oxigênio dissolvido (OD) e íon amônio mg/L), usando a mediana e os quartis (percentil, quartil e decil) no rio Amazonas (A) e tributários da margem direita (B) e esquerda (C), durante o período de 2009 a 2012.

A cor escura das águas são originadas da decomposição das matérias orgânicas provenientes da floresta. No estudo com ajuda da mediana e quartis os valores de cor encontram-se na faixa limite variando de 28,37(10%) a 131,80 mg Pt/L (90%) (Tabela 3.6).

A condutividade elétrica é uma variável importante para os rios da Amazônia. No estudo os rios da margem esquerda mostraram variação nos valores médios de 15,30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no período chuvoso e de 25,29 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no período de estiagem (Tabela 3.2 e 3.3) e segundo as faixas limites do decil de 9,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (10%) a 38,19 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (90%).

4. CONCLUSÕES

As águas dos rios da Bacia Hidrográfica do Amazonas são bicarbonatadas. Os rios da margem direita e esquerda são quimicamente bem distintas. Nos rios da margem esquerda do rio Amazonas na maioria, as águas são sódicas com exceção dos rios Negro/São Gabriel da Cachoeira, Ualpés e Curicuriari que predominou o cálcio.

Os tributários que nascem nos escudos das Guianas que drenam rochas sedimentares cretáceas da bacia apresentaram águas ácidas (valores de pH abaixo de 6,0) que se atribui a presença de substâncias orgânicas (fúlvicas e húmicas) valores fora da faixa estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Os tributários da margem direita do baixo Amazonas que tem suas origens no Planalto Brasileiro, ex. Tapajós e Xingú as águas vão de ligeiramente ácidas a ligeiramente alcalina (6,0-7,0) e apresentaram baixas cargas iônicas, com condutividade menor que 40,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A condutividade elétrica é uma variável que poderá ser usada no controle da qualidade da água para os rios da Amazônia, é uma variável que tem uma forte relação com pH, nas águas ácidas (nas águas pretas pH- 3,5 a 5,5) são baixos teores de eletrólitos (a condutividade elétrica não ultrapassou a 38,19 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

As águas dos rios são bem diferenciadas e apresentam baixas concentrações de nutrientes (nitrato, fosfato, nitrogênio total, fosfato e íon amônio), mesmo assim existem variações que se atribui a sazonalidade na região. As mudanças nas características físicas e químicas nos diferentes períodos de precipitação estão relacionadas aos efeitos diluidor da água da chuva, as entradas de material por lixiviação e a decomposição da serapilheira. As águas dos rios originadas nas regiões Andinas recebem uma intensa carga de sedimentos que é dissolvido contribuindo para o aumento das concentrações dos íons nas águas. As altas concentrações de ferro e bário entre outros metais provavelmente seja uma contribuição da formação geológica da região Amazônica.

Nas águas dos rios da região Amazônica o íon amônio não ultrapassou 0,80 mg/L e a faixa limite natural varia de 0,009 a 0,40 mg/L. Para rios de águas pretas na Amazônia com pH menor que 5, não se justifica o valor estabelecido de 3,7 mg/L segundo a Resolução CONAMA n° 357/2005.

As águas dos tributários das margens esquerda e direita do rio Amazonas apresentaram características distintas. Na margem esquerda as águas dos rios são mais ácidas e com baixa carga iônica e os da margem direita são rios que vão de ligeiramente ácidos a ligeiramente alcalino e com maior carga iônica. O pH dos rios de águas ácidas e os baixos teores de oxigênio dissolvido (inferior 5,0 mg/L) são variáveis que não se enquadram nos parâmetros da Resolução CONAMA n° 357/2005.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA, American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21st ed. Washington, D.C.: APHA-AWWA-WEF, 2005

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução CONAMA n° 357/2005, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 18 de março de 2005. Brasília. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/Resolucao_CONAMA /index.cfm](http://www.mma.gov.br/port/Resolucao_CONAMA/index.cfm)>. Acesso em: 26 de jan. de 2007.

BRUNO, V.R.M. **Especiação de Cobre e Chumbo em Águas Naturais: Efeito do Material Particulado e da Matéria Orgânica Dissolvida**. 2000. Tese (Doutorado em Química). Unicamp. Campinas/SP,

CHAAR, J.S. **Caracterização de Ácidos Húmicos Extraídos de Resíduos de Tratamento da Água e de Sedimentos do Rio Negro**. 1995. Dissertação de Mestrado em Ciências – Química Analítica. Instituto de Química de São Carlos. São Carlos/SP.

COSTA, A.S.F.; CUNHA, H.B. da. Avaliação da Colimetria em Igarapés das Bacias Hidrográficas de São Raimundo, Educandos e Tarumã. In: Jornada de Iniciação Científica, 12. **Anais**. PIBIC/INPA/ CNPq. Manaus, 2003.

De PAULA, F.C.F. **Geoquímica de Sedimentos do Rio Madeira (RO) e Alguns Afluentes da Margem Direita**. 1990. Dissertação (Mestrado em Geoquímica). Instituto de Química da Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ.

DREVER, J.I. **The Geochemistry of Natural Waters Surface and Groudwater Environments**. Prentice Hall. 460p. 1997.

ESTEVEES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, FINEP. 1988.

FITTKAU, E. J. Remarks on limnology of Central-Amazon rain-forest streams. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** 1964. vol. 15, p. 1092-1096.

FÖRSTNER, U.; Wittmann, G.T.W. **Metal Pollution in the Aquatic Environmente-Springer-Verlag**, 1983. p.486.

GOULDING, M.; BARTHEM, R.; FERREIRA, E. **The Smithsonian Atlas of the Amazon**. Smithsonian Books, Washington e Londres. 2003.

GOLTERMAN, H.L. et al. **Methods for Physical and chemical analysis of fresh water**. Blackwell Scientific Publications, 1978. p.325.

GOTELLI, N.J.; ELLISON, A.M. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre: Artmed. 2011.

GOMES, N.B. **Estrutura da Comunidade de Algas Perifíticas no Igarapé Água Boa e no Rio Cauamé, Município de Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil, ao Longo de um Ciclo Sazonal**. 2000. 200p. Tese (Doutorado em Biologia Tropical e Recursos Naturais). INPA/Universidade Federal do Amazonas. Manaus,

HORBE, M.A.C. et al. Contribuição à Caracterização da Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Rio Tarumã-Am. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 2002.

HORBE, M.A.C.; QUEIROZ, M.M. A.; MOURA, C.A.V. Geoquímica da águas do médio e baixo rio Madeira e seus principais tributários-Amazonas-Brasil. **Acta Amazonica**, 2013. v.43, n.4, p.489-504.

JUNK, W.J. Recursos hídricos da região amazônica: utilização e preservação. **Acta Amazonica**, 1983. V. 9, p. 37-51.

KLINGE, H.; OHLE, W. Chemical properties of rivers in the Amazonian area in relation to soil conditions. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, 1964. v.15. p.1067-1076,

LANDIM, P.M.B. et al. Minerais Pesados provenientes do leito do rio Amazonas. **Acta Amazonica**, 1983. v. 9 (3). P.120-130.

LEENHER, J. A.; SANTOS, U.M. Considerações sobre os processos de sedimentação na água preta ácida do rio Negro (Amazônia Central). **Acta Amazonica**, 1981. v. 10 (2). p. 343-355.

LEENHER, J. A. Origin and Nature of Humic Substances in the Waters of the Amazon River Basin. **Acta Amazonica**, 1980. v. 10(3), p. 513-526.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.E; TALLING, J.F. **Water Analysis: Some revised methods for Limnologists**. Cumbria: Freshwater Biological Association, 1978 (36).

NEIVA, M.; CUNHA, H.B. Estudo de comparação química das precipitação sobre a região de Manaus. 9º Jornada Iniciação PIBIC, INPA/CNPq, Manaus/AM, 2000. p. 340-343.

OTCA/PNUMA/OEA. Gerenciamento Integrado e Sustentável dos Recursos Hídricos Transfronteiriços na Bacia do Rio Amazonas. **Visão Estratégica para o Planejamento e Gerenciamento dos Recursos Hídricos e do solo, frente às mudanças climáticas e para o desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica do rio Amazonas**. Relatório Final. ANA. Agência Nacional da Água. Cons. GONÇALVES, U.C.2006.

PETTINE, M. et al. Soluble and Particulate Metals in the Po River: Factors Affecting Concentrations and Partitioning. **Science of the Total Environment**, 1994. v.145, p.243-265.

PINTO, A.G.N. et al. Comportamento Geoquímico do Cu, Cd, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn nos sedimentos de fundo do rio Negro, orla de Manaus/AM. **Contribuição da Geologia da Amazônia**, vo.5. 2007.

NASCIMENTO, D.A.; MAURO, C.A.; GARCIA, M.G.L. Geomorfologia da Folha SA.21-Santarém. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto Radambrasil. Folha SA.22-Santarém. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro: MME/DNPM, 1976. v. 10, cap. 2, p. 131-98.

SANTOS, U.M. et al. Rios da Bacia Amazônica I. Afluentes do rio Negro. **Acta Amazônica**, 1986. v. 3(2), p.199-207.

STALLARD, R.F.; EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon basin: 2. The influence of the geology and weathering environment on the dissolved load. **J. Geophys. Res.**, Washington , 1983. v. 88, p. 9671– 9688.

SCHIMITD, G.W. Chemical properties of some water in the tropical rainforest region of central Amazônia along the new road Manaus – Caracaraí. **Amazoniana**, 1972. v. 3(2), p.199-207.

SILVA, C.L. **Análise da Tectônica Cenozóica da Região de Manaus e Adjacências**. 2005. p. 309. Tese Doutorado. UNESP. Rio Claro – SP.

SILVA, M.S.R.; RAMOS, J.F.;PINTO, A . G.N. 1999. Metais em Sedimentos de Igarapés de Manaus-AM. **Acta Limnológica Brasiliensia**, vol. 1(2) 89-100.

SILVA. M.L.; SILVA, M.S.R. Hidrogeoquímica Das Águas Subterrâneas Da Cidade de Iranduba (AM), Brasil. **Caminhos de Geografia** - revista on line . Uberlândia, 2007. v. 8, n. 22, p. 87 - 96. <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>

SIOLI, H. **Introduction: history of discovery of the Amazon and of the research of Amazonian waters and landscapes.** In: SIOLI, H., Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. The Hague, Dr. W. Junk. p. 1-13. 1984.

SIOLI, H. Hydrochemistry and geology in the Brazilian Amazon Region. **Amazoniana**, 1968. v.3, p.267-277.

_____. KLINGE, H. Solos, tipos de Vegetação e Águas na Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi**. 1962. Vol.1, p. 27-41.

SIOLI, H. As águas do Alto Rio Negro. **Boletim Técnico Instituto Agronomico do Norte**. 1956. v. 32, p. 117-155.

_____. Alguns Resultados e Problemas da Limnologia Amazônia. **Boletim Técnico Instituto Agronomico do Norte**, 1951. v. 24.

_____. Das Wasser in Amazonasgebiet. **Fosch. Fortschr**, 1950. v. 26 (21/22), p. 274-280.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, R. A Practical Handbook of Seawater analyses. **Fish. Res. Board Canada Bull.**, 1969. 167:311.

UNGEMACH, H. Sobre o Balanço Metabólico de Íons Inorgânicos da Área do Sistema do Rio Negro. **Atlas do Simpósio sobre a Biota Amazônica**, 1967. v. 3. p. 221-226.

VALDERRAMA, J. G. The simularions analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. **Mar. Chem**, 1981. v.10, p.109-122.

BACIA HIDROGRÁFICA DO AMAZONAS: UMA ESTRATÉGIA PARA GERENCIAMENTO DESTES RECURSOS

RESUMO

Com objetivo de avaliar as características das águas dos tributários da margem esquerda e direita do rio Amazonas, comparar algumas variáveis ambientais aos padrões definidos na Resolução CONAMA (357/2005) e estabelecer padrões que servirão de base para a classificação dos recursos hídricos em função de seus usos preponderantes, foram realizadas 289 coletas, sendo 100 ao longo do rio Amazonas e 189 em seus tributários, durante o período de março de 2009 a agosto de 2012 e analisadas algumas variáveis citadas na Resolução CONAMA nº 357/2005. Nas análises foram usadas as técnicas de potenciometria, condutometria, turbidimetria, espectrofotometria do visível, absorção atômica e ICP. Os dados foram agrupados com o auxílio do programa R e avaliada as diferenças nos tipos de águas nos rios da Amazônia e estabelecer os limites naturais das variáveis. Foi possível classificar em três tipos os rios da Amazônia: a) rio Amazonas e tributários da margem direita, de origem Andina e Sub-Andina, com águas de pouco ácida a neutra, ligeiramente alcalina, pH na faixa de 6,5 a 7,6 e condutividade de 40- 80 $\mu\text{S}/\text{cm}$; b) os tributários da margem esquerda do rio Amazonas, que tem origem nos Escudos das Guianas, as águas são ácidas (pH de 4,6 a 6,5) com baixa condutividade $<40,0 \mu\text{S}/\text{cm}$ e c) As Intermediárias, tributários da margem direita do baixo Amazonas (que tem suas origens no Escudo Brasileiro – ex: rios Tapajós e Xingu.) e rios que sofrem influência de outros grandes rios, as águas são aeradas, tem baixa carga iônica e apresenta pH de ligeiramente ácido a neutro 6,0-7,2.

Palavras-chave: Bacia Amazônica, tipologia dos rios da Amazônia e gestão dos rios da Amazônia

ABSTRACT

Aiming to assess the characteristics of the Amazon River left and right bank tributaries waters, we sought for some environmental variables to be compared to the standard ones set by CONAMA Resolution N° 357/2005) and determine those that would serve as the basis for the classification of water resources according to their preponderant uses. Sixty-three (63) collections were undertaken on 22 collecting sites set along the Amazon River and 41 of its tributaries, from March 2009 to August 2012. Potentiometry, conductometry, turbidity, visible spectrophotometry, atomic absorption

and ICP were used in the analysis techniques. Data was grouped with the aid of the R program. The assessed Amazonian rivers water type differences, and established natural limits of their variables have enabled us to classify three types of Amazonian watercourses: a) The Amazon River and its right bank tributaries from Andean and Sub-Andean origin presenting from slightly acidic to neutral, lightly alkaline waters, pH ranging from 6.5 to 7.6 and conductivity 40-80 $\mu\text{S} / \text{cm}$, b) the left bank tributaries of the Amazon River, originating from the Guiana and Central Brazilian shields, presenting acidic waters (pH 4.6 - 6.5) with low conductivity $<40.0 \text{ mS} / \text{cm}$ and c) the intermediaries, Lower Amazon River right bank tributaries originating from the Brazilian Highlands, (Tapajós and Xingu), and rivers that are influenced by other large rivers, presenting waters that are aerated, with low ionic load and pH ranging from 6.0-7.2 slightly acidic to neutral.

Keywords: Amazon Basin; typology of rivers of the Amazon and the Amazon river management.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui situação privilegiada em relação à sua disponibilidade hídrica, porém, cerca de 70% da água doce do país encontra-se na região amazônica, que é habitada por menos de 5% da população. A idéia de abundância serviu durante muito tempo como suporte à cultura do desperdício da água disponível, à sua pouca valorização como recurso e ao adiamento dos investimentos necessários à otimização de seu uso (Setti *et al.*, 2000).

A Lei Federal nº 9.433, trata da organização, em âmbito Nacional, o setor de planejamento e gestão de recursos hídricos. No seu Art. 2º, reforça a preservação dos recursos hídricos visando prevenir e defender contra eventos hidrológicos críticos de qualquer origem, ou seja natural ou provocado pelo homem (Brasil, 1977). Nesta Lei consta também o enquadramento dos rios, segundo os usos preponderantes como instrumento de gestão dos recursos hídricos, um requisito fundamental para reduzir a degradação ambiental. Além de possibilitar e compatibilizar os usos múltiplos dos recursos hídricos superficiais, de acordo com a qualidade ambiental pretendida para os mesmos, com o desenvolvimento econômico, também em auxiliar no planejamento ambiental de bacias hidrográficas e no uso sustentável dos recursos naturais (Brasil, 1977). Para isto devemos conhecer o funcionamento das grandes bacias, o uso e qualidade de suas águas, assim como, o processo de manejo e gerenciamento ambiental, para buscar a sustentabilidade sócio ambiental (Gomes, 2011).

A existência de conflitos relacionados ao uso dos recursos hídricos está na origem da criação das primeiras entidades gestoras de bacias hidrográficas (Kettelhut *et al.*, 1998) e o modelo francês foi a fonte de inspiração da maioria dos projetos propostos no gerenciamento de recursos hídricos no Brasil (Lanna, 1995).

A implantação de comitês no âmbito Federal demonstra um avanço no controle do uso da água. Entretanto são inúmeras as dificuldades enfrentadas na implementação destes comitês. Podemos citar como exemplo a demora na regulamentação da Lei, a morosidade do processo que está relacionada à necessidade de ruptura de padrões culturais e sociais arcaicos, à exigência de um maior envolvimento da sociedade, entre outras (Kettelhut *et al.*, 1998).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005) foram importados de países desenvolvidos ou agências internacionais e sua aplicabilidade à realidade brasileira já está sendo questionada devido às diferenças climáticas e geológicas (Umbuzeiro, 2010).

Nos países como Estados Unidos (1991), Canadá (2007), Austrália (2004) e outros países europeus elaboraram os padrões com base em estudos próprios, diferentemente no Brasil, que ainda não existem normas nacionais que estabeleçam separadamente padrões de qualidade para proteção da vida aquática, irrigação ou dessedentação de animais para água de superfícies (Umbuzeiro, 2010).

A partir de 1979, foram criados diversos comitês de bacias hidrográficas brasileiras: Paraíba do Sul, Alto Paraguai-Pantanal e Piranhas-Açu. Destacam-se os comitês dos rios Paraíba do Sul, São Francisco, Doce, Grande, Mogi-Guaçu e Paranapanema (ANA, 2011). Na Amazônia, embora tenha sido formado o primeiro comitê de bacia da região Norte (Tarumã), devido à demora no atendimento à lei, por um bom tempo a Resolução CONAMA nº 357/2005, será utilizada tomando como ponto de partida o Art. 42, válida para todo o território Nacional, já que as peculiaridades da região acrescentam outros problemas (além dos institucionais mencionados acima), que vão dificultar o enquadramento de nossas águas em classes (Brasil, 2005).

Na Amazônia, por exemplo, a navegação em regiões é o principal meio de transporte, com tendência no futuro de intensificação (Cunha, 2012). Outro desafio é a expansão urbana, associada aos desmatamentos e à ocupação não planejada do solo. As cidades situadas nas margens dos rios, sem a infraestrutura de saneamento básico, é um outro problema, devido às entradas dos despejos dos efluentes diretamente ou indiretamente através de pequenos igarapés que deságuam nos grandes rios e mesmo onde os impactos provenientes das entradas antrópicas não tem sido significativo devido o grande volume de água e a diluição da quantidade de esgotos que entra, no entanto, estas cidades tendem a crescer e paralelamente crescerá também o volume de esgoto lançado (Cunha, 2012).

A bacia Amazônica destaca-se pelos inúmeros rios, lagos e igarapés, que possuem características físicas e químicas das águas distintas e fortemente relacionadas

à geologia, à geomorfologia, vegetação e clima (Sioli, 1950, 1951; Gibs, 1967; Rebouças, 1999). Assim, com a influência dos diferentes tipos de rochas, associadas com as diferentes zonas morfoestruturais e ao transporte do material dissolvido e particulado pelos rios e à composição litológica do substrato da bacia (Gibbs, 1967; Starllad e Edmond, 1983).

As características físicas e químicas são diferenciadas das outras regiões do país, devido à forte relação com os fatores ambientais, assim como o relevo, pedologia, solo, clima da região, vegetação e biodiversidade dos organismos (Sioli, 1950; 1968, 1984; Fittkau *et al.*, 1964; Gibbs, 1967; Stallard e Edmond, 1983 e Rosales, 2002). As águas variando de ácidas (pH variando de 3,5 a 6,5) à alcalina (6,5-8,0) e são baixos os teores de oxigênio dissolvido, em muitas amostragens encontram-se abaixo de 5,0 mg/L (Gaillardet, 1997; Hibam, 1998, Bernardi *et al.*, 2009; Maia, 2009 e Queiroz *et al.*, 2009).

Os trabalhos de (Sioli, 1950; Fittkau *et al.*, 1964; Gibs, 1967; Stallard e Edmond, 1983) contribuíram na classificação e divisão dos tipos de água em escala regional na Amazônia, mesmo assim, os ambientes não apresentam uma homogeneidade, pois as regiões são bastante diferenciadas, exigindo abordagens de gestão mais direcionada.

As diferentes tipologias das águas nos rios da Amazônia, iniciou com Sioli (1951) que classificou em três tipos, “**águas-brancas**”, de origem Andina e Sub-Andina, pH de 6,2-7,2, águas turvas e com concentrações elevadas de eletrólitos; “**águas-claras**”, que percorrem terrenos pré-cambrianos dos escudos das Guianas e do Brasil Central, são transparentes, pH variando de 4,5 a menor que 7,0 e “**águas-pretas**”, são ácidas (pH 3,8 - 4,9), de cor marron-oliva e baixas concentrações de eletrólitos; quanto à geoquímica, Gibbs (1967) comparou o rio de água branca como águas sulfatadas e Stallard e Edmond (1983) em quatro tipos de acordo com a carga total de cátions (TZ⁺): os rios com carga (TZ⁺ de 0 e 200 µeq/L), que drenam terrenos intemperizados (sedimentos Terciários); os rios com carga (TZ⁺ entre 200 e 450 µeq/L), que drenam terrenos silicosos; os rios com carga (TZ⁺ entre 440 e 3.000 µeq/L), com altas concentrações de cátions e os rios com carga (TZ⁺ > 3000 µeq/L) drenam evaporitos massivos e De Paula (1990) que classificou os tipos de água em: **água-brancas**, as que apresentam maiores concentração de metais alcalinos e alcalinos terrosos; **água-pretas**, com maiores conteúdos de matéria orgânica e menores

concentrações de ferro e manganês e **água-claras**, as que apresentam menores concentrações de ferro e manganês e de alcalinos entre outros autores.

As águas da Amazônia foram objetos de estudo de inúmeros pesquisadores, devido à abrangência de sua malha hídrica, características limnológicas, geoquímicas, químicas, bem como comportamentos de elementos de interesse para a geoquímica ambiental foram observados por Gibbs (1967, 1972), Schmidt (1972), Santos (1985), Santos *et al.* (1986), Mera (1995), Silva *et al.*, 1999, Cunha e Pascoaloto (2006), Pinto (2007), Horbe e Oliveira (2008), Gomes (2009), entre outros. Apesar dos estudos já realizados nas águas dos rios da Amazônia, ainda existem escassez de publicações científicas sobre a qualidade ambiental das águas e seus usos preponderantes.

De que forma monitorar ou avaliar impactos nos rios da Amazônia, se a Resolução CONAMA nº 357/2005 não seria eficiente no sentido de defender os níveis de qualidades dos rios da região, ainda que privilegie as condições naturais? Existem situações nestas águas, onde a condição natural de algumas variáveis, podem até ajudar a mascarar entradas de poluentes. Dentre as variáveis que trariam dificuldades em ajudar na gestão destes ambientes, podemos citar o OD observado por inúmeros autores (Casagrande *et al.*, 2006 - no rio Amazonas; Rios-Villamizar, 2011- no rio Purus; Aprile *et al.*, 2009 - no rio Negro) concentrações menores que 5 mg/L. O pH nas águas de muitos rios são ácidas com pH menor que 5 citados por inúmeros autores em publicações (Belger e Forsberg, 2006; Cunha e Pascoaloto, 2009) e de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, para classe 2, faixa varia de pH de 6-9 (Brasil, 2005), entre outras variáveis. Existem lançamentos de cargas poluidoras que promovem a diminuição do oxigênio e outras variáveis que podem provocar a diminuição do pH, dificultando portanto, atribuir a estas cargas a condição de baixo oxigênio ou baixo pH, já que esta condição pode naturalmente ser encontrada nestas águas.

Como a região amazônica não apresenta um padrão homogêneo na composição das suas águas dificultando a classificação e o enquadramento dos rios na Amazônia não é tão simples. Neste contexto, se faz necessário caracterizar as águas dos rios quanto aos aspectos físico e químicos e biológicos, identificar os limite e elaborar padrões regionais, que possam ser utilizados em sistema de gestão na região.

O capítulo tem como objetivo identificar as características das águas naturais dos rios da Amazônia/Brasil quanto aos aspectos físicos e químicos, comparando

algumas variáveis ambientais aos padrões definidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 e estabelecer faixas limites que servirão como subsídios para o controle e preservação dos recursos hídricos em função de seus usos preponderantes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização da Área de Estudo

O trabalho foi realizado na bacia hidrográfica do rio Amazonas, situada entre 5° de latitude Norte e 20° de latitude Sul (Cunha e Pascoaloto, 2009).

As coletas foram realizadas no rio Amazonas e tributários, para sua realização recebeu o apoio dos projetos financiados pelo MCT/CNPq/CT-AM nº 055/2008, ADAPTA/INPA, FRONTEIRA/CNPq.

Foram realizadas 289 amostras, sendo 100 coletas ao longo do rio Amazonas em 189 tributários no período de março de 2009 a agosto de 2012, envolvendo o ciclo hidrológico (período chuvoso e de estiagem). O mapa de localização encontra-se na Figura 4.1 e os locais de coleta e sua localização geográfica estão relacionados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1- Localização das estações de coletas no rio Amazonas e tributários.

SIGLA	Local/Município	Latitude	Longitude
RS_TBT	Rio Amazonas , Tabatinga/AM	S 04° 25'51.2"	W 69° 09'55.4"
RJAV_AN	Rio Javari, Atalaia do Norte/AM	S 04° 22'22.7"	W 70° 11'32.6"
RS_AMAT	Rio Amazonas, Amaturá/AM	S 03° 12'58.8"	W 68° 07'12.5"
RIÇA	Rio Içá, S. Antônio do Içá/AM	S 03° 21'38.0"	W 68° 12'00.8"
RS_S.A.IÇA	Rio Amazonas, S. Antônio do Içá/AM	S 03° 21'38.0"	W 68° 12'00.8"
RS_TONANT	Rio Amazonas, Tonantins/AM	S 03° 05'03.7"	W 68° 02'17.4"
RJAPURA	Rio Japurá (15 m foz), Japurá /AM	S 01° 44'59.3"	W 67° 34'26.5"
RS_JUTAI	Rio Amazonas, montante do Rio Jutai/AM	S 03° 30'23.4"	W 67° 20'07.0"
RBOIA	Rio Bóia, afluyente do rio Jutai/AM	S 03° 59'29.5"	W 67° 50'29.7"
RS_JURUA	Rio Amazonas, montante do Rio Juruá/AM	S 02°44'59.1"	W 65° 48'36.1"
RS_FBOA	Rio Amazonas, Fonte Boa/AM	S 02° 30'52.7"	W 66° 05'34.2"
RMAD_ALT1	Rio Madeira, montante Altazes, Altazes/AM	S 03° 41' 08.7"	W 59° 05' 28.6"
RMAD_HUM1	R. Madeira, montante Humaitá/RO	S 07° 29' 11.2"	W 63° 01' 06.2"
RMAS_PV1	R. Madeira, montante Porto Velho/RO	S 08° 47' 05.3"	W 63° 55'19.5"
RN_MAO	R. Negro, Manaus/AM	S 03° 03'06.0"	W 60° 14'56.5"
RPUR_LAB1	R. Purus, montante Lábrea /AM	S 01° 53'16.5"	W 59° 27'07.7"
RPURU1	R. Purus, montante Beruri/AM	S 03° 55'29.7"	W 61° 25'41.0"
RS_ANAMA	Rio Solimões, Anamá/AM	S 03° 35'53.6"	W 61° 22'58.4"
RS_COARI	Rio Amazonas, montante Coari/AM	S 04° 01'07.0"	W 63° 09'32.9"
R_COARI	Rio Coari, Coari/AM	S 02° 41'53.3"	W 59° 42'39.5"
RS_COD1	Rio Amazonas, montante Codajás/AM	S 03° 50'25.3"	W 62° 05'21.5"
RCUPARI	Rio Cupari/PA	S 03° 23'10.9"	W 67° 38'54.0"
RS_IRAND1	Rio Solimões, montante Iranduba/AM	S 03° 17'11.6"	W 60° 12'24.6"
R_ARIAÚ	Rio Ariaú, Iranduba/AM	S 03° 08'01.0"	W 60° 21'59.3"
RS_ITAC1	Rio Solimões, montante Itacoatiara/AM	S 03° 08'15.8"	W 58° 28'22.6"
RS_MACH	Rio Solimões, Machantaria/AM	S 03° 13'17.8"	W 59° 53'42.8"
RS_MANAC1	Rio Amazonas, montante Macapuru	S 03° 18'56.3"	W 60° 36'42.3"
RS_MAO	Rio Solimões, Manaus/AM	S 03° 17'06.1"	W 60° 01'27.3"
RPURUS_BER	Rio Purus, Beruri/AM	S 03° 55'29.7"	W 61° 25'41.0"
RS_TEFE	Rio Amazonas, montante do rio Tefé/AM	S 03° 01'08.49"	W 64° 40'58.5"
R_TARAUACÁ	Rio Tarauacá/AC	S 02° 41'53.3"	W 59° 42'39.5"
RTEFE	R. Tefé, Tefé/AM	S 03° 19'59.6"	W 64° 43'33.2"
RAM_PARINT1	R. Solimões, montante Parintins /AM	S 02° 35'909"	W 56° 47' 392"
RAM_OBID1	Rio Solimões, montante Óbido/PA	S 01° 54'60.3"	W 55° 32'13.3"
RAM_SANT1	Rio Solimões, montante Santarém	S 02° 37'06.07"	W 54° 07'06.06"
RNHAMI	Rio Nhamundá, montante Nhamundá	S 02° 9'07.07"	W 56° 46'42.3"
RUATUMA	Rio Uatumã, Presidente Figueiredo-AM	S 01° 53'16.5"	W 59° 27'07.07"
RPE	Rio Preto da Eva-AM	S 02° 69'09.46"	W 59° 07'58.2"
RURUBU	Rio Urubu, Presidente Figueiredo-AM	S 03° 02'35.8"	W 58° 34'54.3"
RARAPIUNS	Rio Arapiuns/ PA	S 02 34'24.7"	W 55 11'41.5"
RCURUA-UN A	Rio Curua-Una /PA	S 02 65'58.0"	W 54 19'08.29"
RTAP_SANT2	Rio Tapajós, jusante de Santarém/PA	S 02 40'06.38"	W 54 7'42.30"
RTROMB1	Rio Trombetas, montante Oriximinã/PA	S 01 44'55.5"	W 55 53'08.90"
RXING1	Rio Xingu , montante de Altamira/PA	S 03 14'09.00"	W 52 12'.168"

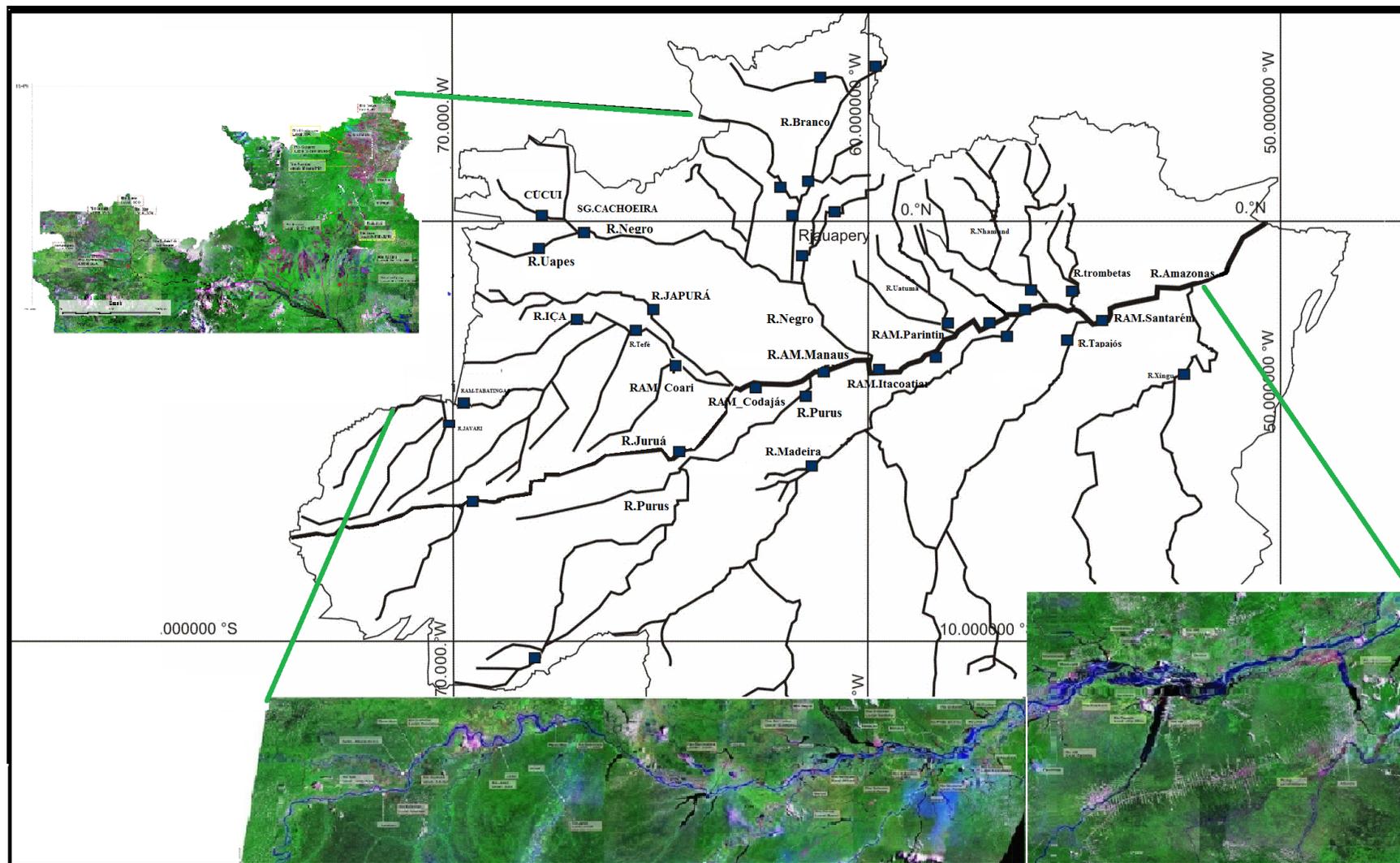


Figura 4.1. Localização das estações de coletas bacia hidrográfica do rio Amazonas, período de 2009 a 2012 (Fonte: Adaptado da Imagem Landsat, INPE, 2008).

2.2 Análises Física e Química das Águas

As amostras foram coletadas na subsuperfície, com auxílio de uma garrafa Van Dorn com capacidade de 2,5 litros.

Foram determinadas as variáveis ambientais: pH, condutividade elétrica (C.E.), turbidez, cor, material em suspensão (STD), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica do oxigênio (DBO), nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), nitrato (NO_3^-), íon amônio (NH_4^+), fe-dissolvido, alumínio (Al), bário (Ba), berílio (Be), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), lítio (Li), manganês (Mn), níquel (Ni), prata (Ag), vanádio (V), zinco (Zn) e 54 orgânicos citados na Resolução CONAMA nº 357/2005 (Anexo 2).

O potencial hidrogeniônico (pH), e condutividade elétrica (C.E.) foram medidos no mesmo local da coleta, na subsuperfície da água, utilizando instrumento portátil ambos da marca DIGIMED, pH-metro de modelo DM-2P e condutivímetro modelo DM-3P. A condutividade da água em condições naturais é expressa em $\mu\text{s}/\text{cm}$, que é numericamente igual a $\mu\text{mho}/\text{cm}$.

A turbidez foi medida em turbidímetro da marca AIFAKIT e os valores expressos em unidades nefelométricas de turbidez (UNT). A cor foi determinada por espectrofotometria, no equipamento marca FEMTO modelo 700 plus, usando como padrão uma solução de platina-cobalto, uma unidade de cor corresponde 1 mg L^{-1} de platina (Pt), as leituras feitas com amostras filtradas, usando filtro de fibra de vidro com $1,2 \mu\text{m}$ de porosidade, marca Whatman GF/C, leitura efetuada em 450 nm e os valores expressos em mg Pt/L.

O material em suspensão foi feito por gravimetria a partir do peso seco do material retido em filtro, amostra filtrada (volume de 200-500 mL) em filtro de fibra de vidro ($0,7 \mu\text{m}$ de poro) Whatman (GF/F), previamente pesados, e seco em estufa a 105°C , os valores expresso em mg/L.

O OD foi determinado por dois métodos, no local de coleta medido com auxílio de um oxímetro de marca DIGIMED e pelo método de Winkler modificado, amostras coletadas em garrafa Van Dorn e acondicionadas em frasco de Winkler, fixadas com azida e sulfato manganoso e, em seguida, tituladas com tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) segundo (Golterman e Clymo, 1971 e APHA, 2005).

Na DBO₅ foi utilizado o método descrito em Golterman *et al.* (1978) e em APHA (2005), sendo de 5 (cinco) dias o período de incubação (DBO₅), no escuro e à temperatura ambiente (25 °C). No método do DBO₅, são utilizados os valores do OD determinados nas amostras antes e depois da incubação no escuro, a 20° C por cinco dias. Para as determinações de fluoreto e de sulfeto foi utilizado eletrodo de íon seletivo, marca METROMHM, 781.

Para as determinações do NT e do PT, as amostras inicialmente foram submetidas a digestão em autoclave a 110-115 °C por 30 minutos, com persulfato de potássio e determinadas por espectrofotometria segundo (Valderrama, 1981 e Golterman, 1978) e adaptadas para região.

O NH₄⁺ foi determinado por espectrofotometria e com ajuda do FIA (APHA, 2005) e o NO₃⁻ pelo método da redução de nitrato a nitrito através da coluna com cádmio coporizado, com leituras realizadas em espectrofotometria, a 535 nm empregando reação de Griess modificada (Marckereth *et al.*, 1978 e APHA, 2005).

O ferro dissolvido e o ferro total foram determinados pelo método da fenatrolina, que baseia-se na reação entre íons ferrosos com 1,10 – fenantrolina, formando um complexo vermelho alaranjado cuja absorção ótica a 512 nm (APHA, 2005). A sílica foi determinada por espectrofotometria (APHA, 2005 e Golterman e Clymo, 1971).

Para as concentrações dos íons maiores (cloreto (Cl), sulfato (SO₄⁻²), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), sódio (Na⁺), potássio (K⁺) e fosfato (PO₄⁻), as amostras foram filtradas e fixadas com timol no momento da coleta e determinadas por cromatografia líquida em um equipamento da marca DIONEX, modelo ICS1000. Para o método de detecção de ânions foi empregada uma solução eluente composta de carbonato de sódio (11 mM) e bicarbonato de sódio (7 mM). Para o método de detecção de cátions foi utilizada uma solução eluente de ácido metanosulfônico a uma concentração de 20 mM. As análises foram tratadas com o auxílio do software Peaknet 6.7 e os resultados foram obtidos através de uma curva de calibração com padrões externos. O controle de qualidade da quantificação dos resultados foi feito com o uso da amostra certificada Tróis-94.

Para as análises orgânicas foram selecionados 06 (seis) rios: 02 de água branca, Solimões e Madeira, 02 de águas preta, Negro e Uatumã e 02 água clara, Tapajós e

Xingu. Foram determinados os 54 parâmetros citados na Resolução CONAMA nº 357/2005.

O bicarbonato (HCO_3^-) foi determinado por titulação potenciométrica em amostras não filtradas. As técnicas de análises encontram-se descritas em APHA (1985) e Golterman e Clymo (1971).

As amostras para as determinações de alumínio (Al), bário (Ba), berílio (Be), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), lítio (Li), manganês (Mn), níquel (Ni), prata (Ag), vanádio (V) e zinco (Zn), citados na Resolução CONAMA nº 357/2005. Foram separadas em dois frascos de polietileno com capacidade para 100 ml, uma amostra não filtrada e outra filtrada, ambas fixadas com 2% de HNO_3 p.a. concentrado 1% e determinado por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP), espectrometria de absorção atômica (EAA). Alumínio total por Espectrometria de EAA* - APHA 3120 B.

As análises orgânicas foram determinadas nos laboratórios HEVIAN-SP e TASQA-SP. As amostras foram coletadas e acondicionadas em frasco âmbar de um litro, refrigeradas a 4 °C, e determinadas por CG/MS – Cromatografia Gasosa com detecção por espectrometria de massas; LC/MS – Cromatografia Líquida com detecção por espectrometria de massas; HPLC – Cromatografia líquida de alta performance. Utilizando os métodos: Compostos voláteis – USEPA 8260 – Determinação de compostos voláteis por CG/MS; Compostos semivoláteis – USEPA 8270 - Determinação de compostos voláteis por CG/MS; Tributilestanho – USEPA 8323 – Determinação de Tributilestanho por LC/MS; Glifosato e AMPA – Determinação de glicinas por HPLC com detecção por fluorescência; Acrilamida – USEPA 8316 – Determinação de Acrilamida por LC/MS (APHA-AWWA-WEF, 2005).

A determinação da acrilamida foi feita segundo o método EPA 8316; para fênois totais pelo método SM 5530 C; o etilbenzeno pelo método EPA 8260 B; os orgânicos diclorometano, estireno, tetracloreto de carbono, tricloroeteno, tolueno, 1,1-dicloroeteno, 1,2-dicloroetano, triclorobenzeno (1, 2, 3-TCB + 1,2,4-TCB) foram determinados pelo método EPA 8260; os demais parâmetros aldrin + dieldrin, - 2-clorofenol, 2,4,5-T, 2,4,5-TP, 2,4,6-triclorofenol, 2,4-diclorofenol, alacloro, aldrin, atrazina, benidina, benzo (a) antraceno, benzo (a) pireno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, bezeno, carbaril, clordano (cis+trans), criseno, 2,4-D, DDT (p,p'-DDT +

p,p'-DDE + p,p'-DDD), demeton (demeton-O + demeton-S), dibenzo (a,h) antraceno, dodecacloropentaciclodecano, endossulfan (α + β + sulfato), endrin, fenóis totais, glifosato, gution, heptacloroepóxido + heptacloro, hexaclorobenzeno, indeno(1, 2, 3-cd) pireno, lindano (γ - HCH), malation, metolacloro, metoxicloro, paration, PCBs - bifenilaspolicloradas, pentaclorofenol, simazina, substâncias tensoativas, toxafeno, tributilestanho, trifluralina e xileno pelo método EPA 8270. CG/MS – Cromatografia Gasosa com detecção por espectrometria de massas; LC/MS – Cromatografia Líquida com detecção por espectrometria de massas; HPLC – Cromatografia líquida alta performance (APHA, 2005).

2.3 Análises Estatísticas

As estatísticas não paramétricas têm base na análise de dados ranqueados, e não assumem uma distribuição paramétrica específica, no entanto, requerem amostras independentes (teoricamente) e aleatórias. Segundo Gotelli e Ellison (2011), alguns aspectos podem ser considerados como desvantagem na aplicação destes métodos não paramétricos, principalmente porque o uso de dados ranqueados anula informações que estão presentes nas observações originais, assim uma análise de Monte Carlo (outra modalidade de análise não paramétrica) a partir dos dados brutos é mais informativa e, com frequência mais poderosa que as análises que empregam o ranqueamento dos dados. Uma análise de Monte Carlo em associação com análise de regressão ou correlação consiste na geração de conjuntos aleatorizados a partir da variável dependente. O processo de aleatorização efetivamente quebra qualquer covariância entre as variáveis, e representa a hipótese nula de que a variável preditora tem efeito algum sobre a variável dependente. Para cada conjunto é recalculado o coeficiente de correlação produto-momento de Pearson e a probabilidade estimada para o p-valor corresponde a razão entre o número de vezes em que o coeficiente de correlação excedeu o valor observado e o número de conjuntos aleatorizados. Os procedimentos estatísticos e o processamento dos dados foram implementados usando o programa R (R Development Core Team, 2011).

Para estabelecer limites naturais de cada variável analisada, visando definir padrões regionais, os resultados das análises físicas e químicas dos locais amostrados

nos diferentes rios, foram avaliados com ajuda da estatística descritiva segundo Gotelli e Ellison (2011), utilizando a mediana e os quartis (decil), onde escrevem melhor a posição e dispersão, quando os dados apresentam uma distribuição indefinida, isto é, quando se distribuem de forma atípica aos padrões de distribuição de probabilidade, ou mesmo, quando existem valores discrepantes e com ajuda do gráfico stripchart, foi construído quartis que contribui fornecendo várias informações, incluindo a existência de valores extremos e indicando também a média de cada variável e comparando por região.

Para classificar os tipos de águas dos rios da Amazônia, os resultados obtidos foram submetidos a vários testes estatísticos a fim de verificar diferenças entre as regiões na bacia, marcados pelos diferentes tipos de água representados nos locais amostrados e analisados. Foi utilizada a estatística descritiva do programa Statística 6.1, para verificar a relação entre locais de coletas e análises (física e química), com ajuda da análise de Agrupamento (AHC).

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultados das 54 substâncias orgânicas analisadas nos rios da Amazônia, variáveis citadas na Resolução CONAMA nº 357/2005 (classe 1 e 2), mostraram valores dentro dos padrões e abaixo dos limites estabelecidos na mesma (Tabela 4.2).

Os resultados das análises químicas para estas substâncias, mesmo confirmados por laboratórios diferentes (HEVIAN-SP e TASQA-SP), no futuro devem ser vistos com certa cautela. Assim como a avaliação de novas substâncias orgânicas, ou mesmo metodologia aplicada para determinar substâncias orgânicas nas águas dos rios da Amazônia se faz necessário, investigações com melhores embasamentos para estabelecer padrões e faixas a serem observados.

Tabela 4.2. Resultados das análises orgânicas e valores estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005.

VARIÁVEIS	CONAMA 357/2005	ÁGUAS DA AMAZÔNIAS
Acrilamida	0,5 µg /L	<0,5
Alactor	20 µg /L	<0,5
Aldrin	0,005 µg /L	<0,5
Atrazina	2 µg /L	<0,5
Benzeno	0,005 µg /L	<0,002
Benzidina	0,001 µg /L	<0,001
Benzo(a)	0,05 µg /L	<0,001
Benzo(b)	0,05 µg /L	<0,001
Benzo(K)	0,05 µg /L	<0,001
Carbaril	0,02] µg /L	<0,02
Clordano	0,04 µg /L	<0,001
Clorofenol	0,1 µg /L	<0,05
Criseno	00,5 µg /L	<0,01
Demeton	0,1 µg /L	<0,02
Dibenzo(a,h)	0,05 µg /L	<0,01
Diclorometano	0,01 µg /L	<0,02
DDT(p.p-DDT+p.p.-DDD)	0,002 µg /L	<0,002
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg /L	<0,001
Endossulfan (a+b+sulfato)	0,056 µg /L	<0,01
Endri	0,004 µg /L	<0,004
Estireno	0,02 µg /L	<0,002
Etilbenzeno	90,0 µg /L	<2,0
Fenóis Totais	0,003 µg /L	<0,001
Glifosato	65 µg /L	<50
Gution	0,005 µg /L	<0,01
Heptacloro Epóxido + Heptacloro	0,01 µg /L	<0,01
Hexaclorobezeno	0,0065 µg /L	<0,0065
Lindano (γ-HCH)	0,02 µg /L	<0,02
Malation	0,1 µg /L	<0,05
Metolacloro	10 µg /L	<0,02
Metoxicloro	0,03 µg /L	<0,02
Paration	0,04 µg /L	<0,04
Pentaclorofenol	0,009 µg /L	<0,001
Simazina	2,0 µg /L	<0,02
Tetracloroeteno	0,01 µg /L	<0,002
Tolueno	2,0 µg /L	<2,0
Toxafeno	0,01 µg /L	<0,01
Tributilestanho	0,063 µg /L	<0,05
Tricloroeteno	0,03 µg /L	<0,002
Trifluralina	0,2 µg /L	<0,05
Xileno	300 µg /L	<2,0
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB+1,2,4-TCB)	0,02 µg /L	<0,002
2,4,5-T	2,0 µg /L	<0,05
2,4,5-TP	10,0 µg /L	<0,05
2,4-Diclorofenol	0,01 µg /L	<0,05

Para conhecer as características física e química e a qualidade das águas de rios, se faz necessário determinar, também, as baixas concentrações ou mesmo a ausência de substâncias no meio. Os baixos teores de substâncias químicas podem vir a ser úteis, caso ocorra um enriquecimento de seus teores, é uma forma de saber se está ocorrendo alteração (natural ou antrópico) no ambiente. A Resolução CONAMA nº 357/2005, prevê que sejam conhecidos os teores de substâncias que ocorrem ou não naturalmente no ambiente aquático.

Na região Amazônica, por ser pouco industrializada, a presença de substâncias orgânicas sintéticas típicas de áreas industrializadas, ainda não é uma preocupação, os riscos maiores são, devido as atividades de mineração, o uso cada vez mais intensivo do transporte aquaviário e uma atividade agropecuária que tende a crescer.

A adequação dos dados ao padrão de distribuição normal e à homocedasticidade entre variâncias foi previamente analisada através do método Shapiro-Wilk e F-Test, respectivamente. Com base na inferência realizada sobre estas análises se optou pela aplicação do método Monte Carlo com aleatorização de dados, combinado com o coeficiente de correlação produto-momento (Coeficiente de Pearson).

O coeficiente de correlação de Spearman (r_s) é a mais antiga (foi desenvolvida em 1904) estatística baseada em postos para dados em escala ordinal. É o método de correlação mais indicado quando as séries de dados apresentam alguma incompatibilidade com as premissas para o teste do coeficiente produto-momento de Pearson (r), como distribuição normal e homocedasticidade. O coeficiente de Spearman varia entre -1 (correlação perfeita negativa) e +1 (correlação perfeita positiva), passando pelo valor 0 (ausência de correlação), da mesma forma que o coeficiente r de Pearson, no entanto, tendo como base os postos e não os valores efetivamente medidos.

Na avaliação qualitativa realizada com base no critério definido por Callegari-Jacques (2003), sobre os coeficientes de correlação (r) (tabela 4.3), foi observado uma fraca associação entre o pH e o íon amônio. Com exceção da associação entre o pH e cor que apresentou uma correlação regular e significativa, todas as demais associações consideradas significativas pelo Método Monte Carlo, apresentaram um nível fraco de correlação (Figura 4.2 a 4.5).

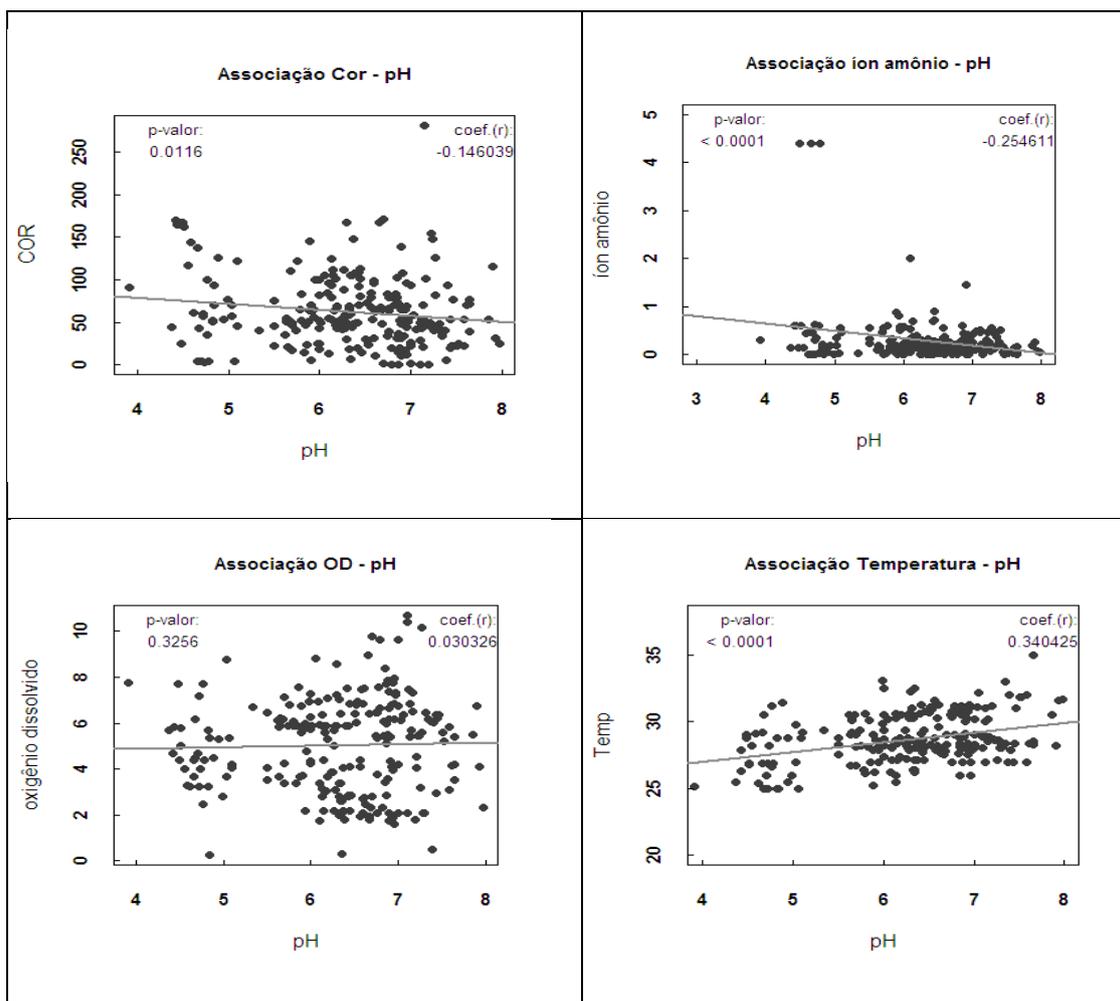


Figura 4.2. Associação entre o pH como preditora; variável estatística: coeficiente de correlação de Pearson, p-valor estimado pelo método Monte Carlo com aleatorização de dados, nível de significância considerado: $\alpha = 0.05$; unidades empregadas: cor (mg/Pt/L), turbidez (UNT), OD (mg/L), íon amônio (mg/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

As figuras de 4.2 a 4.5 mostram as associações entre as variáveis analisadas, sendo estas associações significativas, porém qualitativamente fracas: pH x NH_4^+ ; pH x cor; pH x temperatura; cor x turbidez; cor x temperatura; turbidez x NH_4^+ e temperatura x OD. São inválidas as seguintes associações: cor x NH_4^+ ; cor x OD; pH x OD; turbidez x temperatura; turbidez x OD; NH_4^+ x temperatura e NH_4^+ x OD.

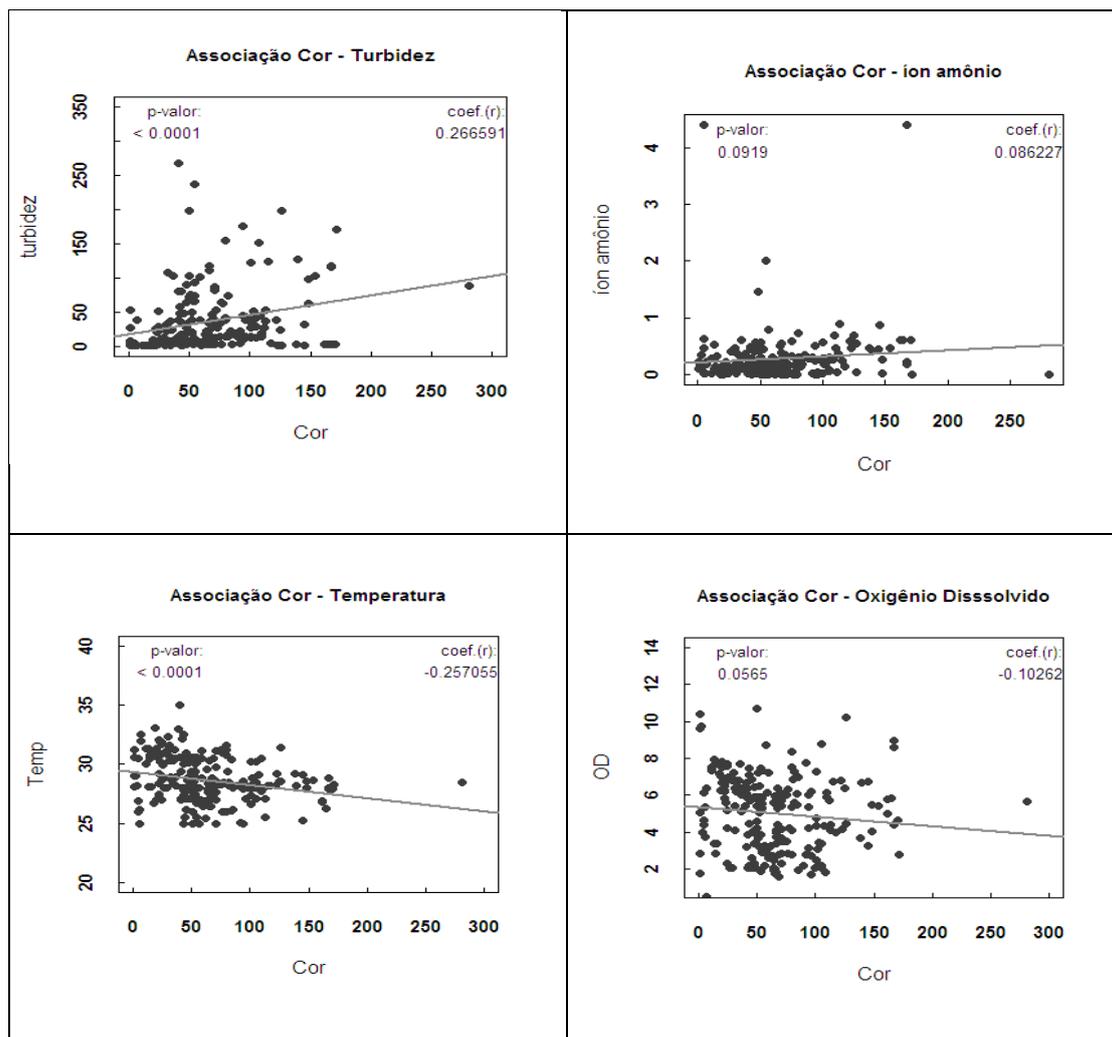


Figura 4.3. Associação entre a cor como preditora; variável estatística: coeficiente de correlação de Pearson, p-valor estimado pelo método Monte Carlo com aleatorização de dados, nível de significância considerado: $\alpha = 0.05$; unidades empregadas: cor (mg/Pt/L), turbidez (UNT), OD (mg/L), íon amônio (mg/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

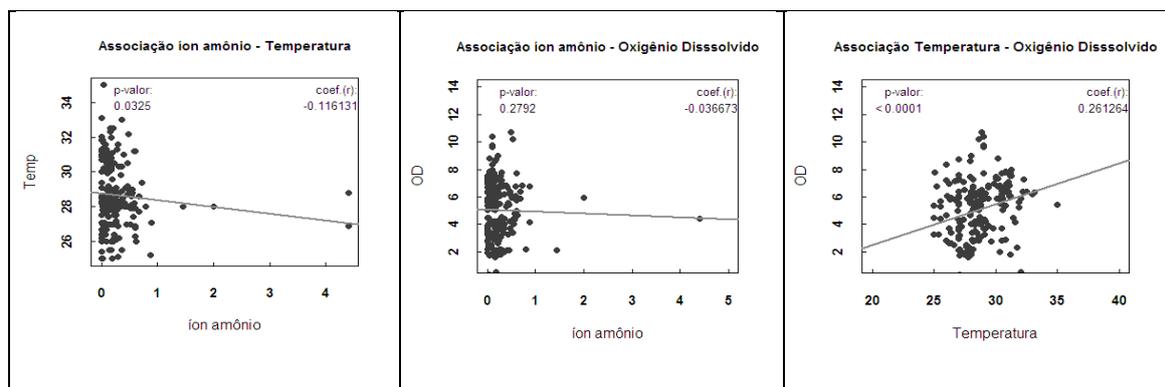


Figura 4.4. Associação entre o íon amônio como variável preditora e entre temperatura e OD; variáveis estatísticas: coeficiente de correlação de Pearson, p-valor estimado pelo método Monte Carlo com aleatorização de dados, nível de significância considerado: $\alpha = 0.05$; unidades empregadas: turbidez (UNT), OD (mg/L), íon amônio (mg/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$), íon amônio (mg/L).

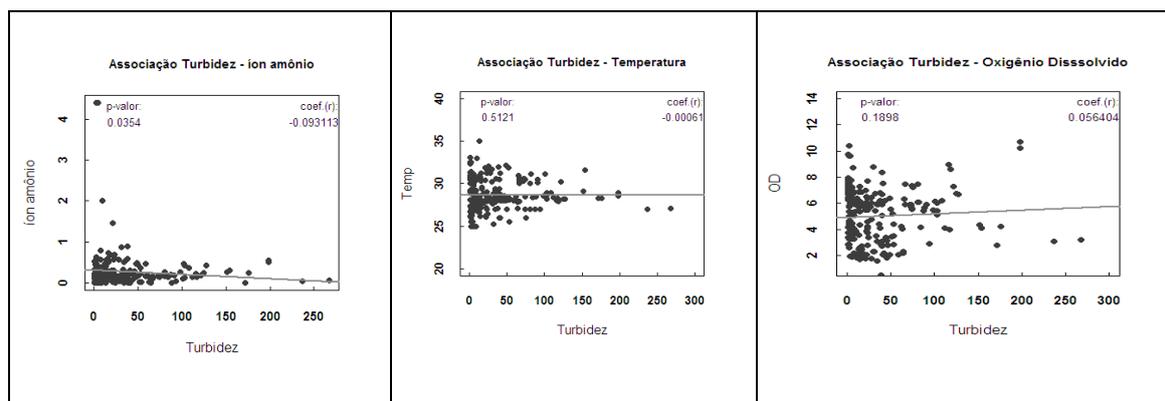


Figura 4.5. Associação entre turbidez como preditora; variáveis estatísticas: coeficiente de correlação de Pearson, p-valor estimado pelo método Monte Carlo com aleatorização de dados, nível de significância considerado: $\alpha = 0.05$; unidades empregadas: turbidez (UNT), OD (mg/L), íon amônio (mg/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Tabela 4.3. Coeficientes de correlação (r), obtidos como medida de associação entre as variáveis pH, cor, turbidez, íon amônio (NH_4), temperatura (Temp) e oxigênio dissolvido (OD), correspondentes aos dados dos rios da Amazonas, durante o período de 2009 a 2012.

	pH	Cor	Turbidez	NH_4^+	Temp.	OD
pH		-0.146039*	0.415953*	-0.254610*		0.340425*
Cor			0.266591*	0.086227		-0.257055*
Turbidez				-0.093113*		-0.000610
NH_4^+						-0.116131
Temp.						0.261264
Avaliação	0	0,00-0,30	0,30-0,60	0,60-0,90	0,90-1,00	1
r	Nula	Fraca	Moderada	Forte	Muito Forte	Perfeita

*Associação confirmada pela análise de Monte Carlo (método por aleatorização) para $p < 0,05$. (r) critério para avaliação qualitativa do coeficiente de correlação produto-momento de Pearson, para inferência sobre a intensidade de associação entre variáveis (Callegari-Jacques, 2003).

Tabela 4.4. Sumário estatístico da análise Shapiro-Wilk, empregada para constatação da adequação ao padrão de distribuição normal, relativo aos dados obtidos para as variáveis pH, cor, turbidez, NH_4^+ , temperatura e OD, nas coletas realizadas nos rios da Amazônia, durante o período de 2009 a 2012.

	pH	Cor	Turbidez	NH_4^+	Temp	OD
W	0.9533	0.9198	0.7508	0.3856	0.9814	0.9794
p-valor	< 0.0001 *	< 0.0001 *	< 0.0001 *	< 0.0001 *	0.0030 *	0.0014 *

* Diferenças significativas ($p < 0,05$); legendas: NH_4^+ : íon amônio; Temp: temperatura; OD: oxigênio dissolvido.

Os dados apresentam uma distribuição incompatível com o padrão de distribuição normal. Os dados não apresentam homocedasticidade na associação entre variáveis; a inadequação com a distribuição e homocedasticidade invalida qualquer

tentativa de uso de estatística paramétrica, isto inclui a Correlação de Pearson e as soluções estatísticas seriam: usar uma estatística não paramétrica, neste caso a correlação de Spearman ou aplicar o método de Monte Carlo com aleatorização associado com o método paramétrico (Correlação de Person).

Na avaliação qualitativa realizada com base no critério definido por Callegari-Jacques (2003), tabela 4.3, sobre os coeficientes de correlação (r), é fraca associação entre o pH e o íon amônio. Com exceção da associação entre o pH e cor que apresentou uma correlação regular e significativa, todas as demais associações consideradas significativas pelo Método Monte Carlo, apresentaram um nível fraco de correlação (Tabela 4.3).

Na figura 4.6, mostra no dendograma (AHC) os agrupamentos associados as variáveis, C.E, pH, Fe-T, Fe-dissolvido, turbidez, OD, Si(OH)_4 e material em suspensão, nos tributários da margem direita (A) e esquerda do rio Amazonas (B). Verifica-se em ambos a formação de vários grupos e uma heterogeneidade entre as variáveis relacionadas na região. O grupo formado pelas variáveis OD, Fe-T, Si(OH)_4 e pH apresentaram menor distância euclidiana, mostrando similaridade, tanto nos rios da margem direita (A) quanto nos da margem esquerda (B) do Amazonas. O primeiro grupo da condutividade elétrica mostrou uma maior distância euclidiana do grupo formado pela turbidez e cor. Nos rios da margem direita diferencia-se pela turbidez seguida da cor (A) e nos rios da margem esquerda a variável que se destaca é a cor.

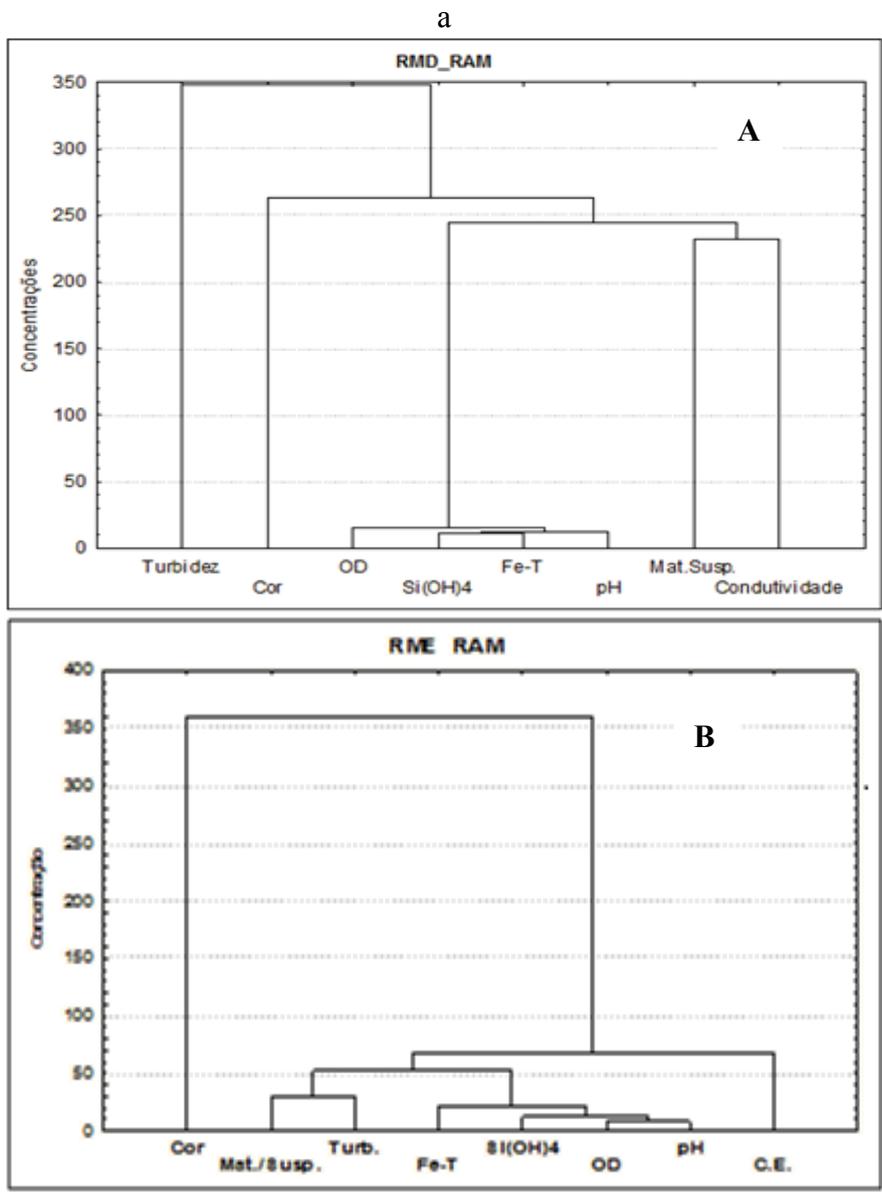


Figura 4.6. Representação do agrupamento (AHC) das variáveis físicas e químicas nos tributários da margem direita (RMD-RAM) e da margem esquerda (RME-RAM) do rio Amazonas durante o período de 2009 a 2011.

O pH nos grupos (AM_TBT_SANT) e (AM_TRIB_MD), encontra-se na faixa do estabelecido pela legislação, enquanto que grupo dos tributários que nascem nos escudos das Guianas e do Brasil Central que drenam rochas sedimentares cretáceas da bacia (AM_TRIB_ME) os valores de pH encontram-se fora da faixa estabelecida pelo Resolução CONAMA nº 357/2005. São águas ácidas com valores de pH abaixo de 6,0, esta acidez está relacionada à presença de material orgânico (ácidos húmicos e fúlvicos) proveniente da decomposição da serapilheira (Sioli e Klinge, 1962; Walker, 1995) (Tabela de 4.5 a 4.8).

Tabela 4.5. Resultados dos valores das médias, máximas e mínimas encontradas no rio Amazonas de Tabatinga a Santarém (RAM_TAB_SANT) e nos tributários da margem esquerda e direita do rio Amazonas, no período chuvoso de março 2009 a dezembro de 2012.

RAM TAB SANT														
P. CHEIC	C.E.	pH	Cor	Turbidez	OD	DBO5	N-T	NH4	NO3	P-T	Fe-Diss.	Fe-T	Si(OH)4	STS
	µs/cm		mgPt/L	UNT	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Média	83,59	6,74	83,05	60,26	3,31	0,79	0,51	0,15	0,22	0,10	0,38	2,76	4,90	71,22
DP	29,10	0,46	50,89	53,77	1,34	0,62	0,21	0,08	0,17	0,08	0,29	1,66	0,90	56,80
Mínimo	49,80	5,74	40,39	10,27	1,41	0,15	0,04	0,01	0,03	0,03	0,10	0,85	3,52	15,40
Máximo	155,55	7,56	261,30	177,06	6,45	2,45	0,89	0,26	0,56	0,37	0,96	6,44	6,90	195,08
TRIBUTÁRIO DA MARGEM ESQUERDA														
Média	15,30	5,31	78,88	8,78	4,09	1,75	0,56	0,15	0,12	0,06	0,37	0,74	3,25	9,44
DP	7,73	0,79	45,54	10,76	1,59	0,73	0,22	0,16	0,10	0,04	0,21	0,40	2,09	10,17
Mínimo	4,39	3,96	3,47	0,44	1,47	0,59	0,24	0,01	0,01	0,01	0,10	0,12	0,59	0,00
Máximo	35,17	6,73	178,97	37,70	6,42	3,13	1,10	0,63	0,48	0,14	0,66	1,57	8,98	32,50
TRIBUTÁRIO DA MARGEM DIREITA														
Média	31,13	6,32	77,48	63,28	4,70	0,89	0,51	0,18	0,10	0,08	0,21	1,69	5,10	50,84
DP	29,46	0,43	36,32	95,21	2,13	0,83	0,29	0,09	0,06	0,07	0,19	1,87	3,38	71,46
Mínimo	7,25	5,62	20,57	0,91	1,16	0,32	0,19	0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,12	0,34	0,80
Máximo	103,10	7,20	177,28	280,67	8,63	3,00	1,22	0,34	0,20	0,28	0,70	7,33	15,31	189,00

Tabela 4.6. Resultados dos valores das médias, máximas e mínimas encontradas no rio Amazonas de Tabatinga a Santarém (RAM_TAB_SANT) e nos tributários da margem esquerda e direita do rio Amazonas, no período de estiagem de março 2009 a dezembro de 2012.

RAM TAB SANT														
C.E.	pH	Cor	Turbidez	OD	DBO5	N-T	NH4	NO3	P-T	Fe-Diss.	Fe-T	Si(OH)4	STS	
µs/cm		mgPt/L	UNT	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
Média	82,75	6,73	65,12	40,18	5,26	0,93	0,45	0,17	0,11	0,08	0,29	1,82	5,17	62,24
DP	35,74	0,41	31,98	19,22	0,82	0,36	0,06	0,03	0,07	0,04	0,15	0,78	1,40	41,73
Mínimo	22,40	6,25	31,42	2,08	3,44	0,44	0,35	0,13	<0,01	0,03	0,12	0,17	1,65	26,75
Máximo	153,20	7,86	163,82	73,58	6,58	1,65	0,55	0,25	0,24	0,19	0,63	3,33	6,68	192,67
TRIBUTÁRIO DA MARGEM ESQUERDA														
Média	25,29	5,96	52,10	12,58	6,02	1,12	0,42	0,21	0,11	0,05	0,22	0,83	5,09	18,48
DP	21,99	0,66	23,28	9,15	1,25	0,73	0,19	0,09	0,08	0,03	0,08	0,35	2,53	13,74
Mínimo	8,46	4,32	18,70	0,78	1,82	0,00	0,23	0,10	<0,01	0,01	<0,01	0,33	0,51	2,60
Máximo	104,70	7,20	118,19	30,94	7,50	3,11	1,07	0,40	0,32	0,14	0,40	1,68	8,72	48,00
TRIBUTÁRIO DA MARGEM DIREITA														
Média	32,49	6,51	57,71	48,65	6,64	1,12	0,41	0,19	0,11	0,08	0,25	1,09	4,58	58,72
DP	23,36	0,47	41,77	70,83	2,37	1,10	0,13	0,10	0,08	0,05	0,27	0,85	1,33	73,82
Mínimo	4,49	5,88	2,62	0,78	1,87	0,33	0,20	0,01	0,01	0,02	<0,1	<0,01	2,21	2,37
Máximo	67,07	7,19	127,16	262,60	10,45	4,24	0,63	0,38	0,29	0,16	1,10	2,44	7,05	247,50

Tabela 4.7. Resultados da Li, Fe, Mn, Ni, Co, Ba, Zn, Al, Cu, V, Cr, Sn, Cd em µg/L em mg/L analisadas ao longo do rio Amazonas e nos tributários da margem direita (TRIB_MD) e esquerda (TRIB_ME), de março 2009 a dezembro de 2012.

RAM_TBT_SANT	N	Li (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Co (µg/L)	Ba (mg/L)	Zn (µg/L)	Al (µg/L)	Cu (µg/L)	V (µg/L)	Cr (µg/L)	Sn (µg/L)	Cd (µg/L)
Média	64	0,147	5,424	0,201	0,006	2,105	0,386	47,759	37,603	0,033	0,031	0,135	0,004
Min		0,035	0,335	0,000	0,001	0,019	0,142	0,000	8,535	0,004	0,006	0,073	0,001
Max		0,402	16,390	1,045	0,018	5,693	1,403	103,000	136,400	0,148	0,072	0,229	0,011
DP		0,100	3,727	0,234	0,005	1,770	0,301	37,690	32,963	0,038	0,023	0,073	0,003
TRIB_MD													
Média	44	0,105	3,650	0,071	0,005	2,167	0,378	98,759	13,448	0,010	0,042	0,112	0,006
Min		0,023	0,674	0,006	0,001	0,016	0,002	0,000	2,508	0,001	0,007	0,034	0,001
Max		0,250	11,040	0,148	0,019	8,257	1,356	187,500	23,192	0,032	0,171	0,255	0,026
DP		0,074	2,846	0,048	0,005	2,449	0,340	73,650	8,242	0,009	0,048	0,072	0,007
TRIB_ME													
Média	81	0,119	2,951	0,071	0,003	1,508	0,297	34,727	17,730	0,006	0,029	0,096	0,061
Min		0,000	0,935	0,009	0,001	0,418	0,131	0,000	3,528	0,000	0,003	0,042	0,001
Max		0,529	5,474	0,264	0,009	6,887	0,725	91,500	37,133	0,022	0,103	0,195	0,870
DP		0,123	1,378	0,055	0,003	1,903	0,136	26,722	11,470	0,006	0,023	0,057	0,164

O OD mostrou variações bem heterogêneas, variando de 1,41 mg/L (rio Purus, jul/2012) a 6,58 mg/L (rio Amazonas/Óbidos (janeiro/2011), as maiores concentrações de OD foram encontrados no período de estiagem (Tabela 1.5 e 1.10). Os baixos valores nos rios da Amazônia são considerados naturais e os organismos deste ambiente estão adaptados a esta condição.

Na figura 4.6 o dendograma de Cluster mostra grupos bem diferentes nos tributários da margem direita (Figura 4.6-A), o primeiro grupo formado pela turbidez e cor, o segundo com a formação das variáveis OD, Si(OH)₄, Fe-T, pH e mat/susp e condutividade elétrica. Os tributários da margem esquerda também com dois grupos, o primeiro com a variável cor em destaque e segundo com as demais variáveis. Uma variável importante para acompanhar as alterações no meio aquático é a condutividade elétrica, quando agrupados, observou-se semelhança na carga iônica, sendo o grupo das águas ácidas com baixas concentrações de íons (condutividade menor que 36,48 µS/cm). A acidez tende a diminuir com o aumento das entradas cátions e ânions (Figura 4.6). O que é confirmado para os rios de origem andina com valores de condutividade, variando de 22,40 a 155,55 µS/cm (Tabela 4.5 e 4.6) e nos rios da margem esquerda que tem suas origens no Planalto das Guianas, onde os terrenos foram muitos lixiviados, possuem baixas condutividades, variando de 6,61 a 34,10 µS/cm, valores semelhantes foram também observados por (Santo *et al.*, 1985; Lopes, 1992 e Mera, 1995). A carga

sedimentar transportada ao longo do rio (Filizola e Guyot, 2011) contribui para elevação dos íons no meio.

Para se ter uma visão da hidroquímica das águas dos rios os resultados das análises agrupadas com ajuda do dendograma de Cluster, envolvendo os locais e as variáveis ambientais (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido entre outras), foi possível perceber que os rios de águas pretas, com baixa carga iônica permaneceram no mesmo grupo de forma separada (Figura 4.6), isto é mais no extremo. Encontramos também, uma forte relação das águas brancas dos locais coletados ao longo do rio Amazonas e tributários da margem direita mais nos outros extremos, e situações intermediárias nas quais pode-se observar locais na calha principal do rio Amazonas sofrendo influência dos grandes rios que nascem nos escudos Brasileiro e das Guianas.

Em cada um destes setores, além do tipo predominante de águas, existem outros tipos, que analisando individualmente cada um deles através da Análise de Agrupamento (Figura 4.8), ocorrem separações, embora possam ser notadas algumas anomalias como, por exemplo, o rio Arapiuns que tem coloração preta, pH de 5,05 e condutividade elétrica de 10,32 $\mu\text{S}/\text{cm}$ próximo às cabeceiras, no entanto quando se aproxima da foz do rio Tapajós, as águas modificam as características químicas de água, diminui a acidez (pH 6,79) e condutividade elétrica de 8,90 e o mesmo acontece com o rio Jutaí tributário da margem direita do rio Amazonas mostra características de rios de águas pretas (pH 5,84) e baixas condutividade elétrica (11,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e ao longo do caminho recebe contribuição que altera as características físicas e químicas quando se aproxima da foz.

São poucas as situações nas quais a distribuição dos rios na figura não reflete a distribuição geográfica. De certa forma, este comportamento não descarta a importância das águas serem diferenciadas pela acidez, já que refletem a formação e o caminho por onde percorrem (Figura 4.7).

Com esta diferenciação, fica evidenciada, embora de forma não muito nítida, a existência de três setores na bacia:

1. Setor a leste, influenciado por rios de origem andina ou pré-andina (em geral com águas brancas, representada pelos rios de água neutra);
2. Setor na margem esquerda, influenciado por rios que nascem no escudo cristalino das Guianas (com predominância de águas pretas e ácidas) e

3. Setor intermediário que sofre influência de rios que nascem no escudo brasileiro (predominado por águas claras), além das diferenciações que ocorrem na própria calha principal pela influência destes rios, conforme já foi mencionado (Figura 4.6 a 4.8).

No setor intermediário fazem parte o rio Içá que se encontra na região Periférica Oeste (Andes e Várzeas Holocênicas) e os rios Trombetas e Tapajós originam-se na região Periférica Sul (escudo cristalino). Ainda fazem parte deste grupo os rios Jutai, Tefé e Coari, considerados rios de águas-pretas e pertencentes à região Amazônica Central, segundo a classificação (Fittkau, 1964).

Nos rios Japurá e Içá o pH as águas também mostraram variação da cabeceira a foz, sendo mais ácida nas cabeceiras sem influência do Solimões. O mesmo ocorre com o Jutai, um rio que nasce no Brasil e que ao aproximar da foz do Solimões, diminui a acidez.

O Uatumã é um rio que mostra alteração na sua composição química, passando de águas ácidas a ligeiramente alcalina (pH 6,31) que se deve ao barramento do rio para implantação da Hidroelétrica de Balbina, o pH passou de águas ácidas a levemente alcalinas (Mera, 1995).

No rio Ariaú a diminuição na acidez e valor baixo de oxigênio dissolvido está relacionada a localização deste, a ligação através do paraná que tem contribuição do rio Solimões e possivelmente das águas subterrânea devido a formação geológica da região (Silva e Silva, 2007).

Os dados médios do rio Amazonas e tributários, para pH mostraram semelhança entre os rios de origem Andina ou pré-Andina (em geral com águas brancas), com média dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Nos rios tributários da margem esquerda do rio do Amazonas que tem sua origem nas Guianas (com predominância de águas pretas) destacando-se em sua acidez (pH menor que 6) e cor de origem vegetal com valor acima de 75 mgPt/L, a turbidez não mostrou semelhança na distribuição, mas verificou-se que em alguns locais ocorreu valores acima do permitido por esta Resolução (Figura 4.9).

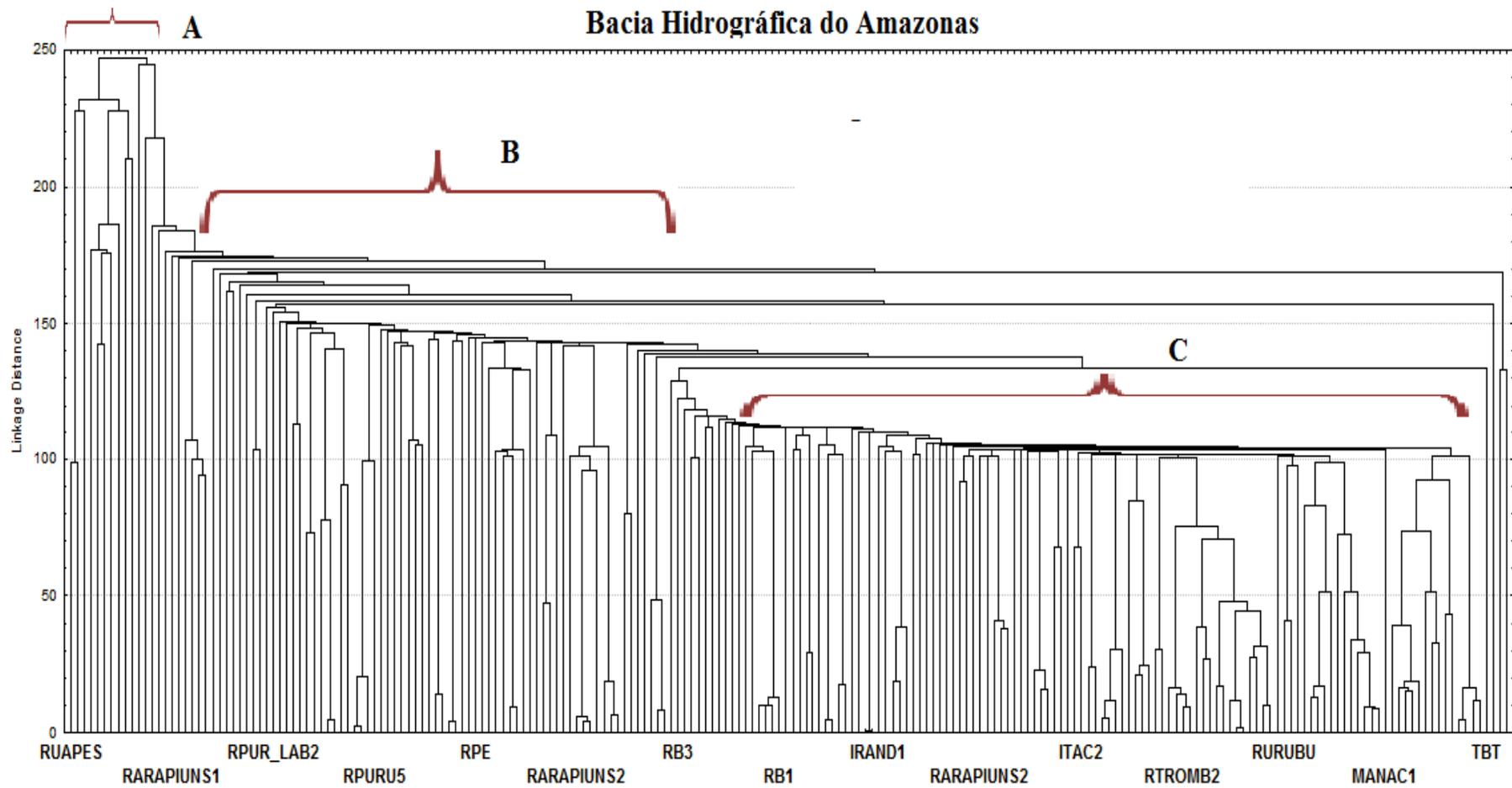


Figura 4.7. Representação da classificação dos locais de coletas pelas análises de agrupamento no rio Amazonas e tributários, durante o período de 2009 a 2011.

Bacia Amazônica - ÁGUAS DE pH 3,5 A 6,5

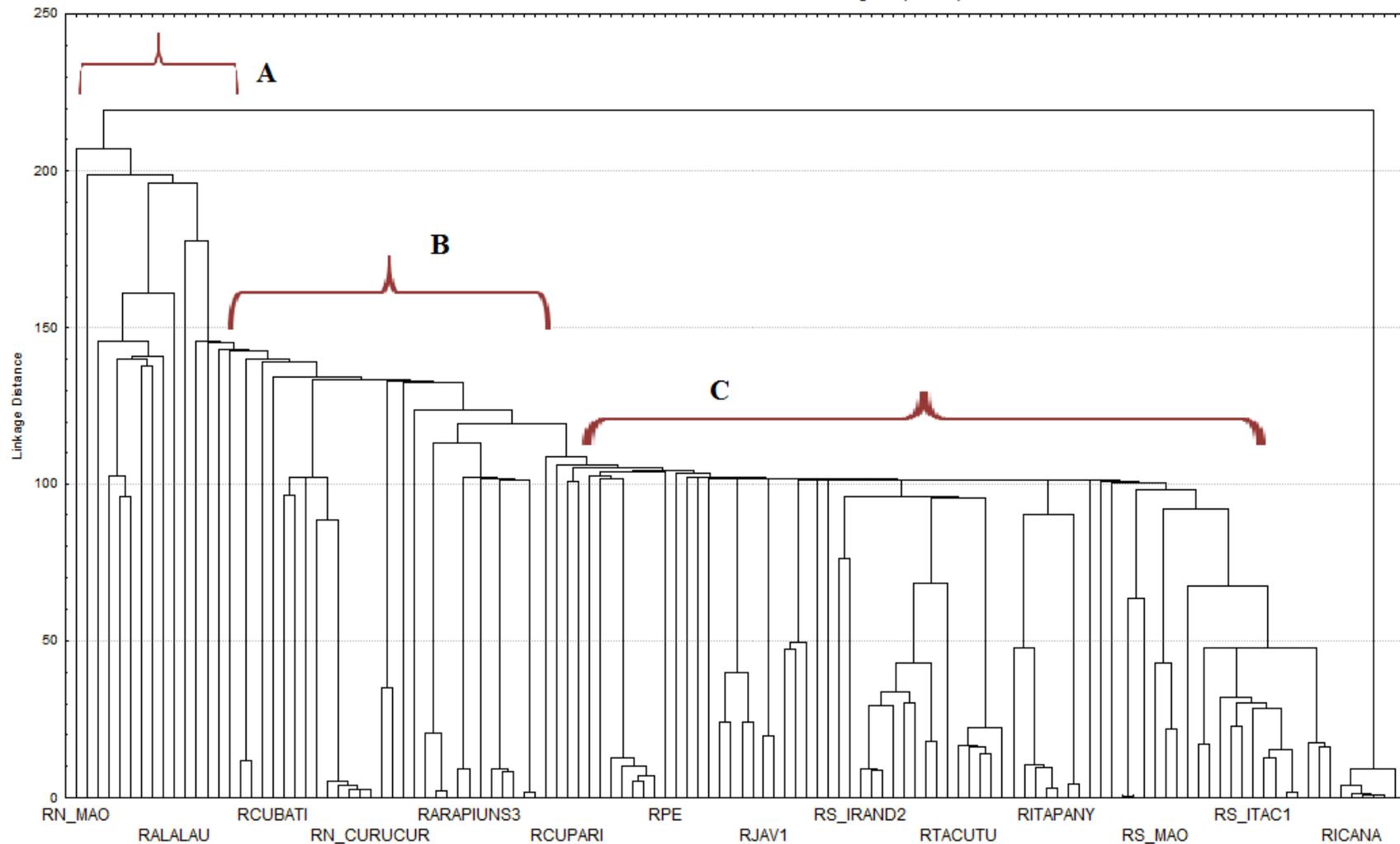


Figura 4.8. Representação da classificação dos locais de coletas pelas análises de agrupamento no rio Amazonas e tributários, durante o período de 2009 a 2011.

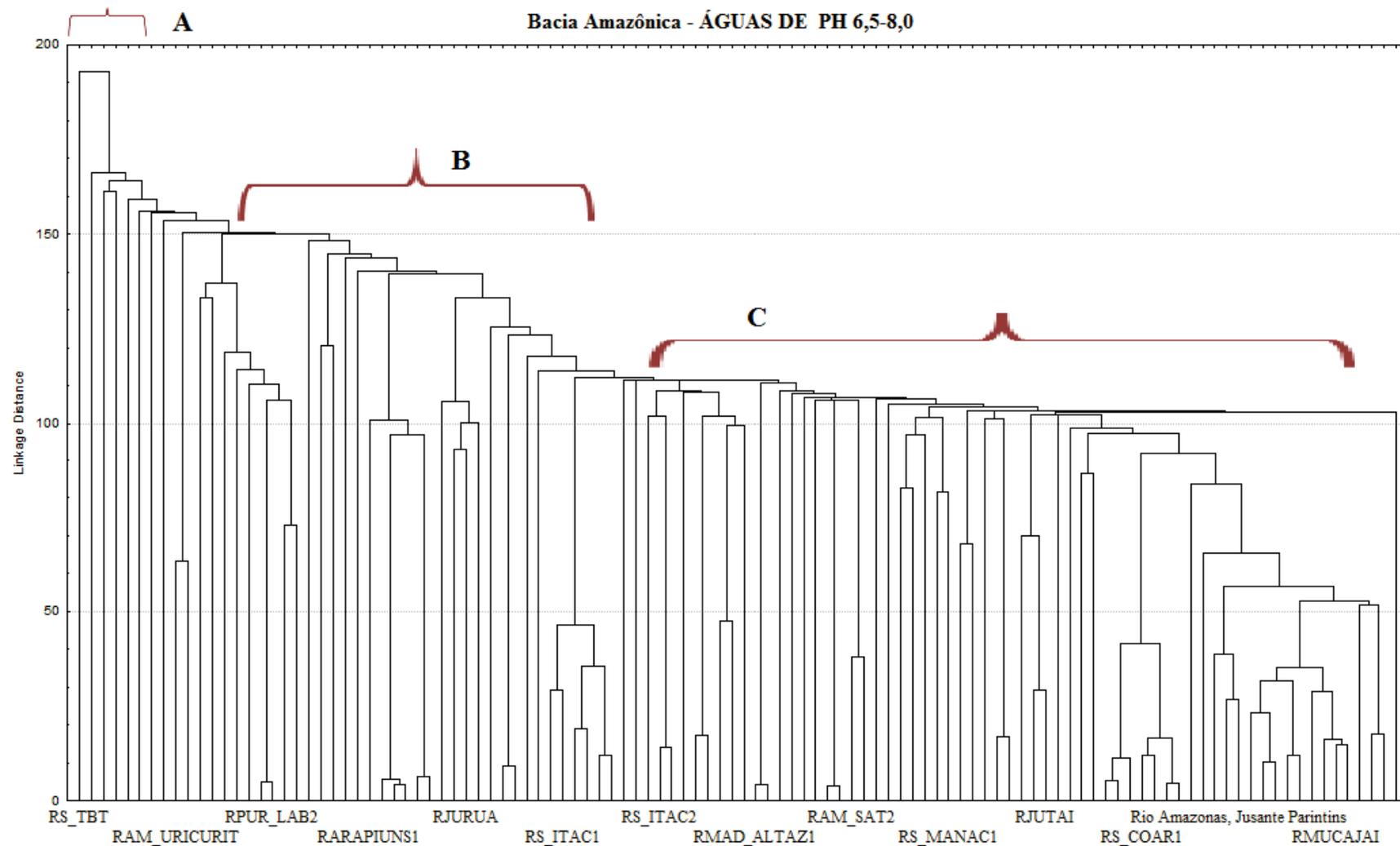


Figura 4.9. Representação da classificação dos locais de coletas pelas análises de agrupamento no rio Amazonas e tributários, durante o período de 2009 a 2011.

Tabela 4.8. Resultados da Estatística Descritiva das variáveis pH, OD, cor e Ba nas águas branca, preta e clara dos rios da Amazônia.

pH águas Branca						pH águas Preta						pH águas Clara					
Min	1St Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	Min	1St Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	Min	1St Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
4,95	6,32	6,76	6,68	7,14	7,75	3,85	4,79	5,41	5,57	6,32	7,2	5,99	6,23	6,65	6,55	6,78	7,03
10%	25%	50%	75%	90%		10%	25%	50%	75%	90%		10%	25%	50%	75%	90%	
6,03	6,32	6,76	7,14	7,23		4,66	4,79	5,41	6,32	6,94		6,16	6,23	6,65	6,78	6,94	
OD águas Branca						OD águas Preta						OD águas Clara					
Min	1St Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	Min	1St Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	Min	1St Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
1,74	3,29	4,37	4,55	5,49	10,7	0,49	3,87	5,25	4,73	6,23	7,1	6,11	7,05	7,14	7,8	9,06	9,76
10%	25%	50%	75%	90%		10%	25%	50%	75%	90%		10%	25%	50%	75%	90%	
2,12	3,29	4,37	5,49	6,04		2,06	3,87	5,25	6,23	6,79		6,27	7,05	7,14	9,06	9,63	
Cor águas Branca						Cor águas Preta						Cor águas Clara					
Min	1St Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	Min	1St Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	Min	1St Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
25,81	49	68,06	71,75	91,02	165,7	4,66	49,96	57,6	65,87	76,3	168	2,24	14,22	21,6	21,19	31,23	34,41
10%	25%	50%	75%	90%		10%	25%	50%	75%	90%		10%	25%	50%	75%	90%	
36,595	48,99	68,06	91,02	104,72		28,37	49,6	57,6	76,3	99,73		7,29	14,21	21,6	31,23	34,41	
Ba águas Branca						Ba águas Preta						Ba águas Clara					
Min	1St Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	Min	1St Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	Min	1St Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	0,62	1	2,22	3,24	8,85		0,04	0,85	2,75	3,76	13,3	0	0,03	0,78	1,02	1,03	12,56
10%	25%	50%	75%	90%		10%	25%	50%	75%	90%		10%	25%	50%	75%	90%	
0,02	0,62	1	3,24	7,42		0	0,04	0,85	2,75	3,76		0,015	0,03	0,78	1,03	1,43	

As águas dos rios na região apresentam na sua maioria composição bem diferenciada, sendo águas ácidas a pouco ácida (pH de 3,96 a 6,6) e de levemente ácida a alcalina (6,5-7,56) (Tabela 4.8). O rio Amazonas e tributários da margem direita de origem andina mostraram pH de ligeiramente ácido a alcalino (5,74-7,56) e OD (1,41-6,58 mg/L (Tabela 4.5).

Segundo a estatística descritiva, com o uso da mediana e dos quartis (percentil, quartil e decil) mostra uma variação de pH 6,32 (10 %) a 7,23 (90 %) (Tabela 4.8).

O pH nas águas do rio Amazonas e nos rios da margem direita, classificados como rios de água branca por Sioli (1950) facilmente encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, classe 2, o que não ocorre quando comparados aos rios de águas preta da margem esquerda do rio Amazonas, pois as águas são mais ácidas (pH < 6,0).

Os rios da margem esquerda, que nascem no Planalto das Guianas a faixa limite do pH variou de 4,66 (10 %) a 6,94 (90 %), valores fora dos padrões estabelecidos pela Resolução acima apesar de ser ambientes naturais (Tabela 4.8).

O oxigênio dissolvido é uma variável importante na avaliação da qualidade da água em quase todos os ambientes aquáticos, porém, para o maior rio do mundo, com baixos valores (<5,0 mg/L) mostra que apenas o uso do oxigênio para o controle da qualidade de suas águas é inadequado. Esta variável que tanto para os rios naturais de água brancas quanto os rios de águas pretas apresentam em muitos rios valores de oxigênio dissolvido abaixo de 5,0 mg/L, divergindo da legislação, como se observa uma variação de 1,41 mg/L a 10,45 mg/L,

faixa estabelecida pela mediana e dos quartis (percentil, quartil e decil) para rios de águas brancas de 2,12 (10 %) e 6,04 (90%) (Tabela 4.8).

O problema é que esta condição de pouco oxigenada, mesmo sendo natural, não deixa de ser uma preocupação, no sentido de que a diminuição do oxigênio no sistema, possa causar algum colapso no sistema com sérios danos aos organismos aquáticos. Muitas cidades, localizadas às margens dos rios fazem captação destas águas para abastecimento público, e também lançam de volta os esgotos sem tratamento no mesmo rio. O que torna necessário uma fiscalização constante para que haja tratamento de efluentes e não sejam lançados cargas orgânicas nos rios, pois alterações na composição química da água afeta a biota aquática.

Dos tributários da margem esquerda do Amazonas, localizados no baixo Amazonas que tem suas origens no Planalto Brasileiro, classificada por Sioli (1950) como rios de águas clara (Rios Xingu e Tapajós), são bastante aerados e facilmente se enquadram na legislação. Os rios de águas brancas e de águas preta apresentam um número elevado de locais com baixas concentração de OD, abaixo de 5,0 mg/L, divergindo da legislação, são concentrações tão baixas que em outros ambientes indicaria forte grau de poluição pelo lançamento de matéria orgânica biodegradável.

A condutividade elétrica é uma variável de extrema importância na região, às águas no rio Amazonas e tributários vão de pouco mineralizadas a mais enriquecidas em eletrólitos (de 22,40 a 155,55 $\mu\text{S}/\text{cm}$) o pH de ácido (5,74) a alcalino (7,86) e nos rios da margem esquerda variou de 4,39 a 104,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o pH entre 3,96 a 7,20. Valores semelhantes foram também observados por (Santo *et al.*, 1985; Lopes, 1992 e Mera, 1995).

A cor, nos rios de águas pretas é originada da decomposição da matéria orgânica proveniente da floresta as faixa limites encontradas de 28,37 (10 %) a 99,73 (90 %) e para rios de águas branca é de 36,59 (10 %) a 104,72 (90 %) (Tabela 4.8).

A faixa limite observado para as variáveis pH, C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$), cor (mg/Pt/L), OD (mg/L), turbidez, Fe- diss.(mg/L), P-T (mg/L), NO_3 (mg/L), N-T (mg/L), $\text{DBO}_{5,20}$ (mg/L), NH_4^+ (mg/L) (Tabela 4.9).

Tabela 4.9. Síntese da Estatística descritiva para os dados das variáveis físicas e químicas do rio Amazonas e tributários, período de 2009 a 2012.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	10 ^o %Decil <i>inferior</i>	25 ^o %Quartil <i>inferior</i>	50 ^o % Mediana	75 ^o % Quartil <i>superior</i>	90 ^o % Decil <i>superior</i>
Ph	3.60	7,56	6.36	4.83	5.90	6.43	6.90	7.22
C.E. (µS/cm)	4.39	206.00	47.88	9.47	14.62	31.93	71.85	102.45
Cor (mg/Pt/L)	0.00	475.70	68.09	18.18	39.27	63.20	85.27	120.06
OD (mg/L)	0.16	10,45	5.33	2.17	3.34	5.46	6.57	7.57
Turbidez	0.00	326.80	37.26	1.82	4.68	17.29	44.13	100.72
Fe- diss. (mg/L)	0.00	1.10	0.24	0.00	0.10	0.14	0.40	0.62
Fe-Total (mg/L)	0.00	10.47	1.45	0.31	0.65	1.01	1.78	3.18
P-Total (mg/L)	0.00	0.37	0.07	0.02	0.03	0.05	0.09	0.13
NO ₃ (mg/L)	0.00	0.74	0.11	0.00	0.01	0.06	0.14	0.28
N-Total (mg/L)	0.03	1,22	0.73	0.25	0.34	0.42	0.53	0.70
DBO _{5,20} (mg/L)	0.00	6.75	1.14	0.16	0.38	0.80	1.39	2.58
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0.00	0.88	0.18	0.01	0.10	0.17	0.23	0.30

Nos rios da Amazônia a turbidez é uma variável característica de rios de águas brancas, rios com origem Andina e pré-Andina a turbidez neste estudo com valores médios de 10,27 a 177,06 UNT, nos tributários da margem esquerda com predominância de águas pretas a turbidez variou de 0,78 a 37,70 UNT (Tabela 4.5 e 4.6) e a faixa limite nos rios 1,82 (10%) a 100,72 (90%) (Tabela 4.9).

Nas figuras de 4.10 e 4.11 apresentam a distribuição geral dos valores de pH e condutividade elétrica, OD (mg/L) e cor (mgPt/L) usando a estatística descritiva e intervalo de confiança generalizado com base no 10^o percentil (decil inferior) e 90^o percentil (decil superior) para o rio Amazonas e tributários, coletas realizadas no período de 2009 a 2012

Comparando os valores médios das variáveis turbidez, oxigênio dissolvido (mg/L) e íon amônio (mg/L) nos sítios amostrados ao longo do rio Amazonas e tributários, a turbidez mesmo com valores acima do permitido (100,00 UNT) para alguns locais, estes não foram problemas nas análises estatísticas utilizadas. Para o oxigênio dissolvido (mg/L) é natural encontrar nas águas do maior rio do mundo e tributários, valores bem inferiores a 5,0 mg/L abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA n^o 357/2005, classe 2 com valores inferior 5,0 mg/L.

As concentrações do íon amônio nas águas dos rios da Amazônia não ultrapassaram a 0,8 mg/L e a faixa com os cálculos estatísticos os valores variaram de 0,1 (10%) a 0,3 mg/L (90%) (Tabela 4.5 e 4.6 e Figura 4.12). Na avaliação qualitativa realizada com base no critério definido por Callegari-Jacques (2003), sobre os coeficientes de correlação (r) (Tabela 4.3) foi

observada uma fraca associação entre o pH e o íon amônio. O valor estabelecido de 3,7 mg/L para faixa de pH abaixo de 7,5 (Resolução CONAMA nº 357/2005) não reflete a realidade das águas na região e permite os lançamentos de substâncias tóxicas nas águas.

O estudo mostrou variações bem heterogêneas, na calha principal do rio Amazonas de baixa oxigenação, valores de até 1,96 mg/L (rio Amazonas, montante de Iranduba, mai/2009) a 8,93 mg/L de OD nos rios Xingu (jul/2009) e Madeira (nov/2009).

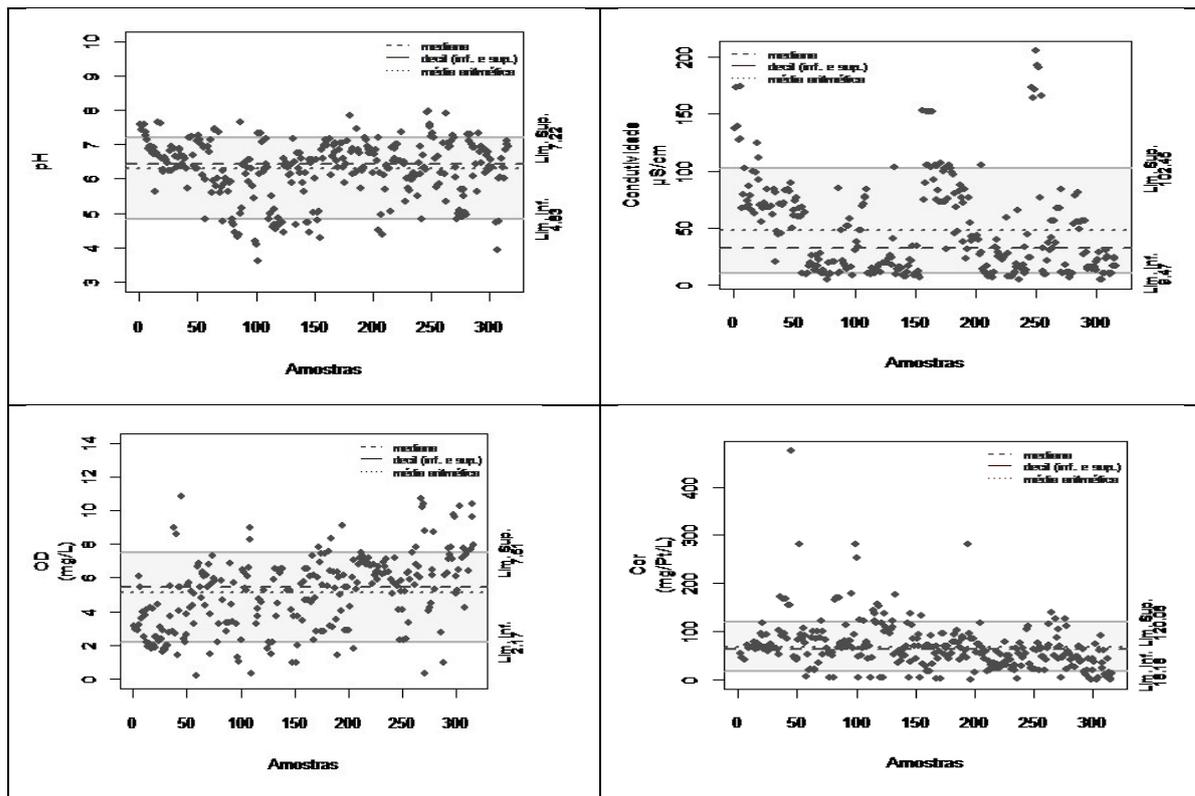


Figura 4.10. Distribuição geral dos valores de pH e condutividade elétrica, OD (mg/L), e cor (mgPt/L) usando a estatística descritiva e intervalo de confiança generalizado com base no 10º percentil (decil inferior) e 90º percentil (decil superior) para o rio Amazonas e tributários, coletas realizadas no período de 2009 a 2012.

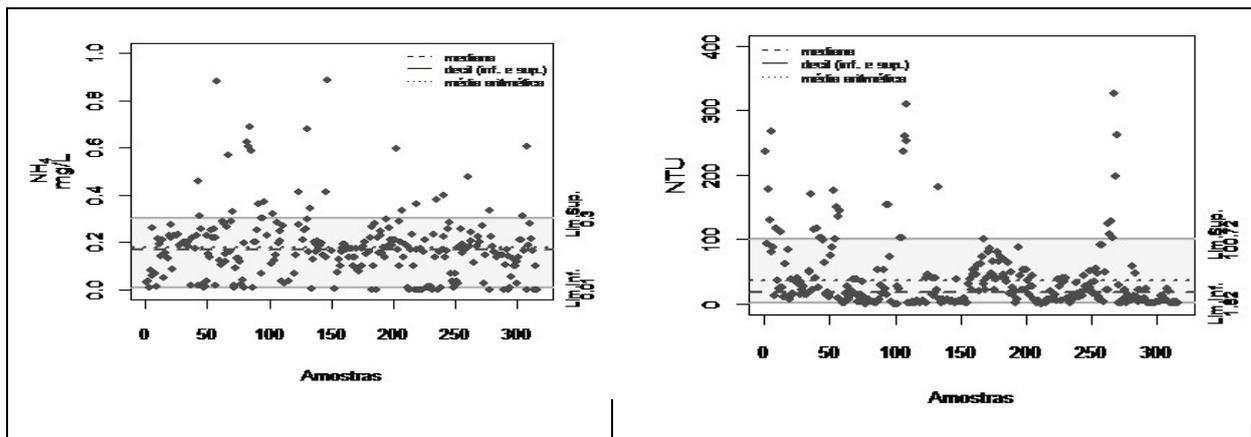


Figura 4.11. Distribuição geral dos valores do íon amônio (mg/L) e turbidez (UNT), usando a estatística descritiva e intervalo de confiança generalizado com base no 10º percentil (decil inferior) e 90º percentil (decil superior) para o rio Amazonas e tributários, coletas realizadas no período de 2009 a 2012.

Os dados organizados usando estatística descritiva e intervalo de confiança. Mostrou nas faixa limite para as variáveis estudadas, diferenças nas características física e química das águas dos locais amostrados nos diferentes rios.

As variáveis cor e oxigênio dissolvido pela estatística mostraram semelhanças entre o rio Amazonas (águas brancas) e rios de águas pretas, que em sua maioria encontram-se fora do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. O oxigênio dissolvido (OD) é uma variável essencial para as atividades e manutenção do metabolismo de organismos aeróbios. Nos rios da Amazônia o comportamento do oxigênio dissolvido é bastante heterogêneo, na calha principal do rio Amazonas e nos tributários do rio Amazonas, em muitos locais são baixas as concentrações de oxigênio. A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece valores de OD, nas classes 2, não devem ser inferior 5,0 mg/L. No rio Amazonas em alguns trechos o oxigênio mostrou valor abaixo 5,00 mg/L o estabelecido na Legislação (Figura 4.2). Os baixos valores observados são considerados naturais e os organismos deste ambiente, conseguem superar esta condição (Hibam, 2005).

A turbidez na distribuição das médias por locais demonstrou que esta variável em sua maioria encontra-se dentro do estabelecido pela legislação.

São baixas as concentrações dos nutrientes nas águas dos rios da Amazônia (N-T, NH₄, NO₃ e P-T), todos dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para classe 2.

O nitrogênio está presente nos ecossistemas aquáticos sob várias formas e o íon amônio (NH₄⁺) é a forma mais reduzida. As concentrações do íon amônio não ultrapassam a

0,8 mg/L. Os valores estabelecidos de 3,7 mg/L para faixa de pH abaixo de 7,5 (Resolução CONAMA nº 357/2005) não se enquadra para águas pretas da Amazônia.

Dos metais analisados o bário de destaca variando de <0,7 a 8,257 mg/L, onde o teor médio está mais de dez vezes acima do limite máximo permitido (0,7 mg/L Ba) pela Resolução CONAMA nº 357/2005. A faixa limite natural do teor de Ba nas águas de 0,41 (10%) a 4,56 (90%),

Tabela 4.10. Síntese da Estatística descritiva para os dados dos metais do rio Amazonas e tributários, de 2009 a 2012.

Metal	Min	Mean	Max	10%	25%	50%	75%	90%
Li	0,00	109,00	528,90	0,00	37,20	81,91	142,67	244,20
Mn	0,00	112,80	1045,00	30,14	42,54	68,46	128,26	258,09
Ni	0,00	0,01	0,05	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02
Co	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Ba	16,00	1849,00	8257,00	418,60	533,22	873,32	2906,15	4568,30
Zn	0,00	0,33	1,40	0,14	0,19	0,28	0,40	0,54
Al	0,00	58,64	187,50	0,00	13,00	45,50	91,50	156,60
Cu	0,00	18,92	136,40	0,00	4,51	16,57	22,96	33,90
V	0,00	0,01	0,15	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02
Cr	0,00	0,03	0,17	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05
Sn	0,00	0,08	0,26	0,00	0,00	0,08	0,13	0,16

O cobre, embora não tenha excedido tanto o valor máximo permitido (0,009 mg/L Cu), este valor ultrapassa os de vários lugares. Da mesma forma o zinco (VMP = 0,18 mg/L Zn), em alguns casos excede, em muito, o valor máximo permitido, e assim por diante. Valores semelhantes foram observados por (Pinto, 2007). Dentre os elementos-traços analisados somente não foram detectados valores acima dos padrões legais para os metais, As total, Be, Li, Ag, Pb, B, U e Se, nos rios da bacia hidrográfica da Amazônia. Dos metais citados pelo Resolução CONAMA nº 357/2005, para classe 2, o Fe-dis (16,390 mg/L, Ba (8,257 mg/L), Al dissolvido (187,50 µg/L), Cd (0,870 µg/L), Zn (1,403 µg/L), Mn (1,045 mg/L), Cr (0,171 µg/L), Cu (37,13 µg/L) apresentaram valores significativos, acima dos padrões estabelecidos nas normas, contudo há variações acentuadas entre os diferentes rios (Tabela 4.7).

Nas figuras 4.12 a 4.14 e tabela 4.9 consta os intervalos genéricos de confiança com base no percentil - decil superior (percentil 90%) e decil inferior (percentil 10%) dados para metais.

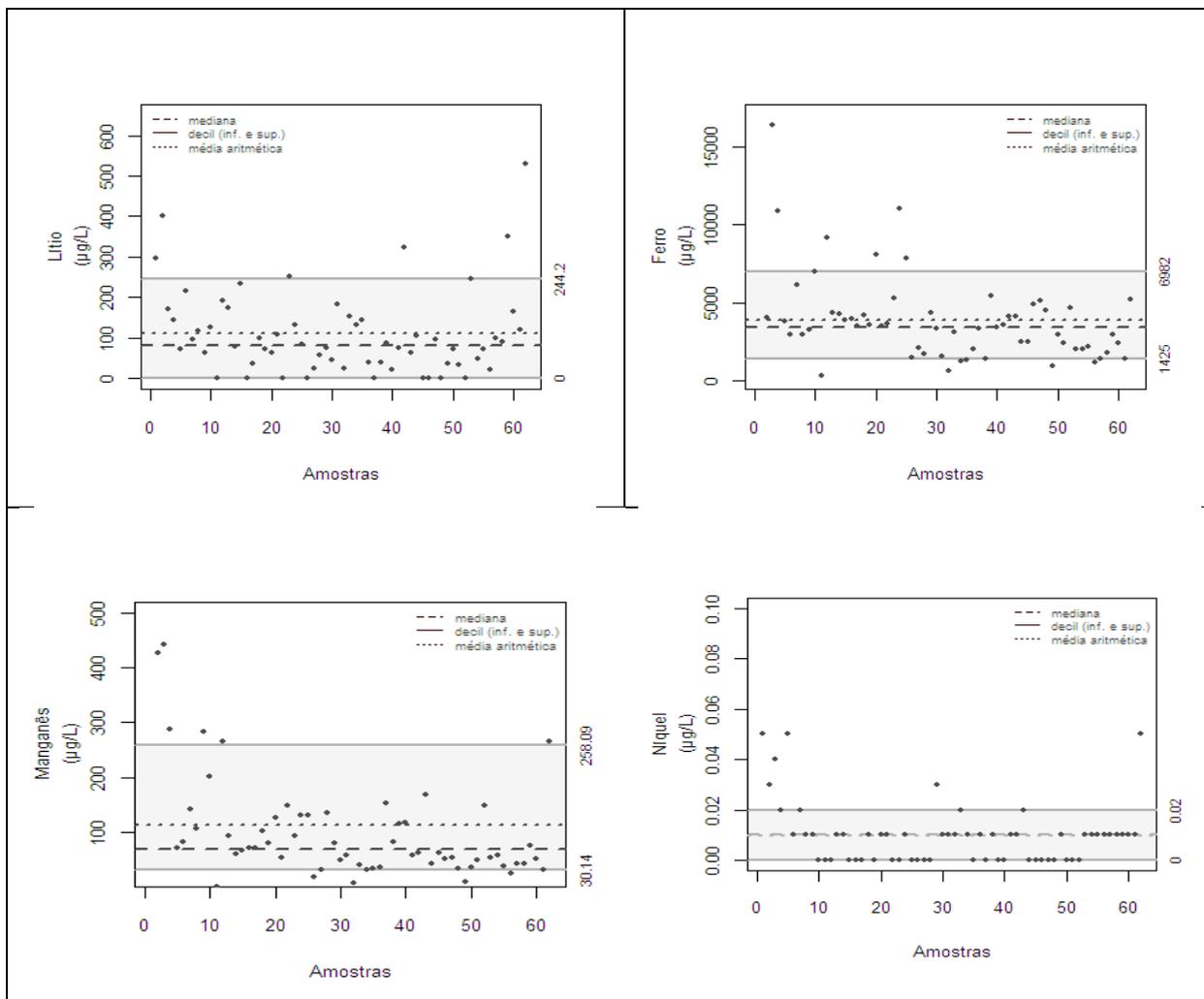


Figura 4.12. Distribuição geral dos valores do lítio ($\mu\text{g/L}$), ferro ($\mu\text{g/L}$), manganês ($\mu\text{g/L}$) e níquel ($\mu\text{g/L}$) usando a estatística descritiva e intervalo de confiança generalizado com base no 10º percentil (decil inferior) e 90º percentil (decil superior) nos rios de águas brancas (A) e pretas (B) nos rios da Amazonas e tributários, durante o período de 2009 a 2012.

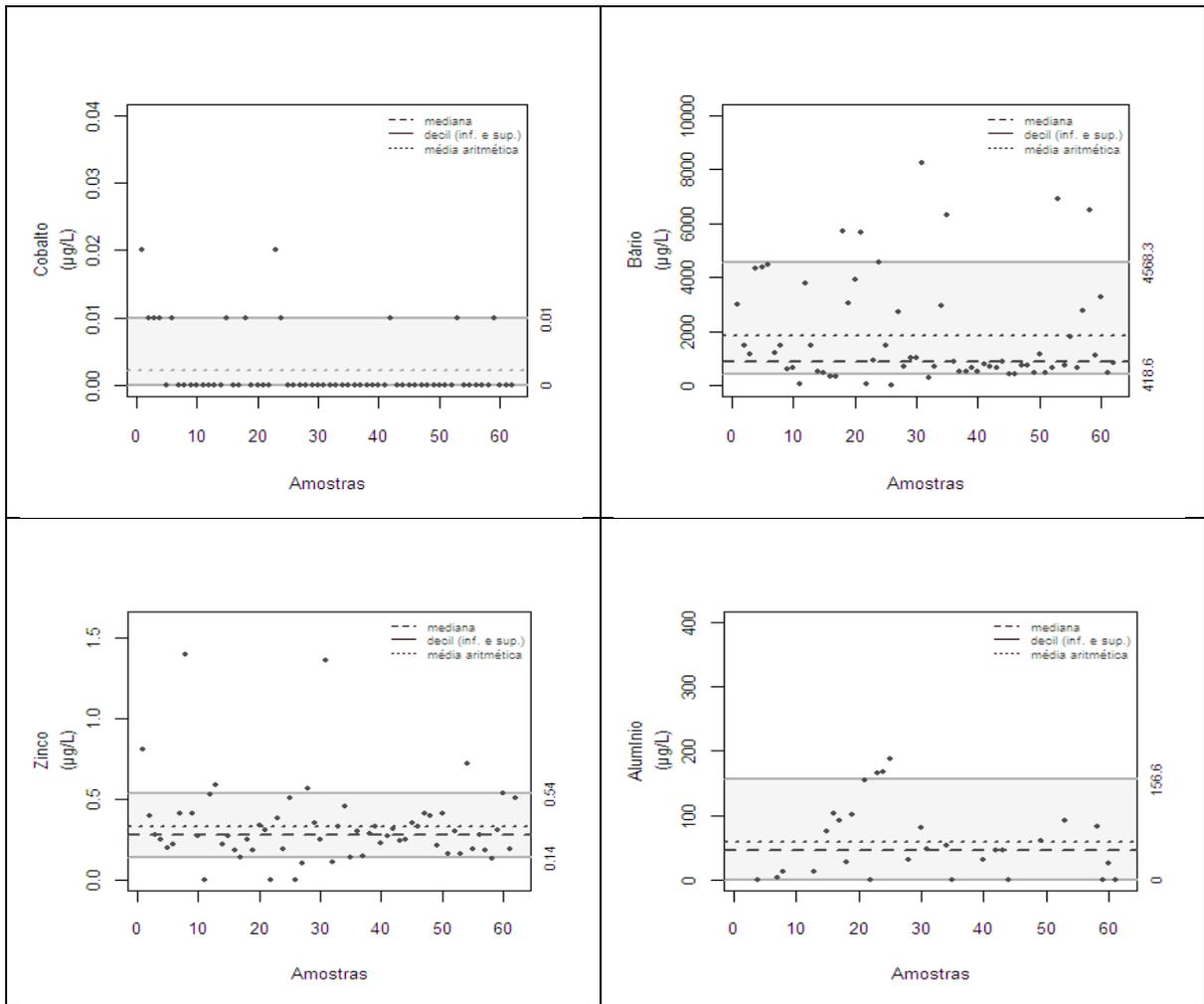


Figura 4.13. Distribuição geral dos valores do cobalto ($\mu\text{g/L}$), bário ($\mu\text{g/L}$), zinco ($\mu\text{g/L}$) e alumínio ($\mu\text{g/L}$) usando a estatística descritiva e intervalo de confiança generalizado com base no 10^o percentil (decil inferior) e 90^o percentil (decil superior) nos rios de águas brancas (A) e pretas (B) nos rios da Amazonas e tributários, durante o período de 2009 a 2012.

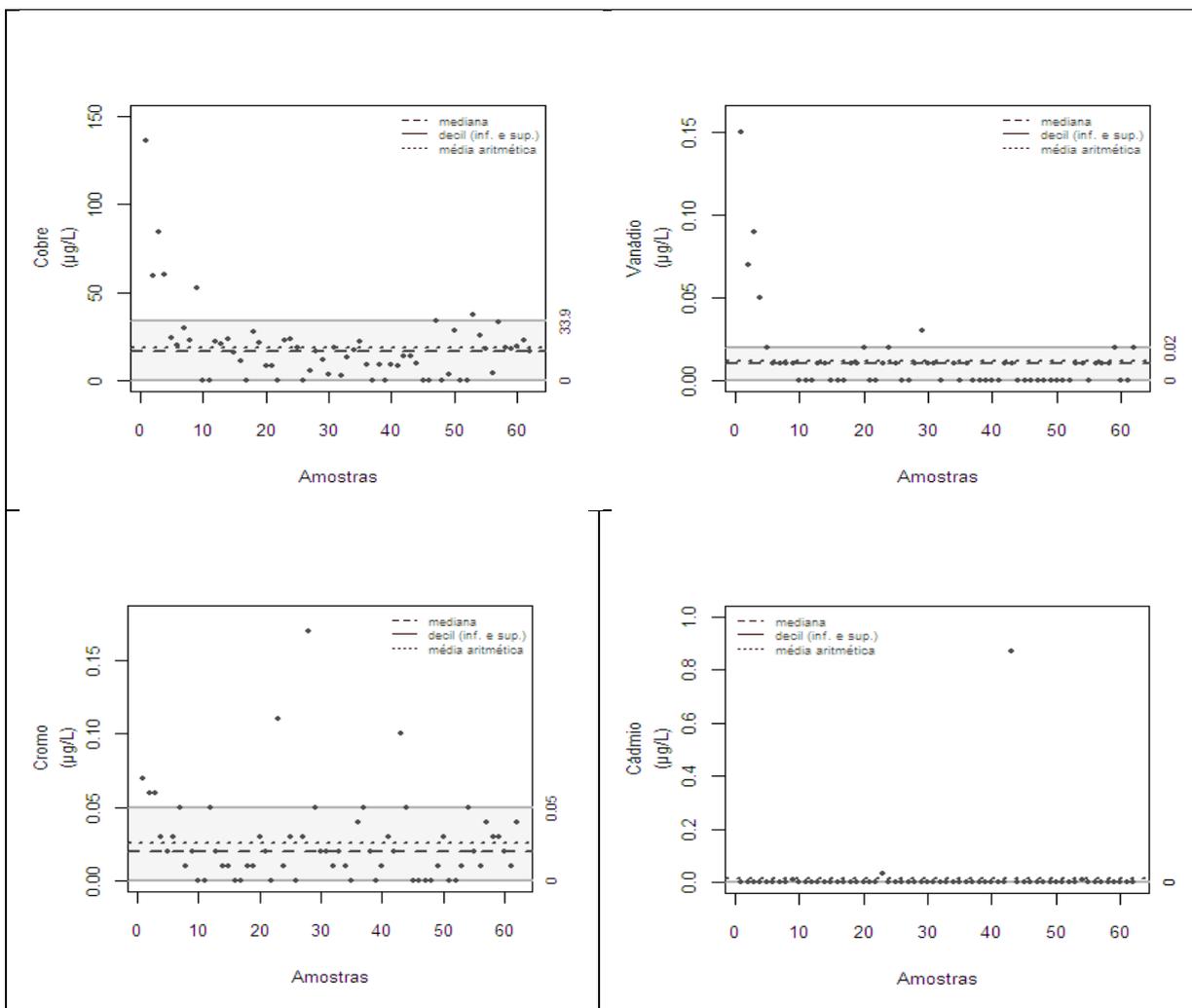


Figura 4.14. Distribuição geral dos valores do cobre ($\mu\text{g/L}$), vanádio ($\mu\text{g/L}$), cromo ($\mu\text{g/L}$) e cádmio ($\mu\text{g/L}$) usando a estatística descritiva e intervalo de confiança generalizado com base no 10^o percentil (decil inferior) e 90^o percentil (decil superior) nos rios de águas brancas (A) e pretas (B) o rio Amazonas e tributários, durante o período de 2009 a 2012.

Tabela 4.11. Classificação das águas doces segundo Resolução CONAMA nº 357/2005 e faixa de intervalos das variáveis nos rios da Bacia Hidrográfica da Amazônia.

VARIÁVEIS	CONAMA 357/2005	ÁGUAS DA AMAZÔNIAS
<i>Turbidez (UNT);</i>	<i>até 100 (UNT)</i>	<i>1,82-100,72</i>
Cor verdadeira: nível de cor natural do Corpo de água em mg Pt/L; e	75 mg Pt/L	100 mg Pt/L
<i>Oxigênio dissolvido (OD);</i>	<i>não inferior a 5 mg/LO₂;</i>	<i>2,17-7,57</i>
<i>Condutividade elétrica μS/cm</i>	<i>sem limite</i>	<i>9,47-103,45</i>
pH: 6,0 a 9,0.	6 – 9	4,83-7,22
<i>ion amônio mg/L</i>	<i>3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5</i>	<i>0,01-0,3 mg/L</i>
<i>DBO 5 dias a 20°C</i>	<i>até 5 mg/L O₂;</i>	<i>0,16-2,58 mg/L</i>
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al	0,01-0,156 mg/L
Antimônio	0,005 mg/L Sb	0,013-0,915
Arsênio total	0,01 mg/L As	<10 -0,01
Bário total	0,7 mg/L Ba	>0,41-4,56 mg/L
Berílio total	0,04 mg/L Be	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd	>0,001-0,87 mg/L
Cobalto total	0,05 mg/L Co	>0,005-0,01 mg/L
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu	>0,004-0,033 mg/L
Cromo total	0,05 mg/L Cr	>0,003-0,05 mg/L
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe	>0,001-0,62 mg/L
Fósforo total (ambiente lótico)	0,1 mg/L P	0,02-0,13 mg/L
Lítio total	2,5 mg/L Li	0,0-0,244 mg/L
Mangans total	0,1 mg/L Mn	>0,003-0,258 mg/L
Mercurio total	0,0002 mg/L	<0.02-0,0002
Níquel total	0,025 mg/L Ni	<0,002-0,02
Nitrato	10,0 mg/L N	10,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5	0,01-0,30 mg/L N
Prata total	0,01 mg/L Ag	0,01 mg/L Ag
Sulfeto (H ₂ S não dissolciado)	0,002 mg/L S	0,002 mg/L S
Urânio	0,02 mg/L U	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V	>0,001-0,022
Zinco total	0,18 mg/L Zn	>0,14 – 0,539 mg/L Zn

Tabela 4.12. Proposta de classificação das águas da Amazônia para algumas variáveis, adaptada segundo Resolução CONAMA nº 357/2005 (classe 2), os limites naturais e limites proposto para o rio Amazonas e tributários.

<i>VARIÁVEIS</i>	<i>CONAMA Nº 357/2005 CLASSE 2</i>	<i>AMAZÔNIA Faixa Limite</i>	<i>AMAZÔNIA</i>
<i>Oxigênio dissolvido (OD);</i>	<i>não inferior a 5 mg/LO₂;</i>	<i>2,17-7,57</i>	<i>não inferior a 2 mg/LO₂;</i>
<i>Turbidez (UNT)</i>	<i>até 100 (UNT)</i>	<i>1,82-100,72</i>	<i>até 100 (UNT)</i>
<i>Condutividade elétrica µS/cm</i>	<i>sem limite</i>	<i>9,47-103,45</i>	
<i>Cor verdadeira</i>	<i>75mg Pt/L</i>	<i>18,18-120,06</i>	<i>até 100 (mg Pt/L)</i>
		<i>4,83-6,5*</i>	<i>4,3,5-6,5 com C.E. <40,00</i>
<i>pH</i>	<i>6 – 9</i>	<i>6,5-7,6**</i>	<i>6,5 – 8,0 com C.E.<100,00</i>
<i>Íon amônio mg/L</i>	<i>3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5</i>	<i>0,01-0,3</i>	<i>1,0 mg/L N, para pH ≤ 7,5</i>

No agrupamento das análises físicas e químicas com os locais, pela distância euclidiana foram observados semelhanças entre alguns rios. Na margem direita do rio Amazonas o rio Branco mostrou similaridade com os rios Tacutu, Mucajaí, Jauaperi, Uraricoera e não mostrou similaridade com rio Negro. Na separação por faixa de valores, os grupos abaixo mostraram semelhanças entre se. O gráfico da somatória dos cátions ($Ca^{++}+Mg^{++}+K^{+}+Na^{+}$) em meq/L, rio Amazonas (R_AMAZONAS), tributários do alto e médio Amazonas (TRIB_MD), tributários da margem direita do baixo Amazonas (TRIB_MD_BAIXO_AM), rios da bacia do rio Branco da margem esquerda do rio Amazonas e os tributário Jutai e Içá, da margem direita do rio Amazonas (MISTA) e tributários da margem esquerda (Rio Negro e tributários) para visualizar os diferentes grupos (4.15) (Tabela 1.14 a 1.19).

Dos grupos selecionados pela carga iônica:

1. Carga iônica (TZ^{+}) variaram de 0,015 a 0,358 meq/L, são os tributários da margem esquerda do Rio Negro e tributários localizados a montante da foz do rio Branco;
2. Carga iônica (TZ^{+}) variaram de 0,394 a 1,512 meq/L, representado pelo rio Amazonas e tributários da margem direita (alto e médio Amazonas);
3. Carga iônica (TZ^{+}) variaram de 0,092 a 0,525 meq/L, que forma um grupo intermediário com águas mistas, são os tributários da margem direita Jutai e do baixo Amazonas (Tapajós e Xingu) e esquerda (rio Branco, Jauaperi, Mucajaí, Uraricoera e Içá) (Figura 4.15).

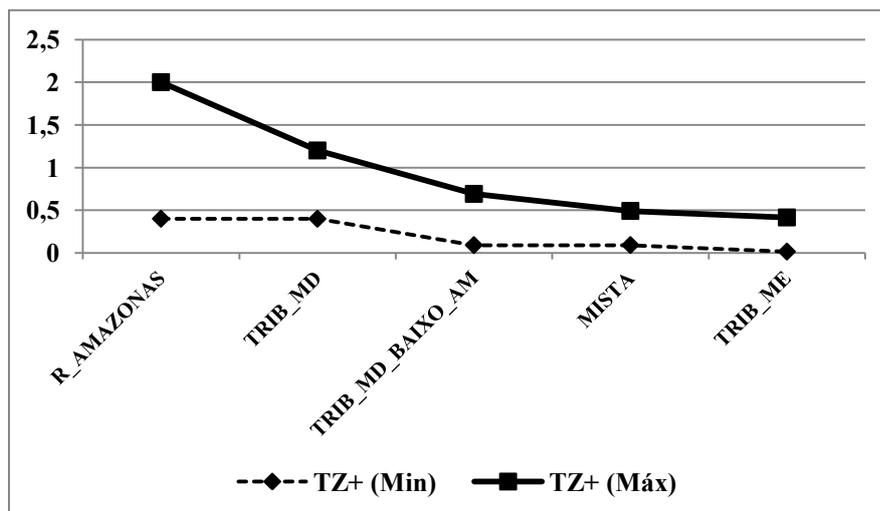


Figura.4.15. Comportamento da somatória dos cátions - TZ^+ ($Ca^{++}+Mg^{++}+Na^++K^+$) em meq/L no rio Amazonas (R_AMAZONAS) e tributários da margem direita (TRIB_MD), tributários do baixo Amazonas (TRIB_MD_BAI_XO_AM), tributários Jutai, Iça Branco, Mucajáí, Cauamé, Jauaperi e Uraricoera (INTERMEDIÁRIOS) e tributários da margem esquerda (TRIB_ME), período de 2009 a 2012.

Estes grupos foram inseridos no mapa para uma melhor compreensão, obedecendo a seguinte ordem:

1 - Águas ácidas ($pH > 6,0$), pouco mineralizadas com carga iônica variando de TZ^+ (0,00 – 0,30 meq/L), são os tributários da margem esquerda (Rio Negro e tributários) (Figura 4.16);

2 - Águas de ligeiramente ácidas a alcalina ($pH 6,5-7,8$), mais ionizada com carga iônica variando de TZ^+ (0,40 a 1,80 meq/L) e

3. Águas MISTAS, de ligeiramente ácidas a ligeiramente alcalina ($pH 6,0$ a $6,8$) com carga iônica variando de TZ^+ (0,10 a 0,50 meq/L) são os tributários da bacia do rio Branco e os tributários da margem direita do rio Amazonas (Jutai, Iça) (Figura 4.16).

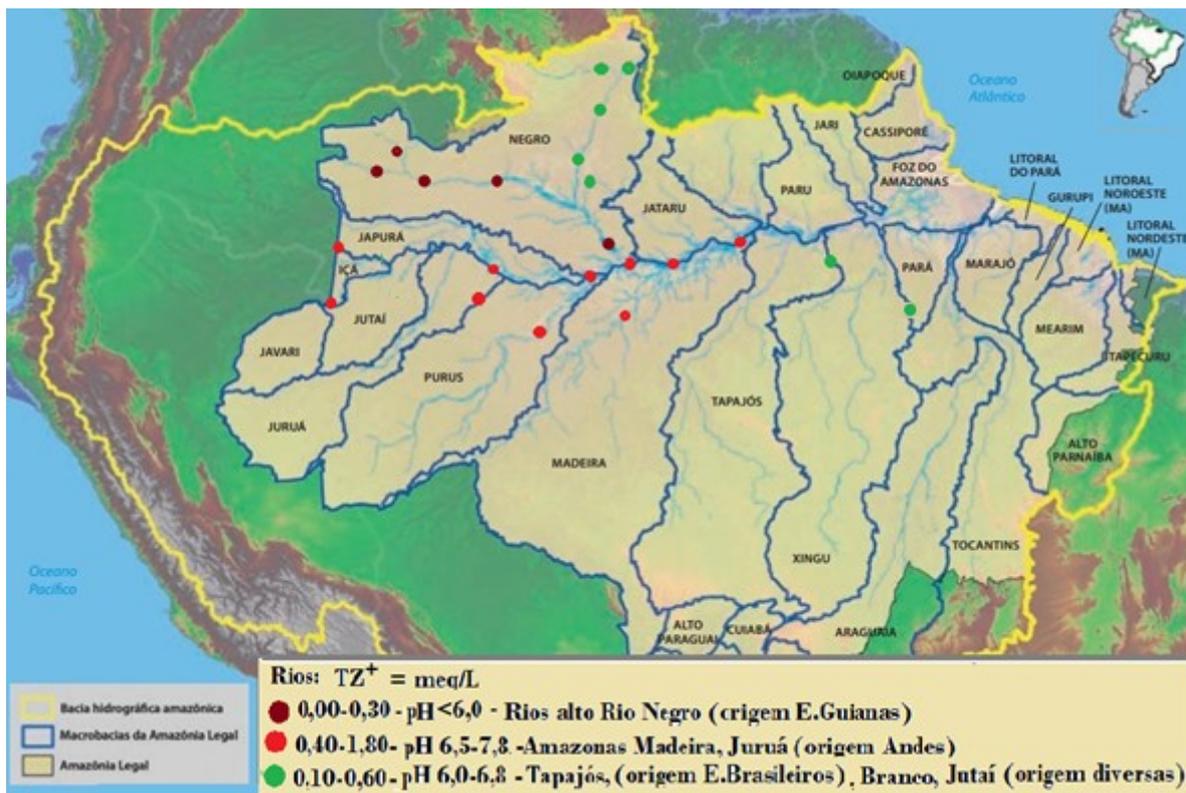


Figura 4.16. Mapa da bacia hidrográfica do rio Amazonas, faixa da somatória dos cátions - TZ⁺ (Ca⁺⁺+Mg⁺⁺+Na⁺+K⁺) (Fontes: Carneiro Filho e Souza, 2009).

4. CONCLUSÕES

Na Amazônia cada região apresenta suas peculiaridades que juntamente com a complexidade de suas águas constitui-se em um grande desafio a implementação da gestão destes recursos. Considerando a grande extensão da bacia Amazônica e o grande número de tributários, o estudo realizado nas águas de sub-superfície de uma sub-bacia, não se pode ser extrapolado para toda bacia.

Mesmo dentro do Brasil, com realidades regionais diferentes, os padrões adotados em uma região não poderão ser necessariamente adotados em outra. Sendo assim, será difícil elaborar uma norma que possa ser aplicável indistintamente em todo o território nacional.

Nesta pesquisa ficou evidenciada, a existência de três setores diferentes na bacia: a leste, influenciado por rios de origem andina ou pré-andina, representada pelos rios de águas de levemente ácida a alcalina); um segundo, na margem esquerda, influenciado por rios que nascem no escudo cristalino das Guianas (com predominância de águas pretas e ácidas com pH variando 4,66 a ligeiramente ácida 6,4) e um terceiro, intermediário que sofre influência de rios que nascem no escudo brasileiro (predominado por águas claras), além das

diferenciações que ocorrem na própria calha principal pela influência destes rios, fazem parte o rio Içá que se encontra na região Periférica Oeste (Andes e Várzeas Holocênicas) além dos rios Trombetas e Tapajós originam-se na região Periférica Sul (escudo cristalino), os rios Jutai, Tefé e Coari pertencentes à região Amazônica Central.

A condutividade elétrica é uma importante variável para a região, as águas dos rios da Amazônia mostraram uma variação com baixa carga iônica (4,59 $\mu\text{S}/\text{cm}$) a alta carga iônica (180 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Esta variável permite avaliar e acompanhar as alterações na composição física e química das águas dos rios. Os nutrientes (N-T, NH_4 , NO_3 , P-T, PO_4) e os metais (Fe^{++} , As_total, Be, Li, Ag, Pb, B, U e Se) não ultrapassaram aos padrões da legislação vigente.

As águas de alguns rios são bem oxigenadas (Rios Madeira e Tapajós) e outros com pouco oxigênio disponível (Rios Amazonas e Negro), valores abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para classe 2 (5mg/L). Apesar dos baixos valores de OD, observados com mais frequência no período de alta precipitação, os rios da Amazônia tem demonstrado bom estado de conservação longe das áreas urbanas, minerações, agricultura entre outras atividades antrópicas que constantemente estão alterando a qualidade das águas.

Torna-se, assim, difícil as águas dos rios da bacia Amazônica serem analisadas ou comparadas com a legislação vigente, devido às características físicas e químicas serem bastante diferenciadas. Rios com características bastante heterogêneas e composição das águas distintas e elevados teores dos metais Ba, Cd, Zn, Mn, Al, Ni, Cr e Cu, que não se enquadram nos limites estabelecidos para classe 2, Resolução CONAMA nº 357/2005. Mesmo assim, esforços devem ser empreendidos para que se possa convergir na definição de um enquadramento para os corpos de água desta região, a fim de facilitar a gestão de forma sustentável.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA, American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21st ed. Washington, D.C.: APHA-AWWA-WEF, 2005.

ANA, AGENCIA NACIONAL DA ÁGUA. Conjetura dos recursos hídricos no Brasil. Brasília, 2011. p.112.

APRILE, F. M.; DARWICH, A.J. Regime térmico e a dinâmica do oxigênio em um lago meromítico de águas pretas da região Amazônica. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, 2009.v. 13, p. 37 – 43.

BELGER, L.; FORSBERG, B.R. Factors controlling Hg levels in two predatory fish species in the Negro river basin, Brazilian Amazon. **Science of the Total Environment**, 2006 . v. 367, p. 451–459. www.elsevier.com/locate/scitotenv.

BERNARDI, J.V.E. et al. Aplicação da Análise das Componentes Principais na Ordenação dos Parâmetros Físico-Químicos no Alto Rio Madeira E Afluentes, Amazônia Ocidental. **Geochimica Brasiliensis**, 2009. v.23, N. 1, p. 79-90.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357/2005, 17 de março de 2005. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 18 de março de 2005.

_____. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília. 1997.

CALLEGARI, J.S.M. **Bioestatística: Princípios e Aplicações**. Porto Alegre: Artmed., 2003. p.365.

CASAGRANDE, C. A., et al. Efeitos Naturais e Antrópicos nas Alterações dos Teores de Oxigênio Dissolvido: Uma Comparação Entre as Bacias do Rio Amazonas e Piracicaba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, 2006. v. 11 (4), p. 221-231.

CUNHA, H. B.. Rios da Amazônia-Brasil: Proposta de Classificação de Suas Águas Respeitando Suas Características Regionais” CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico /Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Relatório Final.“ Amazonas, 2012. p. 42.

CUNHA, H. B.; PASCOALOTO, D. **Hidroquímica dos rios da Amazônia**. Manaus: Governo do Estado do Amazonas; Secretaria de Estado da Cultura; CCPA. 2009. 160 p.

CUNHA, H. B.; PASCOALOTO, D. **Hidroquímica dos rios da Amazônia**. Manaus: Governo do Estado do Amazonas; Secretaria de Estado da Cultura; CCPA Manaus, 2006. p.127.

De PAULA, F.C.F. **Geoquímica de Sedimentos do Rio Madeira (RO) e Alguns Afluentes da Margem Direita**. 1990. Dissertação (Mestrado em Geoquímica). Instituto de Química da Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ.

HIBAM : Hidrologia da Bacia Amazônica. **Relatório da Décima campanha de amostragem de água e sedimentos nas bacias dos rios Tocantins, Xingu e Tapajós**. ORSTOM - CNPq \ ANEEL ·Edição. Alain Laraque e Marcos Assis Rios.1998.

HIBAM: Hidrologia da Bacia Amazônica. Relatório da **Campanha do Programa de medições de vazão e amostragem de água (Manaus-Santarém – Várzea de Curuaí – Santarém –Manaus)** de 03/06 a 17/06 de 2005.

HORBE, A.M.C.; OLIVEIRA, L.G.S. Química de Igarapés de Água preta do Nordeste do Amazonas-Brasil. **Acta Amazônica**, 2008. v. 38 (4), p.753-760.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J. L. Fluxo de sedimentos em Suspensão nos rios da Amazônia. **Revista de Geociências**, São Paulo, 2011. v. 41(4). p. 566-576.

FITTKAU, E.J. Remarks on limnology of Central-Amazon rain-forest streams. **Verh.Internat.Verein.Limnol.** 1964. v.15, p. 1092-1096.

GAILLARDET, J. et al. Chemical and physical denudation in the Amazon River Basin. **Chemical Geology**, 1997. v. 142, p. 141-173.

GIBBS, R. J. The geochemistry of the Amazon River System: 2 PART. I. The Factors that Control the Salinity and the Composition and Concentration of the Suspended Solids. **Geol. Soc. Of America, Bul.**, 1967. v. 78. P. 1202-1232.

GIBBS, R.J. Water chemistry of the Amazon River, Geoch. Et. Cosmoch. **Acta**, 1972. v.36, p. 1061-1066.

GOLTERMAN, H.L. et al.. **Methods for Physical and chemical analysis of fresh water.** Blackwell Scientific Publications, 1978. 325p.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S. **Methods for Chemical Analysis of Fresh Water.** Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1971. p.160p.

GOMES, Núbia A. Ausência de Gestão Integrada entre Órgãos Governamentais Provocam Desperdício de Dinheiro Público e Impede a Revitalização do Igarapé Caranã. In: **Anais. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.** Maceió. 2011.

GOMES, J.P.O.; NASCIMENTO, E.L.; BASTOS, W.R.; BERNARDI, J.V.E.; LACERDA, L.D. Geoquímica de elementos-traço em sólidos em suspensão no alto rio Madeira, Rodônia, Brasil. **Geochimica Brasiliensis**, 2009. v.23(1), p.49-66.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. Princípios **de Estatística em Ecologia.** Porto Alegre: Art. med. 2011. p. 527.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPECIAIS. **Monitoramento da Cobertura Floresta da Amazônia por Satélites SISTEMA-PRODES DETER, DEGRAD e Queimadas.** São José dos Campos. 2007-2008.

KETTELHUT, J.T.S.; AMORE, L.; LEEUWESTEIN, J. M. A Experiência Brasileira de Implementação de Comitês de Bacias Hidrográficas. **Simpósio Internacional Sobre Gestão De Recursos Hídricos.** Gramado, RS. outubro, 1998.

LOPES, U.B. **Aspectos Físicos, Químicos E Ecológicos Das Misturas Naturais De Águas Físico-Quimicamente Diferentes, Na Amazônia.** Tese, INPA/UFAM.1992.

MAIA, P. D. et al. Mercury distribution and exchanges between the Amazon River and connected floodplain lakes. *Science of the Total Environment*. 2009. p. 6073–6084.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. **Water Analysis: Some revised methods for Limnologists**. Cumbria: Freshwater Biological Association, Freshwater Biological Association Scientific Publication, 1978. v. 36.

MERA, P.A.S. **Características Ecológicas Da Desmidioflórula De Uma Região Hidrográfica Do Sistema Trombetas, Estado do Pará, Brasil**. Tese. INPA.238P.1995.

PINTO, A.G.N., et al. Comportamento Geoquímico do Cu, Cd, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn nos sedimentos de fundo do rio Negro, orla de Manaus/AM. **Contribuição da Geologia da Amazônia**, 2007. v.5.

QUEIROZ, M. M. A., et al. Hidroquímica do rio Solimões na região entre Manacapuru e Alvarães – Amazonas – Brasil. **Acta Amazônica**, 2009. v. 39(4), p. 943-952.

R Development Core Team. 2011. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em 07 jan. 2013.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas Doces no Brasil: Capital, ecológico, usos e conservação**. São Paulo, Escritura Editora. 1999. 688p.

ROSALES, J.; VARGAS, O.; RODRIGUES, M. Hydrography and ecohydrology of the Guiana Shield Ecoregion. In **Anais do GuayanaShield Conservation Priority Setting Workshop**, Paramaribo, 2002. Disponível em <http://www.guianashield.org>, acesso em 10 jun 2011.

RIOS-VILLAMIZAR, E.A.; MARTINS, A.F.; WAICHMAN, A.V. Caracterização físico-química das águas e desmatamento na Bacia do rio Purus, Amazonia Brasileira Ocidental. **Geogra. Acadêmica**, 2011. v.5, n.2.

SANTOS, U. de M.; BRINGEL, S.R.B.; BERGAMIN FILHO, H.; RIBEIRO, M. DE N.G.; BANDEIRA, M. Rios da Bacia Amazônica I. Afluentes do rio Negro. **Acta Amazônica**, 1986. v. 3(2), p. 199-207.

SANTOS, M., et al. Rios Da Bacia Amazônica II. Os Afluentes do Rio Branco. **Acta Amazônica**, 1985. V. 15(1-2), p.147-156.

SIOLI, H. **Introduction: history of discovery of the Amazon and the research of Amazonian waters and landscapes**. In: SIOLI, H., Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. The Hague, Dr. W. Junk, 1984. p. 1-13.

_____. Hydrochemistry and Geology in the Brazilian Amazon Region. **Amazoniana**, 1968. v. 3, p. 267-277.

_____. & KLINGE, H. Solos, tipos de Vegetação e Águas na Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi**, 1962. v.1, p. 27-41.

_____. Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte**, 24, 1951.

_____. Das Wasser in Amazonasgebiet. **Fosch. Fortschr.**, 1950. v. 26 (21/22), p. 274-280.

SCHIMITD, G.W. Chemical properties of some water in the tropical rainforest region of central Amazônia along the new road Manaus – Caracaraí. **Amazoniana**, 1972. 3(2), p. 199-207.

SETTI, A.A., et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2ª ed. – Brasília: ANEEL-Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207 p.

SILVA, M.L.; SILVA, M.S.R. Hidrogeoquímica Das Águas Subterrâneas Da Cidade de Iranduba (AM), Brasil. **Caminhos de Geografia** - revista on line . Uberlândia, 2007. v. 8, n. 22, p. 87 - 96. <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>

SILVA, M.S.R.; RAMOS, J.F.; PINTO, A . G.N. 1999. Metais em Sedimentos de Igarapés de Manaus-AM. **Acta Limnologica Brasiliensia**, vol. 1(2) 89-100.

STALLARD, R. F.; EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon basin: 2. The influence of the geology and weathering environment on the dissolved load. **J. Geophys. Res.**, Washington, 1983. v. 88, p. 9671– 9688.

UMBUZEIR O. G. A.; KUMMROW, F.; REI, F. F.C. Toxicologia, padrões de qualidade de água e a legislação. **INTERFACEHS - Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**. 2010. v. 5 (1).

VALDERRAMA, J. G. The similarities analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. **Mar. Chem.**, 1981. v.10, p.109-122.

WALKER, I. Amazonian streams and small rivers. in: **Limnology in Brazil**.Org. por Tundisi, J. G., Bicudo, C. E. M., Matsumura-Tundisi, T., ABC/SBL Rio de Janeiro, 1995. p. 167-193.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aspectos para contribuir no enquadramento e preservação do rio Amazonas:

- As iniciativas direcionadas à gestão das águas da região Amazônica se constituirão em um grande desafio contra a exploração não sustentável deste ambiente. Contudo, a forma de abordagem a ser adotada terá um caráter muito peculiar, pois esta região apresenta características diferenciadas dos ambientes que serviram de base para elaborar a legislação vigente.

- No que diz respeito à aplicação da legislação atual à realidade amazônica, verificou-se neste trabalho que há divergências entre as classes de águas estabelecidas na legislação e alguns ambientes naturais da Amazônia, divergências estas, que não podem ser conciliadas simplesmente pelos ajustes que a legislação permite (prevalece à condição natural), já que, o enquadramento visa gestão e, portanto, tomada de decisão diante de impactos por ações antrópicas são maiores as dificuldades em rios da Amazônia, principalmente os de águas pretas (pH < 6, CONAMA nº 357/2005).

- O presente trabalho tem mostrado, não apenas diferenças entre a realidade amazônica e o que preconiza a legislação vigente, mas também que dentro da própria Amazônia existe uma alta heterogeneidade a ponto de dificultar a elaboração de normas aplicáveis indistintamente a toda região. Procurou-se, na medida do possível, identificar setores que guardassem certa similaridade, os quais receberiam as abordagens apropriadas. Dada à diversidade geológica existente dentro da bacia, não é tão simples organizá-la por setores, já que existem alguns rios que assumem características diferentes em vários trechos ao cruzarem terrenos diferentes ou receberem influências de tributários oriundos de áreas geologicamente diferentes, foi possível organizar três setores na parte brasileira da bacia, tendo como critério o predomínio de um tipo específico de águas, tomando-se como base o trabalho de Stallard e Edmond (1983), com ligeira adaptação. Entretanto, permaneceram algumas situações anômalas, como a presença de um tipo de água em um setor e outro tipo no outro. Um exemplo desta situação é a presença do rio Branco (águas com TZ⁺ intermediárias), em uma região onde predomina rios de águas pretas (águas com TZ⁺ baixo).

- Outra questão diz respeito às baixas concentrações de oxigênio (inferior a 5,0 mg/L, limite mínimo na classe 2 – Resolução CONAMA nº 357/2005), nos rios naturais, ou seja, qualquer teor baixo de oxigênio à jusante de uma cidade que descarregue esgoto *in natura* no rio pode ser atribuído (como pretexto) às condições naturais do mesmo e não aos efeitos que uma carga orgânica pode causar, pelo fato de ser difícil atribuir a origem destes baixos teores

e, para se evitar possíveis danos ao ambiente, faz-se necessário uma fiscalização constante no que diz respeito aos lançamentos de efluentes.

- A alteração do íon amônio (NH_4^+) de 1,0 mg/L na Resolução COMAMA nº 20/1976, para 3,7 mg/L (classe I e II, Resolução COMAMA nº 357/CONAMA) desconsiderou as águas naturais dos rios da Amazônia, que neste estudo não ultrapassaram a 0,9 mg/L, e concentrações elevadas, torna o ambiente impróprio para biota que está adaptada a baixas concentrações deste íon nestas águas e permitiria contaminações forte por estas substâncias sem infringir a Legislação. Portanto, quando se for partir para a gestão destes ambientes é necessário que se disponha de outros instrumentos normativos contendo restrições mais rigorosas inclusive vetando certas atividades econômicas.

- Dada a grande a diversidade na composição física, química e biológica dos rios na Amazônia, é importante conhecer o funcionamento destes ambientes levando em consideração o regime hidrológico (sazonalidade em cada bacia), para fornecer subsídio aos gestores em tomadas de decisão no enquadramento destes rios.

Tabela 1.14. Resultados dos valores médios dos cátions (K^+ , Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++}) e ânions (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) em mg/L ao longo do rio Amazonas no período chuvoso de 2009 a 2012.

	K	Na	Mg	Ca	HCO3-	SO4	Cl
RS_PER	1,144	5,039	1,906	9,447	86,010	4,806	2,134
RAM_CO	1,010	6,030	1,900	21,400	76,860	6,030	4,440
RS_TBT	1,206	6,449	2,076	12,828	81,537	7,670	3,041
RS_COAR	1,038	2,919	1,260	7,787	40,336	4,996	2,046
RS_COD	0,994	2,560	1,280	9,469	39,345	8,603	1,783
RS_JURUÁ	1,000	3,139	0,955	13,814	33,550	2,085	1,813
RS_JUTAI	1,333	4,198	1,570	19,934	60,390	4,489	3,004
RS_MANAC	0,892	3,247	1,211	10,006	31,720	2,214	2,080
RS_TEFEI	2,243	3,866	1,663	13,406	29,890	2,661	2,382
RS_IRAND	0,886	4,332	1,236	2,353	39,040	2,353	3,179
RS_ANAMA	1,057	2,674	1,201	9,182	36,600	9,182	1,988
RS_MAO	0,875	2,844	1,235	10,459	35,075	5,444	1,749
RS_MACHANT	0,973	2,532	1,243	8,109	40,870	6,017	1,215
RS_ITAC	0,907	3,384	1,196	8,624	30,866	2,436	2,334
RS_PURUS	1,102	2,832	1,500	12,806	33,750	2,178	1,954
RS_PARINT2	0,896	4,313	1,400	9,126	31,313	5,077	2,472
RS_FBOA	1,020	4,991	1,257	10,044	48,800	3,306	2,752
RAM_SAISA	0,654	3,247	0,896	6,382	30,500	1,746	1,479
RS_TONANT	0,885	0,873	1,275		35,990	2,947	2,351
RS_AMAT	0,853	1,059	10,648	2,622	37,820	2,141	2,141
RAM_OBID	0,984	4,424	1,409	8,251	29,890	5,012	2,378
RAM_SAT	0,997	2,018	1,142	6,906	75,640	3,045	1,464
Média	1,04	3,50	1,79	10,14	44,81	4,29	2,28
DP	0,29	1,37	1,95	4,48	17,99	2,15	0,69
Mínimo	0,65	0,87	0,90	2,35	29,89	1,75	1,22
Máximo	2,24	6,45	10,65	21,40	86,01	9,18	4,44

Tabela 1.15. Resultados dos valores médios dos cátions (K, Na⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺) e ânions (HCO₃⁻, SO₄⁻², Cl⁻) em mg/L no rio Amazonas, do período de estiagem de 2009 a 2012.

Locais	K⁺	Na⁺	Mg⁺⁺	Ca⁺⁺	HCO₃⁻	SO₄⁻²	Cl⁻
RS_TBT	1,31	8,15	2,25	21,38	59,17	10,50	8,01
RS_COAR2	1,05	4,77	1,20	10,92	36,91	4,49	3,55
RS_JURUA	0,85	5,52	1,11	14,13	49,41	6,02	4,19
RS_JUTAI1	0,96	6,62	1,34	13,57	51,24	6,84	5,13
RS_TEFE1	1,04	5,74	1,20	12,04	40,26	4,21	2,99
RS_MANAC	0,90	5,54	1,51	10,60	41,07	4,77	4,03
RAM_IRAND	1],11	5,69	1,62	11,71	31,23	5,43	4,33
RAM_MANAUS	0,93	5,23	1,39	10,63	36,304	4,04	3,80
RAM_ITAC	0,92	4,13	1,16	8,81	30,70	3,56	2,90
RPUR_BER1	0,95	3,85	1,25	11,14	34,02	3,04	2,68
RS_SAISA	0,73	2,06	0,64	1,55	18,30	2,01	1,43
RS_TONANT	2,93	8,16	2,77	16,18	36,60	8,17	5,82
RS_AMATUR	0,77	1,83	0,12	0,97	9,15	0,20	1,31
RAM_OBID	0,90	3,03	1,06	6,48	29,28	3,13	1,70
RAM_SAT	0,89	2,80	0,94	5,11	13,73	1,66	1,64
Média	4,94	5,06	1,36	10,59	35,08	4,85	3,76
DP	14,91	2,12	0,66	5,41	13,87	2,83	2,00
Mínimo	0,73	1,83	0,12	0,97	9,15	0,20	1,31
Máximo	58,80	8,16	2,77	21,38	59,17	10,50	8,01

Tabela 1.16. Resultados dos valores médios dos cátions (K, Na⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺) e ânions (HCO₃⁻, SO₄⁻², Cl⁻) em meq/L tributários da margem direita do rio Amazonas, do período de estiagem, de 2009 a 2012.

LOCAIS	K⁺	Na⁺	Mg⁺⁺	Ca⁺⁺	HCO₃⁻	SO₄⁻²	Cl⁻
RARAPIUNS	0,35	1,36	0,19	0,58	3,36	0,21	1,26
RBOIA	0,47	1,55	0,06	0,17	7,02	0,18	1,00
RCURUA-UNA	0,78	3,10	1,01	5,77	9,76	3,47	2,37
RCUPARI	0,73	2,92	0,78	2,97	13,00	9,27	0,01
RJAV_AN	1,04	1,36	0,40	2,54	12,20	0,97	0,40
RJAV_BC	0,95	1,16	0,42	2,60	12,20	0,96	0,32
RJURUA1	0,27	1,21	4,36	163,37	65,47	1,28	2,14
RJUTAI	0,87	1,92	0,46	2,65	8,54	0,76	1,12
RMAD_ALTAZ2	1,38	3,58	2,20	6,07	27,60	7,36	1,15
RMAD_HUMAT	1,10	3,36	1,84	5,45	30,50	ND	1,13
RPUR_LAB	0,99	4,97	1,46	7,22	37,97	2,42	0,96
RPUR_BER	1,08	3,99	1,60	4,03	20,94	1,84	8,10
RTAP	0,72	1,31	0,45	1,29	15,95	0,48	0,61
RTAP_ITAITUBA	0,54	1,06	0,85	2,45	12,61	5,27	0,21
RXING	1,44	3,77	0,63	1,28	31,72	0,69	0,40
Média	0,85	2,44	1,11	13,90	20,59	2,51	1,41
DP	0,35	1,29	1,10	41,40	16,07	2,85	1,97
Mínimo	0,27	1,06	0,06	0,17	3,36	0,18	0,01
Máximo	1,44	4,97	4,36	163,37	65,47	9,27	8,10

Tabela 1.17. Resultados dos valores médios dos cátions (K^+ , Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++}) e ânions (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) em meq/L tributários da margem direita do rio Amazonas, do período de chuvoso, de 2009 a 2012.

LOCAIS	K^+	Na^+	Mg^{++}	Ca^{++}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
RARAPIUNS	0,75	0,75	0,34	0,81	6,10	0,16	0,55
RBUICU_ITAPIR	0,80	2,80	0,60	3,34	16,47	0,94	2,17
R_COARI	0,49	0,79	0,14	0,65	5,49	0,40	0,46
RJAV1	0,69	0,85	1,17	1,83	10,98	3,77	0,22
RJAVAR_BC	0,49	0,62	0,26	1,53	9,76	0,38	0,21
RJURUA	1,03	1,81	0,61	1,47	10,27	1,45	1,09
RJUTAI	0,61	2,21	0,23	1,67	7,32	0,45	0,61
RMAD_ALTAZ	1,40	2,32	1,77	4,51	19,83	4,46	0,46
RMAD_HUM2	1,85	3,91	2,62	7,78	26,54	8,77	3,13
R_MAD_P.VELHO	1,43	4,12	3,26	8,85	28,37	10,93	1,00
RPURUS	0,96	1,54	0,50	2,09	14,95	0,67	0,90
RPUR_BER	0,92	0,96	0,62	2,53	15,86	1,76	0,57
R_TARAUCA	0,67	5,92	2,10	15,15	225,70	1,61	1,53
RTAP	0,96	1,05	0,44	1,40	22,10	0,39	0,93
RTEFÉ	ND	2,84	ND	ND	6,71	ND	ND
Média	0,93	2,17	1,05	3,83	28,43	2,58	0,99
DP	0,39	1,54	0,99	4,10	55,06	3,36	0,81
Mínimo	0,49	0,62	0,14	0,65	5,49	0,16	0,21
Máximo	1,85	5,92	3,26	15,15	225,70	10,93	3,13

Tabela 1.18. Resultados dos valores médios dos cátions (K^+ , Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++}) e ânions (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) em meq/L tributários da margem esquerda do rio Amazonas, do período chuvoso, de 2009 a 2012.

LOCAIS	K^+	Na^+	Mg^{++}	Ca^{++}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
RCARU	0,15	1,44	0,09	0,31	4,27	0,11	1,45
RCAUAMAÉ	0,52	3,17	0,32	0,71	7,12	0,37	1,61
RCURICURIAR	0,09	0,15	0,02	0,10	23,60	0,10	0,13
RS_ICA	0,47	2,35	0,45	2,31	11,59	0,61	0,60
RITAPANY	0,24	1,42	0,06	0,26	3,97	0,18	1,27
RIÇANA	0,15	0,20	0,04	0,15	5,39	0,03	0,15
RGRANDE_ITAPIR	1,20	1,92	0,11	0,77	4,27	0,09	1,81
RJAPURÁ	0,67	1,06	0,08	0,46	4,83	0,06	0,98
RJAUAPERI	1,91	3,96	0,38	1,06	10,07	0,21	2,83
RCUBATI	0,12	0,24	0,03	0,11	25,60	0,04	0,10
RMUCAJAI	1,59	4,22	1,15	2,32	20,13	0,20	2,12
RMARICOTA	0,26	1,29	0,04	0,10	3,66	0,13	0,76
RMARIE	0,13	0,22	0,03	0,12	18,87	0,10	0,27
RNHAM	0,38	1,95	0,12	0,84	6,10	1,51	1,18
RN_MAO	0,45	1,17	0,15	0,87	3,36	0,20	0,16
RN_SGC	0,28	0,59	0,09	0,71	2,14	0,09	0,18
RN_XIER	0,47	0,54	0,07	0,34	10,80	0,09	0,42
RTACUTU	1,53	4,77	0,96	1,91	16,06	0,34	1,71
R_SARABAN	0,17	1,34	0,06	0,34	4,88	0,10	1,41
R_UALPES	0,14	0,21	0,13	1,38	6,09	0,08	0,07
R_TROM	1,97	1,71	0,42	1,95	24,68	1,00	1,84
R_URACICUE	1,66	1,24	0,64	1,37	10,37	0,21	0,34
RUATUMÃ_1	0,33	1,44	0,97	<0,02	5,49	1,65	0,76
R_URUBU	0,41	2,41	0,38	2,32	21,35	0,59	2,72
R_VIRAMUN	0,11	1,53	0,07	0,18	4,27	0,06	1,62
RXIER	0,22	0,47	0,03	0,14	10,17	0,04	0,08
Média	0,60	1,58	0,26	0,84	10,35	0,31	1,02
DP	0,61	1,27	0,33	0,77	7,50	0,43	0,84
Mínimo	0,09	0,15	0,02	0,10	2,14	0,03	0,07
Máximo	1,97	4,77	1,15	2,32	25,60	1,65	2,83

Tabela 1.19. Resultados dos valores médios dos cátions (K^+ , Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++}) e ânions (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) em meq/L tributários da margem esquerda do rio Amazonas, do período estiagem, de 2009 a 2012.

Locais	K^+	Na^+	Mg^{++}	Ca^{++}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
RANAUA	1,78	3,73	0,72	2,24	15,86	0,21	2,48
RARIAU	0,99	7,02	1,52	<0,001	20,13	4,24	16,42
RALALAU	0,83	1,74	0,12	0,36	8,74	0,15	0,57
RB	1,00	2,87	0,69	1,49	15,52	0,42	1,17
RB_BR174	0,96	2,32	0,53	1,00	13,12	0,23	0,77
RCAUAMAÉ	0,17	1,11	0,28	0,67	7,12	0,19	0,46
RCURUA- UNA	0,78	3,10	1,01	5,77	9,76	3,47	2,37
RIÇA	0,58	1,71	0,14	1,67	9,15	0,78	1,32
RJAPURA	0,46	5,91	0,14	0,90	5,49	0,39	4,43
RJAUAPERI	1,60	2,55	0,46	1,15	13,22	0,22	0,71
RMUCAJAI	1,20	2,85	1,08	1,71	18,10	0,24	0,62
RNHAM1	0,90	1,77	0,78	4,72	64,97	1,39	1,21
RN_MAO	1,22	1,17	0,17	1,21	7,63	0,19	0,45
RPE	0,30	0,56	0,10	0,63	8,13	0,33	0,59
RTACUTU	1,40	4,53	1,06	2,21	22,37	0,24	1,17
RTROMB	1,33	1,46	0,30	1,22	15,66	0,68	1,22
RURUBU	0,23	0,44	0,13	0,31	7,32	0,10	0,69
RURARICUE	2,13	2,34	0,73	1,33	20,33	0,20	1,74
RUATUMA	0,48	0,91	0,40	0,28	16,47	0,84	0,52
Média	0,97	2,53	0,54	1,60	15,74	0,76	2,05
DP	0,54	1,75	0,41	1,46	12,97	1,14	3,61
Mínimo	0,17	0,44	0,10	0,28	5,49	0,10	0,45
Máximo	2,13	7,02	1,52	5,77	64,97	4,24	16,42

ANEXOS



Presidência da
República
Casa Civil
Subchefia para
Assuntos Jurídicos

LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

TÍTULO I

DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

CAPÍTULO I

DOS FUNDAMENTOS

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

- I - a água é um bem de domínio público;
- II - a água é um recurso **natural** limitado, dotado de valor econômico;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

CAPÍTULO II

DOS OBJETIVOS

Art. 2º São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com **vistas** ao desenvolvimento sustentável;
- III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem **natural** ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

CAPÍTULO III

DAS DIRETRIZES GERAIS DE AÇÃO

Art. 3º Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;
- II - a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;
- III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
- IV - a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;

V - a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;

VI - a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.

Art. 4º A União articular-se-á com os Estados tendo em vista o gerenciamento dos recursos hídricos de interesse comum.

CAPÍTULO IV

DOS INSTRUMENTOS

Art. 5º São instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - os Planos de Recursos Hídricos;
- II - o enquadramento dos corpos de água em **classes, segundo** os usos preponderantes da água;
- III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V - a compensação a municípios;
- VI - o Sistema de **informações** sobre Recursos Hídricos.

SEÇÃO I

DOS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS

Art. 6º Os Planos de Recursos Hídricos são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos.

Art. 7º Os Planos de Recursos Hídricos são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e terão o seguinte conteúdo mínimo:

- I - diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;
- II - análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;
- III - balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
- IV - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- V - medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;

VI - (VETADO) e VII - (VETADO)

VIII - prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;

IX - diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;

X - propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com **vistas** à proteção dos recursos hídricos.

Art. 8º Os Planos de Recursos Hídricos serão elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País.

SEÇÃO II

DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA EM CLASSES, SEGUNDO OS USOS PREPONDERANTES DA ÁGUA

Art. 9º O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, visa a:

I - assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;

II - diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

Art. 10. As classes de corpos de água serão estabelecidas pela legislação ambiental.

SEÇÃO III

DA OUTORGA DE DIREITOS DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS

Art. 11. O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

Art. 12. Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:

I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III - lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV - aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

§ 1º Independem de outorga pelo Poder Público, conforme definido em regulamento:

I - o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural;

II - as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes;

III - as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes.

§ 2º A outorga e a utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica estará subordinada ao Plano Nacional de Recursos Hídricos, aprovado na forma do disposto no inciso VIII do art. 35 desta Lei, obedecida a disciplina da legislação setorial específica.

Art. 13. Toda outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso.

Parágrafo único. A outorga de uso dos recursos hídricos deverá preservar o uso múltiplo destes.

Art. 14. A outorga efetivar-se-á por ato da autoridade competente do Poder Executivo Federal, dos Estados ou do Distrito Federal.

§ 1º O Poder Executivo Federal poderá delegar aos Estados e ao Distrito Federal competência para conceder outorga de direito de uso de recurso hídrico de domínio da União.

§ 2º (VETADO)

Art. 15. A outorga de direito de uso de recursos hídricos poderá ser suspensão parcial ou totalmente, em definitivo ou por prazo determinado, nas seguintes circunstâncias:

I - não cumprimento pelo outorgado dos termos da outorga;

II - ausência de uso por três anos consecutivos;

III - necessidade premente de água para atender a situações de calamidade, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas;

IV - necessidade de se prevenir ou reverter grave degradação ambiental;

V - necessidade de se atender a usos prioritários, de interesse coletivo, para os quais não se disponha de fontes alternativas;

VI - necessidade de serem mantidas as características de navegabilidade do corpo de água.

Art. 16. Toda outorga de direitos de uso de recursos hídricos far-se-á por prazo não excedente a trinta e cinco anos, renovável.

Art. 17. (VETADO)

Art. 18. A outorga não implica a alienação parcial das águas, que são inalienáveis, mas o simples direito de seu uso.

SEÇÃO IV

DA COBRANÇA DO USO DE RECURSOS HÍDRICOS

Art. 19. A cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva:

I - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;

II - incentivar a racionalização do uso da água;

III - obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

Art. 20. Serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos a outorga, nos termos do art. 12 desta Lei.

Parágrafo único. (VETADO)

Art. 21. Na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos devem ser observados, dentre outros:

I - nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação;

II - nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente.

Art. 22. Os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados e serão utilizados:

I - no financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídos nos Planos de Recursos Hídricos;

II - no pagamento de despesas de implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

§ 1º A aplicação nas despesas previstas no inciso II deste artigo é limitada a sete e meio por cento do total arrecadado.

§ 2º Os valores previstos no *caput* deste artigo poderão ser aplicados a fundo perdido em projetos e obras que alterem, de modo considerado benéfico à coletividade, a qualidade, a quantidade e o regime de vazão de um corpo de água.

§ 3º (VETADO)

Art. 23. (VETADO)

SEÇÃO V

DA COMPENSAÇÃO A MUNICÍPIOS

Art. 24. (VETADO)

SEÇÃO VI

DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS

Art. 25. O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão.

Parágrafo único. Os dados gerados pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos serão incorporados ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

Art. 26. São princípios básicos para o funcionamento do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos:

I - descentralização da obtenção e produção de dados e informações;

II - coordenação unificada do sistema;

III - acesso aos dados e informações garantido à toda a sociedade.

Art. 27. São objetivos do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos:

I - reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil;

II - atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional;

III - fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.

CAPÍTULO V

DO RATEIO DE CUSTOS DAS OBRAS DE USO MÚLTIPLO, DE INTERESSE COMUM OU COLETIVO

Art. 28. (VETADO)

CAPÍTULO VI

DA AÇÃO DO PODER PÚBLICO

Art. 29. Na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, compete ao Poder Executivo Federal:

I - tomar as providências necessárias à implementação e ao funcionamento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

II - outorgar os direitos de uso de recursos hídricos, e regulamentar e fiscalizar os usos, na sua esfera de competência;

III - implantar e gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, em âmbito nacional;

IV - promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental.

Parágrafo único. O Poder Executivo Federal indicará, por decreto, a autoridade responsável pela efetivação de outorgas de direito de uso dos recursos hídricos sob domínio da União.

Art. 30. Na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, cabe aos Poderes Executivos Estaduais e do Distrito Federal, na sua esfera de competência:

I - outorgar os direitos de uso de recursos hídricos e regulamentar e fiscalizar os seus usos;

II - realizar o controle técnico das obras de oferta hídrica;

III - implantar e gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, em âmbito estadual e do Distrito Federal;

IV - promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental.

Art. 31. Na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, os Poderes Executivos do Distrito Federal e dos municípios promoverão a integração das políticas locais de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e de meio ambiente com as políticas federal e estaduais de recursos hídricos.

TÍTULO II

DO SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

CAPÍTULO I

DOS OBJETIVOS E DA COMPOSIÇÃO

Art. 32. Fica criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com os seguintes objetivos:

I - coordenar a gestão integrada das águas;

II - arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;

III - implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos;

IV - planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos;

V - promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Art. 33. Integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos: [\(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000\)](#)

I – o Conselho Nacional de Recursos Hídricos; [\(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000\)](#)

I-A. – a Agência Nacional de Águas; [\(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000\)](#)

II – os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; [\(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000\)](#)

III – os Comitês de Bacia Hidrográfica; [\(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000\)](#)

IV – os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; [\(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000\)](#)

V – as Agências de Água. [\(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000\)](#)

CAPÍTULO II

DO CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

Art. 34. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos é composto por:

I - representantes dos Ministérios e Secretarias da Presidência da República com atuação no gerenciamento ou no uso de recursos hídricos;

II - representantes indicados pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos;

III - representantes dos usuários dos recursos hídricos;

IV - representantes das organizações civis de recursos hídricos.

Parágrafo único. O número de representantes do Poder Executivo Federal não poderá exceder à metade mais um do total dos membros do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Art. 35. Compete ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos:

I - promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários;

II - arbitrar, em última instância administrativa, os conflitos existentes entre Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos;

III - deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos cujas repercussões extrapolem o âmbito dos Estados em que serão implantados;

IV - deliberar sobre as questões que lhe tenham sido encaminhadas pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos ou pelos Comitês de Bacia Hidrográfica;

V - analisar propostas de alteração da legislação pertinente a recursos hídricos e à Política Nacional de Recursos Hídricos;

VI - estabelecer diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VII - aprovar propostas de instituição dos Comitês de Bacia Hidrográfica e estabelecer critérios gerais para a elaboração de seus regimentos;

VIII - (VETADO)

IX - acompanhar a execução e aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos e determinar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas; (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

X - estabelecer critérios gerais para a outorga de direitos de uso de recursos hídricos e para a cobrança por seu uso.

XI - zelar pela implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB); (Incluído pela Lei nº 12.334, de 2010)

XII - estabelecer diretrizes para implementação da PNSB, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB); (Incluído pela Lei nº 12.334, de 2010)

XIII - apreciar o Relatório de Segurança de Barragens, fazendo, se necessário, recomendações para melhoria da segurança das obras, bem como encaminhá-lo ao Congresso Nacional. (Incluído pela Lei nº 12.334, de 2010)

Art. 36. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos será gerido por:

I - um Presidente, que será o Ministro titular do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal;

II - um Secretário Executivo, que será o titular do órgão integrante da estrutura do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, responsável pela gestão dos recursos hídricos.

CAPÍTULO III

DOS COMITÊS DE BACIA HIDROGRÁFICA

Art. 37. Os Comitês de Bacia Hidrográfica terão como área de atuação:

I - a totalidade de uma bacia hidrográfica;

II - sub-bacia hidrográfica de tributário do curso de água principal da bacia, ou de tributário desse tributário; ou

III - grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas.

Parágrafo único. A instituição de Comitês de Bacia Hidrográfica em rios de domínio da União será efetivada por ato do Presidente da República.

Art. 38. Compete aos Comitês de Bacia Hidrográfica, no âmbito de sua área de atuação:

I - promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes;

II - arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos;

III - aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia;

IV - acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;

V - propor ao Conselho Nacional e aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos as acumulações, derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com os domínios destes;

VI - estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados;

VII - (VETADO) e VIII - (VETADO)

IX - estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

Parágrafo único. Das decisões dos Comitês de Bacia Hidrográfica caberá recurso ao Conselho Nacional ou aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com sua esfera de competência.

Art. 39. Os Comitês de Bacia Hidrográfica são compostos por representantes:

I - da União;

II - dos Estados e do Distrito Federal cujos territórios se situem, ainda que parcialmente, em suas respectivas áreas de atuação;

III - dos Municípios situados, no todo ou em parte, em sua área de atuação;

IV - dos usuários das águas de sua área de atuação;

V - das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia.

§ 1º O número de representantes de cada setor mencionado neste artigo, bem como os critérios para sua indicação, serão estabelecidos

nos regimentos dos comitês, limitada a representação dos poderes executivos da União, Estados, Distrito Federal e Municípios à metade do total de membros.

§ 2º Nos Comitês de Bacia Hidrográfica de bacias de rios fronteirizos e transfronteirizos de gestão compartilhada, a representação da União deverá incluir um representante do Ministério das Relações Exteriores.

§ 3º Nos Comitês de Bacia Hidrográfica de bacias cujos territórios abrangem terras indígenas devem ser incluídos representantes:

I - da Fundação Nacional do Índio - FUNAI, como parte da representação da União;

II - das comunidades indígenas ali residentes ou com interesses na bacia.

§ 4º A participação da União nos Comitês de Bacia Hidrográfica com área de atuação restrita a bacias de rios sob domínio estadual, dar-se-á na forma estabelecida nos respectivos regimentos.

Art. 40. Os Comitês de Bacia Hidrográfica serão dirigidos por um Presidente e um Secretário, eleitos dentre seus membros.

CAPÍTULO IV

DAS AGÊNCIAS DE ÁGUA

Art. 41. As Agências de Água exercerão a função de secretaria executiva do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica.

Art. 42. As Agências de Água terão a mesma área de atuação de um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica.

Parágrafo único. A criação das Agências de Água será autorizada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos ou pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos mediante solicitação de um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica.

Art. 43. A criação de uma Agência de Água é condicionada ao atendimento dos seguintes requisitos:

I - prévia existência do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica;

II - viabilidade financeira assegurada pela cobrança do uso dos recursos hídricos em sua área de atuação.

Art. 44. Compete às Agências de Água, no âmbito de sua área de atuação:

I - manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação;

II - manter o cadastro de usuários de recursos hídricos;

III - efetuar, mediante delegação do outorgante, a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

IV - analisar e emitir pareceres sobre os projetos e obras a serem financiados com recursos gerados pela cobrança pelo uso de Recursos Hídricos e encaminhá-los à instituição financeira responsável pela administração desses recursos;

V - acompanhar a administração financeira dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos em sua área de atuação;

VI - gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos em sua área de atuação;

VII - celebrar convênios e contratar financiamentos e serviços para a execução de suas competências;

VIII - elaborar a sua proposta orçamentária e submetê-la à apreciação do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica;

IX - promover os estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos em sua área de atuação;

X - elaborar o Plano de Recursos Hídricos para apreciação do respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica;

XI - propor ao respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica:

a) o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para encaminhamento ao respectivo Conselho Nacional ou Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com o domínio destes;

b) os valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos;

c) o plano de aplicação dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

d) o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

CAPÍTULO V

DA SECRETARIA EXECUTIVA DO CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

Art. 45. A Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos será exercida pelo órgão integrante da estrutura do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, responsável pela gestão dos recursos hídricos.

Art. 46. Compete à Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos: [\(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000\)](#)

I - prestar apoio administrativo, técnico e financeiro ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos; [\(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000\)](#)

II - revogado; [\(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000\)](#)

III - instruir os expedientes provenientes dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e dos Comitês de Bacia Hidrográfica;" [\(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000\)](#)

IV - revogado;" [\(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000\)](#)

V - elaborar seu programa de trabalho e respectiva proposta orçamentária anual e submetê-los à aprovação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. [\(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000\)](#)

CAPÍTULO VI

DAS ORGANIZAÇÕES CIVIS DE RECURSOS HÍDRICOS

Art. 47. São consideradas, para os efeitos desta Lei, organizações civis de recursos hídricos:

I - consórcios e associações intermunicipais de bacias hidrográficas;

II - associações regionais, locais ou setoriais de usuários de recursos hídricos;

III - organizações técnicas e de ensino e pesquisa com interesse na área de recursos hídricos;

IV - organizações não-governamentais com objetivos de defesa de interesses difusos e coletivos da sociedade;

V - outras organizações reconhecidas pelo Conselho Nacional ou pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

Art. 48. Para integrar o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, as organizações civis de recursos hídricos devem ser legalmente constituídas.

TÍTULO III

DAS INFRAÇÕES E PENALIDADES

Art. 49. Constitui infração das normas de utilização de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos:

I - derivar ou utilizar recursos hídricos para qualquer finalidade, sem a respectiva outorga de direito de uso;

II - iniciar a implantação ou implantar empreendimento relacionado com a derivação ou a utilização de recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, que implique alterações no regime, quantidade ou qualidade dos mesmos, sem autorização dos órgãos ou entidades competentes;

III - (VETADO)

IV - utilizar-se dos recursos hídricos ou executar obras ou serviços relacionados com os mesmos em desacordo com as condições estabelecidas na outorga;

V - perfurar poços para extração de água subterrânea ou operá-los sem a devida autorização;

VI - fraudar as medições dos volumes de água utilizados ou declarar valores diferentes dos medidos;

VII - infringir normas estabelecidas no regulamento desta Lei e nos regulamentos administrativos, compreendendo instruções e procedimentos fixados pelos órgãos ou entidades competentes;

VIII - obstar ou dificultar a ação fiscalizadora das autoridades competentes no exercício de suas funções.

Art. 50. Por infração de qualquer disposição legal ou regulamentar referentes à execução de obras e serviços hidráulicos, derivação ou utilização de recursos hídricos de domínio ou administração da União, ou pelo não atendimento das solicitações feitas, o infrator, a critério da autoridade competente, ficará sujeito às seguintes penalidades, independentemente de sua ordem de enumeração:

I - advertência por escrito, na qual serão estabelecidos prazos para correção das irregularidades;

II - multa, simples ou diária, proporcional à gravidade da infração, de R\$ 100,00 (cem reais) a R\$ 10.000,00 (dez mil reais);

III - embargo provisório, por prazo determinado, para execução de serviços e obras necessárias ao efetivo cumprimento das condições de outorga ou para o cumprimento de normas referentes ao uso, controle, conservação e proteção dos recursos hídricos;

IV - embargo definitivo, com revogação da outorga, se for o caso, para repor incontinenti, no seu antigo estado, os recursos hídricos, leitos e margens, nos termos dos [arts. 58 e 59 do Código de Águas](#) ou tamponar os poços de extração de água subterrânea.

§ 1º Sempre que da infração cometida resultar prejuízo a serviço público de

abastecimento de água, riscos à saúde ou à vida, perecimento de bens ou animais, ou prejuízos de qualquer natureza a terceiros, a multa a ser aplicada nunca será inferior à metade do valor máximo cominado em abstrato.

§ 2º No caso dos incisos III e IV, independentemente da pena de multa, serão cobradas do infrator as despesas em que incorrer a Administração para tornar efetivas as medidas previstas nos citados incisos, na forma dos [arts. 36, 53, 56 e 58 do Código de Águas](#), sem prejuízo de responder pela indenização dos danos a que der causa.

§ 3º Da aplicação das sanções previstas neste título caberá recurso à autoridade administrativa competente, nos termos do regulamento.

§ 4º Em caso de reincidência, a multa será aplicada em dobro.

TÍTULO IV

DAS DISPOSIÇÕES GERAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 51. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos e os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos poderão delegar a organizações sem fins lucrativos relacionadas no art. 47 desta Lei, por prazo determinado, o exercício de funções de competência das Agências de Água, enquanto esses organismos não estiverem constituídos. ([Redação dada pela Lei nº 10.881, de 2004](#))

Art. 52. Enquanto não estiver aprovado e regulamentado o Plano Nacional de Recursos Hídricos, a utilização dos potenciais hidráulicos para fins de geração de energia elétrica continuará subordinada à disciplina da legislação setorial específica.

Art. 53. O Poder Executivo, no prazo de cento e vinte dias a partir da publicação desta Lei, encaminhará ao Congresso Nacional projeto de lei dispondo sobre a criação das Agências de Água.

Art. 54. O art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, passa a vigorar com a seguinte redação:

"Art. 1º

III - quatro inteiros e quatro décimos por cento à Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal;

IV - três inteiros e seis décimos por cento ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE, do Ministério de Minas e Energia;

V - dois por cento ao Ministério da Ciência e Tecnologia.

§ 4º A cota destinada à Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal será empregada na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e na gestão da rede hidrometeorológica nacional.

§ 5º A cota destinada ao DNAEE será empregada na operação e expansão de sua rede hidrometeorológica, no estudo dos recursos hídricos e em serviços relacionados ao aproveitamento da energia hidráulica."

Parágrafo único. Os novos percentuais definidos no *caput* deste artigo entrarão em vigor no prazo de cento e oitenta dias contados a partir da data de publicação desta Lei.

Art. 55. O Poder Executivo Federal regulamentará esta Lei no prazo de cento e oitenta dias, contados da data de sua publicação.

Art. 56. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 57. Revogam-se as disposições em contrário.

Brasília, 8 de janeiro de 1997; 176º da Independência e 109º da República.



**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA**

RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

O **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA**, no uso das competências que lhe são conferidas pelos arts. 6º, inciso II e 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando a vigência da Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, que dispõe sobre a balneabilidade;

Considerando o art. 9º, inciso I, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, e demais normas aplicáveis à matéria;

Considerando que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, do poluidor-pagador, do usuário-pagador e da integração, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza;

Considerando que a Constituição Federal e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, visam controlar o lançamento no meio ambiente de poluentes, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida;

Considerando que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação;

Considerando os termos da Convenção de Estocolmo, que trata dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004;

Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes;

Considerando que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade;

Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas;

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos propostos;

Considerando a necessidade de se reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos das águas, melhor especificar as condições e padrões de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento; e

Considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água; resolve:

Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

CAPÍTULO I DAS DEFINIÇÕES

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;

II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;

III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;

IV - ambiente lântico: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado;

V - ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes;

VI - aquíicultura: o cultivo ou a criação de organismos cujo ciclo de vida, em condições naturais, ocorre total ou parcialmente em meio aquático;

VII - carga poluidora: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo;

VIII - cianobactérias: microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis) capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos a saúde;

IX - classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros;

X - classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros;

XI - coliformes termotolerantes: bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal;

XII - condição de qualidade: qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade;

XIII - condições de lançamento: condições e padrões de emissão adotados para o controle de lançamentos de efluentes no corpo receptor;

XIV - controle de qualidade da água: conjunto de medidas operacionais que visa avaliar a melhoria e a conservação da qualidade da água estabelecida para o corpo de água;

XV - corpo receptor: corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente;

XVI - desinfecção: remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos;

XVII - efeito tóxico agudo: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos, usualmente letalidade ou alguma outra manifestação que a antecede, em um curto período de exposição;

XVIII - efeito tóxico crônico: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos que afetam uma ou várias funções biológicas dos organismos, tais como a reprodução, o crescimento e o comportamento, em um período de exposição que pode abranger a totalidade de seu ciclo de vida ou parte dele;

XIX - efetivação do enquadramento: alcance da meta final do enquadramento;

XX - enquadramento: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;

XXI - ensaios ecotoxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos aquáticos;

XXII - ensaios toxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos visando avaliar o potencial de risco à saúde humana;

XXIII - *Escherichia coli (E.Coli)*: bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae caracterizada pela atividade da enzima β -glicuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. É a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas;

XXIV - metas: é o desdobramento do objeto em realizações físicas e atividades de gestão, de acordo com unidades de medida e cronograma preestabelecidos, de caráter obrigatório;

XXV - monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água;

XXVI - padrão: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente;

XXVII - parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água;

XXVIII - pesca amadora: exploração de recursos pesqueiros com fins de lazer ou desporto;

XXIX - programa para efetivação do enquadramento: conjunto de medidas ou ações progressivas e obrigatórias, necessárias ao atendimento das metas intermediárias e final de qualidade de água estabelecidas para o enquadramento do corpo hídrico;

XXX - recreação de contato primário: contato direto e prolongado com a água (tais como natação, mergulho, esqui-aquático) na qual a possibilidade do banhista ingerir água é elevada;

XXXI - recreação de contato secundário: refere-se àquela associada a atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação (tais como iatismo);

XXXII - tratamento avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;

XXXIII - tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;

XXXIV - tratamento simplificado: clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário;

XXXV - tributário (ou curso de água afluente): corpo de água que flui para um rio maior ou para um lago ou reservatório;

XXXVI - vazão de referência: vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente-SISNAMA e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGRH;

XXXVII - virtualmente ausentes: que não é perceptível pela visão, olfato ou paladar; e

XXXVIII - zona de mistura: região do corpo receptor onde ocorre a diluição inicial de um efluente.

CAPÍTULO II

DA CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA

Art.3º As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

Parágrafo único. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Seção I

Das Águas Doces

Art. 4º As águas doces são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme

Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e

- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme

Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e

- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Seção II

Das Águas Salinas

Art. 5º As águas salinas são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

e

- b) à proteção das comunidades aquáticas; e
- c) à aquicultura e à atividade de pesca.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e
- b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Seção II

Das Águas Salobras

Art. 6º As águas salobras são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

e,

- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

- b) à proteção das comunidades aquáticas;

- c) à aquicultura e à atividade de pesca;

- d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e

e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e

- b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e

- b) à harmonia paisagística.

CAPÍTULO III

DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Seção I

Das Disposições Gerais

Art. 7º Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe.

Parágrafo único. Eventuais interações entre substâncias, especificadas ou não nesta Resolução, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como de restringir os usos preponderantes previstos, ressalvado o disposto no § 3º do art. 34, desta Resolução.

Art. 8º O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.

§ 1º Também deverão ser monitorados os parâmetros para os quais haja suspeita da sua presença ou não conformidade.

§ 2º Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas.

§ 3º A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas.

§ 4º As possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos.

§ 5º Na hipótese dos estudos referidos no parágrafo anterior tornarem-se necessários em decorrência da atuação de empreendedores identificados, as despesas da investigação correrão as suas expensas.

§ 6º Para corpos de água salobras continentais, onde a salinidade não se dê por influência direta marinha, os valores dos grupos químicos de nitrogênio e fósforo serão os estabelecidos nas classes correspondentes de água doce.

Art. 9º A análise e avaliação dos valores dos parâmetros de qualidade de água de que trata esta Resolução serão realizadas pelo Poder Público, podendo ser utilizado laboratório próprio, conveniado ou contratado, que deverá adotar os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis.

§ 1º Os laboratórios dos órgãos competentes deverão estruturar-se para atenderem ao disposto nesta Resolução.

§ 2º Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática poderão ser investigados quanto à presença eventual dessas substâncias.

Art. 10. Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.

§ 1º Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.

§ 2º Os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referência, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais, ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para os usos previstos no enquadramento do corpo de água.

§ 3º Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.

§ 4º O disposto nos §§ 2º e 3º não se aplica às baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos de água em que não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

Art. 11. O Poder Público poderá, a qualquer momento, acrescentar outras condições e padrões de qualidade, para um determinado corpo de água, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica.

Art. 12. O Poder Público poderá estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência.

Art. 13. Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

Seção II

Das Águas Doces

Art. 14. As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O₂;

i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂;

j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);

l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; e

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

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA I - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	10 µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,020 mg/L P

Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5
	2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Acilamida	0,5 µg/L
Alacloro	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzidina	0,001 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,05 µg/L
Benzo(a)pireno	0,05 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,05 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,05 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,04 µg/L
2-Clorofenol	0,1 µg/L
Criseno	0,05 µg/L
2,4-D	4,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	0,003 mg/L
2,4-Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenzeno	90,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	65 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,0065 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,05 µg/L

Lindano (γ -HCH)	0,02 $\mu\text{g/L}$
Malation	0,1 $\mu\text{g/L}$
Metolacloro	10 $\mu\text{g/L}$
Metoxicloro	0,03 $\mu\text{g/L}$
Paration	0,04 $\mu\text{g/L}$
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 $\mu\text{g/L}$
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Simazina	2,0 $\mu\text{g/L}$
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeto de carbono	0,002 mg/L
Tetracloroeteno	0,01 mg/L
Tolueno	2,0 $\mu\text{g/L}$
Toxafeno	0,01 $\mu\text{g/L}$
2,4,5-TP	10,0 $\mu\text{g/L}$
Tributilestanho	0,063 $\mu\text{g/L TBT}$
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	0,02 mg/L
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L
Trifluralina	0,2 $\mu\text{g/L}$
Xileno	300 $\mu\text{g/L}$

III - Nas águas doces onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA II - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 $\mu\text{g/L As}$
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzidina	0,0002 $\mu\text{g/L}$
Benzo(a)antraceno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(a)pireno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(b)fluoranteno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(k)fluoranteno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Criseno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 $\mu\text{g/L}$
3,3-Diclorobenzidina	0,028 $\mu\text{g/L}$
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 $\mu\text{g/L}$
Hexaclorobenzeno	0,00029 $\mu\text{g/L}$
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 $\mu\text{g/L}$
PCBs - Bifenilas policloradas	0,000064 $\mu\text{g/L}$
Pentaclorofenol	3,0 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeto de carbono	1,6 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeteno	3,3 $\mu\text{g/L}$
Toxafeno	0,00028 $\mu\text{g/L}$
2,4,6-triclorofenol	2,4 $\mu\text{g/L}$

Art 15. Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser

determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂;

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

VII - clorofila *a*: até 30 µg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm³/L; e,

IX - fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

Art. 16. As águas doces de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm³/L;

i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O₂;

j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂;

l) turbidez até 100 UNT;

m) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; e,

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

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA III - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	60 µg/L
Densidade de cianobactérias	100.000 cel/mL ou 10 mm ³ /L

Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,2 mg/L Al
Arsênio total	0,033 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	0,1 mg/L Be
Boro total	0,75 mg/L B
Cádmio total	0,01 mg/L Cd
Chumbo total	0,033 mg/L Pb
Cianeto livre	0,022 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cobalto total	0,2 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,013 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	5,0 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,05 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,075 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,15 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,5 mg/L Mn
Mercúrio total	0,002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5
	5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	1,0 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,05 mg/L Ag
Selênio total	0,05 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (como H ₂ S não dissociado)	0,3 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	5 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzo(a)pireno	0,7 µg/L
Carbaril	70,0 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,3 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	1,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	14,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	30 µg/L
Dodecacloro Pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,22 µg/L
Endrin	0,2 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,01 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	280 µg/L

Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,03 µg/L
Lindano (γ -HCH)	2,0 µg/L
Malation	100,0 µg/L
Metoxicloro	20,0 µg/L
Paration	35,0 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,003 mg/L
Tetracloroeteno	0,01 mg/L
Toxafeno	0,21 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	2,0 µg/L TBT
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L

Art. 17. As águas doces de classe 4 observarão as seguintes condições e padrões:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II - odor e aspecto: não objetáveis;

III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

V - fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina) até 1,0 mg/L de C₆H₅OH;

VI - OD, superior a 2,0 mg/L O₂ em qualquer amostra; e,

VII - pH: 6,0 a 9,0.

Seção III Das Águas Salinas

Art. 18. As águas salinas de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) materiais flutuantes virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;

e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada

em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) carbono orgânico total até 3 mg/L, como C;

i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂; e

j) pH: 6,5 a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA IV - CLASSE 1 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	1,5 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	5,3 µg/L Be
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo Total	0,062 mg/L P
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,031 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Tálio total	0,1 mg/L Tl
Urânio Total	0,5 mg/L U
Zinco total	0,09 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,0019 µg/L
Benzeno	700 µg/L
Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT+ p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,01 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Etilbenzeno	25 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	60 µg/L C ₆ H ₅ OH
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L

Monoclorobenzeno	25 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,2 mg/L LAS
2,4,5-T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,01 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80 µg/L
Tricloroeteno	30,0 µg/L

III - Nas águas salinas onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA V - CLASSE 1 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 µg/L As
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzeno	51 µg/L
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
2-Clorofenol	150 µg/L
2,4-Diclorofenol	290 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
1,2-Dicloroetano	37 µg/L
1,1-Dicloroeteno	3 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,000064 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
Tetracloroeteno	3,3 µg/L
2,4,6-Triclorofenol	2,4 µg/L

Art 19. Aplicam-se às águas salinas de classe 2 as condições e padrões de qualidade da classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção dos seguintes:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

c) carbono orgânico total: até 5,00 mg/L, como C; e

d) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5,0 mg/L O₂.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA VI - CLASSE 2 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,069 mg/L As
Cádmio total	0,04 mg/L Cd
Chumbo total	0,21 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	19 µg/L Cl
Cobre dissolvido	7,8 µg/L Cu
Cromo total	1,1 mg/L Cr
Fósforo total	0,093 mg/L P
Mercúrio total	1,8 µg/L Hg
Níquel	74 µg/L Ni
Nitrato	0,70 mg/L N
Nitrito	0,20 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,70 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,0465 mg/L P
Selênio total	0,29 mg/L Se
Zinco total	0,12 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,09 µg/L
DDT (p-p' DDT + p-p' DDE + p-p' DDD)	0,13 µg/L
Endrin	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,053 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,16 µg/L
Pentaclorofenol	13,0 µg/L
Toxafeno	0,210 µg/L
Tributilestanho	0,37 µg/L TBT

Art. 20. As águas salinas de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

III - substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;

IV - corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

V - resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

VI - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

VII - carbono orgânico total: até 10 mg/L, como C;

VIII - OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/ L O₂; e

IX - pH: 6,5 a 8,5 não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades.

Seção IV

Das Águas Salobras

Art. 21. As águas salobras de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou

internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

- b) carbono orgânico total: até 3 mg/L, como C;
- c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/ L O₂;
- d) pH: 6,5 a 8,5;
- e) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- f) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- g) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- h) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes; e

i) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, bem como para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, não deverá ser excedido o valor de 200 coliformes termotolerantes por 100mL. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA VII - CLASSE 1 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Berílio total	5,3 µg/L Be
Boro	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total	0,124 mg/L P
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,062 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Zinco total	0,09 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + dieldrin	0,0019 µg/L
Benzeno	700 µg/L

Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004 µg/L
2,4-D	10,0 µg/L
DDT (p,p'DDT+ p,p'DDE + p,p'DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,01 µg/L
Etilbenzeno	25,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (γ -HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Monoclorobenzeno	25 µg/L
Paration	0,04 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno	0,2 LAS
2,4,5-T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,010 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80,0 µg/L

III - Nas águas salobras onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA VIII - CLASSE 1 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 µg/L As
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzeno	51 µg/L
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
2-Clorofenol	150 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
2,4-Diclorofenol	290 µg/L
1,1-Dicloroeteno	3,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	37,0 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,000064 µg/L
Tetracloroeteno	3,3 µg/L
Tricloroeteno	30 µg/L

2,4,6-Triclorofenol

2,4 µg/L

Art. 22. Aplicam-se às águas salobras de classe 2 as condições e padrões de qualidade da classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção dos seguintes:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) carbono orgânico total: até 5,00 mg/L, como C;

c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂; e

d) coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA IX - CLASSE 2 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,069 mg/L As
Cádmio total	0,04 mg/L Cd
Chumbo total	0,210 mg/L Pb
Cromo total	1,1 mg/L Cr
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	19,0 µg/L Cl
Cobre dissolvido	7,8 µg/L Cu
Fósforo total	0,186 mg/L P
Mercúrio total	1,8 µg/L Hg
Níquel total	74,0 µg/L Ni
Nitrato	0,70 mg/L N
Nitrito	0,20 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,70 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,093 mg/L P
Selênio total	0,29 mg/L Se
Zinco total	0,12 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,09 µg/L
DDT (p-p' DDT + p-p' DDE + p-p' DDD)	0,13 µg/L
Endrin	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido+ Heptacloro	0,053 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,160 µg/L
Pentaclorofenol	13,0 µg/L
Toxafeno	0,210 µg/L
Tributilestanho	0,37 µg/L TBT

Art. 23. As águas salobras de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - pH: 5 a 9;

II - OD, em qualquer amostra, não inferior a 3 mg/L O₂;

III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV - materiais flutuantes: virtualmente ausentes;

V - substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;

VI - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

VII - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente; e

VIII - carbono orgânico total até 10,0 mg/L, como C.

CAPÍTULO IV

DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES

Art. 24. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, a qualquer momento:

I - acrescentar outras condições e padrões, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica; e

II - exigir a melhor tecnologia disponível para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo curso de água superficial, mediante fundamentação técnica.

Art. 25. É vedado o lançamento e a autorização de lançamento de efluentes em desacordo com as condições e padrões estabelecidos nesta Resolução.

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, excepcionalmente, autorizar o lançamento de efluente acima das condições e padrões estabelecidos no art. 34, desta Resolução, desde que observados os seguintes requisitos:

I - comprovação de relevante interesse público, devidamente motivado;

II - atendimento ao enquadramento e às metas intermediárias e finais, progressivas e obrigatórias;

III - realização de Estudo de Impacto Ambiental-EIA, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento;

IV - estabelecimento de tratamento e exigências para este lançamento; e

V - fixação de prazo máximo para o lançamento excepcional.

Art. 26. Os órgãos ambientais federal, estaduais e municipais, no âmbito de sua competência, deverão, por meio de norma específica ou no licenciamento da atividade ou empreendimento, estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou serem formadas nos processos produtivos, listadas ou não no art. 34, desta Resolução, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, estabelecidas pelo enquadramento para o corpo de água.

§ 1º No caso de empreendimento de significativo impacto, o órgão ambiental competente exigirá, nos processos de licenciamento ou de sua renovação, a apresentação de estudo de capacidade de suporte de carga do corpo de água receptor.

§ 2º O estudo de capacidade de suporte deve considerar, no mínimo, a diferença entre os padrões estabelecidos pela classe e as concentrações existentes no trecho desde a montante, estimando a concentração após a zona de mistura.

§ 3º Sob pena de nulidade da licença expedida, o empreendedor, no processo de licenciamento, informará ao órgão ambiental as substâncias, entre aquelas previstas nesta Resolução para padrões de qualidade de água, que poderão estar contidas no seu efluente.

§ 4º O disposto no § 1º aplica-se também às substâncias não contempladas nesta Resolução, exceto se o empreendedor não tinha condições de saber de sua existência nos seus efluentes.

Art. 27. É vedado, nos efluentes, o lançamento dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs mencionados na Convenção de Estocolmo, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004.

Parágrafo único. Nos processos onde possa ocorrer a formação de dioxinas e furanos deverá ser utilizada a melhor tecnologia disponível para a sua redução, até a completa eliminação.

Art. 28. Os efluentes não poderão conferir ao corpo de água características em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.

§ 1º As metas obrigatórias serão estabelecidas mediante parâmetros.

§ 2º Para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias, os padrões de qualidade a serem obedecidos são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

§ 3º Na ausência de metas intermediárias progressivas obrigatórias, devem ser obedecidos os padrões de qualidade da classe em que o corpo receptor estiver enquadrado.

Art. 29. A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas.

Art. 30. No controle das condições de lançamento, é vedada, para fins de diluição antes do seu lançamento, a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade, tais como as águas de abastecimento, do mar e de sistemas abertos de refrigeração sem recirculação.

Art. 31. Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes efluentes ou lançamentos individualizados, os limites constantes desta Resolução aplicar-se-ão a cada um deles ou ao conjunto após a mistura, a critério do órgão ambiental competente.

Art. 32. Nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados.

§ 1º Nas demais classes de água, o lançamento de efluentes deverá, simultaneamente:

I - atender às condições e padrões de lançamento de efluentes;

II - não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água, estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência; e

III - atender a outras exigências aplicáveis.

§ 2º No corpo de água em processo de recuperação, o lançamento de efluentes observará as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final.

Art. 33. Na zona de mistura de efluentes, o órgão ambiental competente poderá autorizar, levando em conta o tipo de substância, valores em desacordo com os estabelecidos para a respectiva classe de enquadramento, desde que não comprometam os usos previstos para o corpo de água.

Parágrafo único. A extensão e as concentrações de substâncias na zona de mistura deverão ser objeto de estudo, nos termos determinados pelo órgão ambiental competente, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento.

Art. 34. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

§ 1º O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

§ 2º Os critérios de toxicidade previstos no § 1º devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.

§ 3º Nos corpos de água em que as condições e padrões de qualidade previstos nesta Resolução não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos, não se aplicam os parágrafos anteriores.

§ 4º Condições de lançamento de efluentes:

I - pH entre 5 a 9;

II - temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;

III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

IV - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

V - óleos e graxas:

1 - óleos minerais: até 20mg/L;

2- óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L; e

VI - ausência de materiais flutuantes.

§ 5º Padrões de lançamento de efluentes:

TABELA X - LANÇAMENTO DE EFLUENTES	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo total	0,5 mg/L Cr
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercurio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano	1,0 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloro de Carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L

Art. 35. Sem prejuízo do disposto no inciso I, do § 1º do art. 24, desta Resolução, o órgão ambiental competente poderá, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência, estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, aos lançamentos de efluentes que possam, dentre outras conseqüências:

I - acarretar efeitos tóxicos agudos em organismos aquáticos; ou

II - inviabilizar o abastecimento das populações.

Art. 36. Além dos requisitos previstos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis, os efluentes provenientes de serviços de saúde e estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos, só poderão ser lançados após tratamento especial.

Art. 37. Para o lançamento de efluentes tratados no leito seco de corpos de água intermitentes, o órgão ambiental competente definirá, ouvido o órgão gestor de recursos hídricos, condições especiais.

CAPÍTULO V

DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA O ENQUADRAMENTO

Art. 38. O enquadramento dos corpos de água dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

§ 1º O enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos.

§ 2º Nas bacias hidrográficas em que a condição de qualidade dos corpos de água esteja em desacordo com os usos preponderantes pretendidos, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias, intermediárias e final, de melhoria da qualidade da água para efetivação dos respectivos enquadramentos, excetuados nos parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais.

§ 3º As ações de gestão referentes ao uso dos recursos hídricos, tais como a outorga e cobrança pelo uso da água, ou referentes à gestão ambiental, como o licenciamento, termos de ajustamento de conduta e o controle da poluição, deverão basear-se nas metas progressivas intermediárias e final aprovadas pelo órgão competente para a respectiva bacia hidrográfica ou corpo hídrico específico.

§ 4º As metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, deverão ser atingidas em regime de vazão de referência, excetuados os casos de baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos hídricos onde não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

§ 5º Em corpos de água intermitentes ou com regime de vazão que apresente diferença sazonal significativa, as metas progressivas obrigatórias poderão variar ao longo do ano.

§ 6º Em corpos de água utilizados por populações para seu abastecimento, o enquadramento e o licenciamento ambiental de atividades a montante preservarão, obrigatoriamente, as condições de consumo.

CAPÍTULO VI

DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 39. Cabe aos órgãos ambientais competentes, quando necessário, definir os valores dos poluentes considerados virtualmente ausentes.

Art. 40. No caso de abastecimento para consumo humano, sem prejuízo do disposto nesta Resolução, deverão ser observadas, as normas específicas sobre qualidade da água e padrões de potabilidade.

Art. 41. Os métodos de coleta e de análises de águas são os especificados em normas técnicas cientificamente reconhecidas.

Art. 42. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

Art. 43. Os empreendimentos e demais atividades poluidoras que, na data da publicação desta Resolução, tiverem Licença de Instalação ou de Operação, expedida e não impugnada, poderão a critério do órgão ambiental competente, ter prazo de até três anos, contados a partir de sua vigência, para se adequarem às condições e padrões novos ou mais rigorosos previstos nesta Resolução.

§ 1º O empreendedor apresentará ao órgão ambiental competente o cronograma das medidas necessárias ao cumprimento do disposto no *caput* deste artigo.

§ 2º O prazo previsto no *caput* deste artigo poderá, excepcional e tecnicamente motivado, ser prorrogado por até dois anos, por meio de Termo de Ajustamento de Conduta, ao qual se dará publicidade, enviando-se cópia ao Ministério Público.

§ 3º As instalações de tratamento existentes deverão ser mantidas em operação com a capacidade, condições de funcionamento e demais características para as quais foram aprovadas, até que se cumpram as disposições desta Resolução.

§ 4º O descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo será objeto de resolução específica, a ser publicada no prazo máximo de um ano, a contar da data de publicação desta Resolução, ressalvado o padrão de lançamento de óleos e graxas a ser o definido nos termos do art. 34, desta Resolução, até a edição de resolução específica.

Art. 44. O CONAMA, no prazo máximo de um ano, complementarará, onde couber, condições e padrões de lançamento de efluentes previstos nesta Resolução.

Art. 45. O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas pela legislação vigente.

§ 1º Os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, no âmbito de suas respectivas competências, fiscalizarão o cumprimento desta Resolução, bem como quando pertinente, a aplicação das penalidades administrativas previstas nas legislações específicas, sem prejuízo do sancionamento penal e da responsabilidade civil objetiva do poluidor.

§ 2º As exigências e deveres previstos nesta Resolução caracterizam obrigação de relevante interesse ambiental.

Art. 46. O responsável por fontes potencial ou efetivamente poluidoras das águas deve apresentar ao órgão ambiental competente, até o dia 31 de março de cada ano, declaração de carga poluidora, referente ao ano civil anterior, subscrita pelo administrador principal da empresa e pelo responsável técnico devidamente habilitado, acompanhada da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica.

§ 1º A declaração referida no *caput* deste artigo conterà, entre outros dados, a caracterização qualitativa e quantitativa de seus efluentes, baseada em amostragem representativa dos mesmos, o estado de manutenção dos equipamentos e dispositivos de controle da poluição.

§ 2º O órgão ambiental competente poderá estabelecer critérios e formas para apresentação da declaração mencionada no *caput* deste artigo, inclusive, dispensando-a se for o caso para empreendimentos de menor potencial poluidor.

Art. 47. Equiparam-se a perito, os responsáveis técnicos que elaborem estudos e pareceres apresentados aos órgãos ambientais.

Art. 48. O não cumprimento ao disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às sanções previstas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e respectiva regulamentação.

Art. 49. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 50. Revoga-se a Resolução CONAMA nº 020, de 18 de junho de 1986.

MARINA SILVA
Presidente do CONAMA