



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

NILDA GORETHE PALMA PANTOJA

A UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE RIO PARA O CONSUMO HUMANO NAS
COMUNIDADES RIBEIRINHAS NA REGIÃO DE COARI A
ITACOATIARA / AMAZONAS - BRASIL

MANAUS
2015



UFAM

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

NILDA GORETHE PALMA PANTOJA

A UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE RIO PARA O CONSUMO HUMANO NAS
COMUNIDADES RIBEIRINHAS NA REGIÃO DE COARI A
ITACOATIARA / AMAZONAS - BRASIL

Plano de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Química, área de concentração: Química Analítica.

Orientadora: Prof^a Dr^a Tereza Cristina Souza de Oliveira

Colaboração: MSc. Luana Monteiro da Silva

MANAUS
2015

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P198u Pantoja, Nilda Gorethe Palma
A UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE RIO PARA O CONSUMO
HUMANO NAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS NA REGIÃO DE
COARI A ITACOATIARA / AMAZONAS - BRASIL : A UTILIZAÇÃO
DA ÁGUA DE RIO PARA O CONSUMO HUMANO NAS
COMUNIDADES RIBEIRINHAS NA REGIÃO DE COARI A
ITACOATIARA / AMAZONAS - BRASIL / Nilda Gorethe Palma
Pantoja. 2015
122 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Tereza Cristina Souza de Oliveira
Dissertação (Mestrado em Química - Analítica) - Universidade
Federal do Amazonas.

1. Água superficial. 2. Potabilidade. 3. Qualidade da água. 4.
Comunidades ribeirinhas. I. Oliveira, Tereza Cristina Souza de II.
Universidade Federal do Amazonas III. Título

Louvido sejas, meu Senhor, pela irmã
água que é muito útil e humilde e preciosa
e casta. (São Francisco de Assis)

AGRADECIMENTOS

Este trabalho tornou-se possível pelas bênçãos de DEUS e pelo precioso apoio prestado por pessoas e entidades, às quais eu expresso aqui a minha eterna gratidão.

À Profa. Dra. Tereza Cristina Oliveira, minha orientadora da Universidade Federal do Amazonas, exemplo de profissional, pelas críticas contundentes, pela paciência, amizade, incentivo, imparcialidade, caráter e pelo seu elevado nível profissional no desenvolvimento deste trabalho.

À MSc. Luana Monteiro da Silva pela inestimável ajuda, amizade e paciência além das inúmeras colaborações e correções, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À Karenn Silveira que muito me ajudou na realização dos testes estatísticos, e a todos os colegas do Grupo de Estudos Químicos Analíticos e Ambientais da Amazônia – GEQUAM.

Ao meu companheiro de todas as horas, Leonardo Ladislau, pelo apoio ao meu crescimento profissional, carinho, paciência, dedicação e pelas palavras de consolo, tornando tudo mais fácil de ser resolvido e por assumir todas as responsabilidades com o nosso filho Gabriel Palma quando me ausentava por longos dias para as viagens de campo.

A minha mãe, Tereza Palma, meu maior exemplo de vida e que sempre investiu em minha educação, incentivando-me a lutar pelos meus ideais; e ao meu pai Manoel Ademir por sempre me dizer que eu seria capaz.

À minha irmã e amiga Josenilda Palma que muito me incentivou.

Ao Serviço Geológico do Brasil-CPRM, empresa em que trabalho, pelo apoio financeiro, logístico, material e técnico, através dos colegas: Marco Oliveira (Superintendente), André Martinelli que deu apoio incondicional para as campanhas, Raimundo Gato meu gerente que compreendeu as ausências longas para cada campanha. Aos colegas do barco Nailde Martins, Alice Amorim, Geovani, Sr. Bosco do qual compartilhamos muitos momentos de descontrações, risadas e trabalho.

Ao colega Cristiano Almeida, meu agradecimento pela confecção dos mapas.

Ao LAMIN (Manaus e Rio de Janeiro) pela utilização e estrutura dos laboratórios sem os quais este trabalho não seria realizado. À equipe do Laboratório: Regilene Coutinho, Antônio Paulo, André Almeida, Bruno Calvo, Ceel Daniel, Larissa Torrezani, Lorena Vaz e a Débora Freitas que muito me auxiliou no preparo dos materiais para as campanhas com muita paciência e boa vontade. À Liliane Mafra pela sua amizade e solidariedade, por sua dedicação a mim e ao laboratório quando me ausentava.

A minha chefe Maria Alice Ibañez Duarte pelo incentivo na concepção deste estudo, por sua atenção, por seu respeito ao ser humano, pelo incentivo no desenvolvimento de outros trabalhos acadêmicos e pela leitura do texto.

Ao Programa de Pós-Graduação em Química – PPGQ e aos seus professores que contribuíram para a minha formação neste grau em Mestre.

E finalmente, a Universidade Federal do Amazonas que concedeu a mim ensinos de Graduação e Pós-Graduação gratuitos e de qualidade.

RESUMO

As populações das várzeas convivem em ambientes de fácil acesso aos recursos naturais. No entanto, o ciclo hidrológico, de cheia e seca, constitui difícil condição quanto a serviços básicos de provimento de água e saneamento, possibilitando a contaminação dos recursos hídricos. A abundante reserva de água doce na bacia amazônica contrasta com a qualidade da água consumida nas comunidades ribeirinhas. Este trabalho destaca essa importante discussão e avalia a qualidade da água dos rios em trechos situados nas comunidades: Menino Deus/Anori (rio Purus), São José do Mato Grosso/Coari e Nossa Senhora das Graças - Costa do Pesqueiro/Manacapuru (rio Solimões) e Iracema/Itacoatiara (rio Amazonas). Dessa forma, o trabalho objetivou avaliar indicadores ambientais de qualidade da água, seguindo a sazonalidade regional, do rio e em residências localizadas nestas comunidades, que usam a água do rio para o consumo humano. Foram executadas quatro campanhas para a coleta e os pontos foram estabelecidos junto ao projeto de estudo da CPRM – Dinâmica dos Fluxos de Sedimentos. Em cada campanha foram coletadas 24 amostras de água dos rios em frente às comunidades e 20 amostras de água de beber nas residências. Foram analisados indicadores ambientais físicos e químicos, e comparados com as normas de padrão de qualidade em vigor no Brasil: condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido (OD), cor, turbidez, sólidos totais em suspensão (STS), ânions (NO_3^- , Cl^- , e SO_4^{2-}), cátions (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ e S^{1+}), metais (Al, Fe) e glifosato. Foram realizadas coletas de água para análise de indicadores microbiológicos: Coliformes totais, fecais, *Clostrídios*, *Pseudomonas*, *Enterococos* e *heterotrófica* nas residências avaliadas na comunidade N^a Senhora das Graças - Costa do Pesqueiro, no município de Manacapuru-AM, em duas coletas realizadas (janeiro e março/2015). Foram aplicados testes estatísticos para avaliação do comportamento e correlação dos parâmetros estudados. A cor e turbidez foram os parâmetros em que os resultados encontrados nas residências ultrapassaram os valores de referência indicados pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde. Este estudo permitiu observar que as características da água para consumo nas residências são semelhantes às amostras de água do rio, indicando ausência de um tratamento eficaz para o consumo humano.

Palavras-chave: Água superficial, potabilidade, qualidade, comunidades ribeirinhas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo da água Fonte: Heat, R. Hidrologia Básica de Águas Subterrâneas. United States Geological Survey Water Supply Paper 2220	5
Figura 2. Comunidade Costa do Pesqueiro – Manacapuru / AM. Paisagem na época da cheia Junho (a e b) e vazante Setembro 2014 (c e d). Foto: <i>Próprio autor</i>	19
Figura 3. Localização da área de estudo: pontos georreferenciados para a coleta ao longo do rio Solimões, Purus e Amazonas.	23
Figura 4. Período de águas altas na bacia hidrográfica da região Amazônica.	25
Figura 5. Período de águas baixas na bacia hidrográfica da região Amazônica.	26
Figura 6. Distribuição dos pontos de coleta na comunidade de São José do Mato Grosso/Coari-AM.	28
Figura 7. Distribuição dos pontos de coleta na comunidade Menino Deus/Anori-AM.	29
Figura 8. Distribuição dos pontos de coleta na comunidade Costa do Pesqueiro/Manacapuru-AM.	30
Figura 9. Distribuição dos pontos de coleta na comunidade Iracema/Itacoatiara-AM.	31
Figura 10. Comunidade São José do Mato Grosso/Coari. Foto: <i>Próprio autor</i>	32
Figura 11. Comunidade Menino Deus/Anori. Foto: <i>Próprio autor</i>	33
Figura 12. Comunidade Costa do Pesqueiro/Manacapuru. Foto: <i>Próprio autor</i>	34
Figura 13. Comunidade Iracema/Itacoatiara. Foto: <i>Próprio autor</i>	35
Figura 14. Registro da captação e do armazenamento (a, b, c). Foto: <i>Próprio autor</i>	37
Figura 15. Algumas das formas do tratamento e o uso dado pelo ribeirinho da água do rio após a captação (a, b, c). Foto: <i>Próprio autor</i>	37
Figura 16. Coleta no rio e nas residências do ribeirinho. Foto: <i>Próprio autor</i>	37
Figura 17. Valores de temperatura dos rios.....	49
Figura 18. Valores de pH dos rios e residências com os respectivos valores máximos	

permitidos estabelecidos pelo CONAMA 357 e Portaria 2914.	51
Figura 19. Valores da Condutividade elétrica Turbidez dos rios e residências.....	53
Figura 20. Comportamento do íon bicarbonato (HCO_3^-) dos rios e residências entre as fases hidrológicas.	54
Figura 21. Comportamento do alumínio ao longo das fases hidrológicas: (a) Manacapuru e (d) Itacoatiara.....	55
Figura 22. Valores de cor dos rios e residências com os respectivos valores máximos permitidos estabelecidos pelo CONAMA 357 e Portaria 2914.	56
Figura 23. Comportamento da cor ao longo das fases hidrológicas: (a) Coari; (b) Anori; (c) Manacapuru e (d) Itacoatiara.	56
Figura 24. Concentração de Turbidez dos rios e residências com os respectivos valores máximos permitidos estabelecidos pelo CONAMA 357 e Portaria 2914.....	58
Figura 25. Comportamento da turbidez ao longo das fases hidrológicas: (a) Coari; (b) Anori; (c) Manacapuru e (d) Itacoatiara.	59
Figura 26. Concentração de STS dos rios e residências com os respectivos valores máximos permitidos estabelecidos pelo CONAMA 357 e Portaria 2914.	61
Figura 27. Comportamento do STS (mg L^{-1}) ao longo das fases hidrológicas: (a) Coari; (b) Anori; (c) Manacapuru e (d) Itacoatiara	61
Figura 28 Descargas líquidas (Q) com o comportamento das descargas sólidas (a) Q x QS; (b) Q x QHCO_3^- ; (c) Q x QCa^{2+}	63
Figura 29. Concentração de OD dos rios e residências com os respectivos valores máximos permitidos estabelecidos pelo CONAMA 357 e Portaria 2914.	65
Figura 30. Análise de componente principal entre todas as amostras (a) e as variáveis estudadas (b) para as fases de cheia e vazante.	83
Figura 31. Análise de componentes principais dos pontos amostrados (a) e os parâmetros registrados (b) para as fases de início da enchente e enchente.	84
Figura 32. Uma das curvas analíticas que fez parte da análise de metais analisados no ICP-OES 8000.....	103
Figura 33. Cromatograma que fez parte da elaboração de uma das curvas analíticas (parte de cima). Espectro com os íons (parte de baixo da figura) analisados no ICS 5000.....	104
Figura 34. Teste de PCA para os dados do Rio Solimões e residências da	

comunidade de São José do Mato Grosso – Coari entre as fases hidrológicas: Cheia (**a, b**); Vazante (**c, d**); Início da Enchente (**e, f**) e Enchente (**g, h**).105

Figura 35. Teste de PCA para os dados do Rio Purus e residências da comunidade de Menino Deus – Anori entre as fases hidrológicas: Cheia (**a, b**); Vazante (**c, d**); Início da Enchente (**e, f**) e Enchente (**g, h**).....106

Figura 36. Teste de PCA para os dados do Rio Solimões e residências da comunidade da Costa do Pesqueiro – Manacapuru entre as fases hidrológicas: Cheia (**a, b**); Vazante (**c, d**); Início da Enchente (**e, f**) e Enchente (**g, h**).107

Figura 37. Teste de PCA para os dados do Rio Amazonas e residências da comunidade de Iracema – Itacoatiara entre as fases hidrológicas: Cheia (**a, b**); Vazante (**c, d**); Início da Enchente (**e, f**) e Enchente (**g, h**).108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos pontos de coleta e sua localização georreferenciada.	24
Tabela 2. Parâmetros físicos e químicos das águas analisadas nos rios em diferentes fases hidrológicas.	46
Tabela 3. Parâmetros físicos e químicos das águas analisadas nas comunidades. .	47
Tabela 4. Resultados da análise bacteriológica nas amostras de água das residências da comunidade Costa do Pesqueiro no município de Manacapuru/AM, nos períodos de início de enchente - IE (Janeiro/2015) e enchente - E (Março/2015).	67
Tabela 5. Teste de normalidade de <i>Shapiro Wilk</i> realizado ao nível de 0,05 de significância.	69
Tabela 6. Resultado da análise estatística obtida pela correlação de <i>Spearman</i> ($p \leq 0.05$) – Cheia.	72
Tabela 7. Resultado da análise estatística obtida pela correlação de <i>Spearman</i> ($p \leq 0.05$) – Vazante.	73
Tabela 8. Resultado da análise estatística obtida pela correlação de <i>Spearman</i> ($p \leq 0.05$) – Início da enchente.	74
Tabela 9. Resultado da análise estatística obtida pela correlação de <i>Spearman</i> ($p \leq 0.05$) – Enchente.	75
Tabela 10. Resultado da análise estatística obtida pela correlação de <i>Spearman</i> ($p \leq 0.05$) – Microbiologia Início da enchente.	78
Tabela 11. Resultado da análise estatística obtida pela correlação de <i>Spearman</i> ($p \leq 0.05$) – Microbiologia Enchente.	79
Tabela 12. Médias e desvio padrão para os parâmetros físicos e químicos das margens e centro dos rios Solimões e Purus.	98
Tabela 13. Médias e desvio padrão para os parâmetros físicos e químicos das margens e centro dos rios Solimões e Amazonas.	99
Tabela 14. Teste Kruskal Wallis para os parâmetros de turbidez nos diferentes períodos sazonais.	100
Tabela 15. Teste Kruskal Wallis para os parâmetros de cor nos diferentes períodos sazonais.	101

Tabela 16. Teste Kruskal Wallis para os parâmetros de STS nos diferentes períodos sazonais.	102
--	-----

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
APHA	American Public Health Association
C.E.	Condutividade elétrica
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CONAMA	Conselho nacional do meio ambiente
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
HIBAM	Hidrologia e geoquímica da bacia Amazônica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPA	Instituto nacional de pesquisas da Amazônia
LAMIN – MA	Laboratório de Análises Minerais – Manaus
LAMIN – RJ	Laboratório de Análises Minerais – Rio de Janeiro
NMP	Número mais provável
MS	Ministério da Saúde
OD	Oxigênio dissolvido
ONU	Organização das nações unidas
SMEWW	Métodos padrão para o exame de água e estoque
STS	Sólidos totais em suspensão
UNT	Unidade nefelométrica de turbidez
VMP	Valores máximos permitidos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
2.1 Qualidade da água	9
2.2 Aspectos físicos, químicos e biológicos	9
2.2.1 Características organolépticas.....	9
2.2.2 Parâmetros físicos e químicos da água	10
2.2.3 Características microbiológicas da água.....	13
2.2.4 Padrões de potabilidade	16
2.3 Ambiente de várzea na Amazônia Central	17
3. OBJETIVOS.....	21
3.1 Geral.....	21
3.2 Específicos	21
4. MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1 Área de estudo	22
4.1.1 Coari/Comunidade São José do Mato Grosso (Rio Solimões)	32
4.1.2 Anori/Comunidade Menino Deus (Rio Purus)	32
4.1.3 Manacapuru/Comunidade Costa do Pesqueiro (Rio Solimões).....	33
4.1.4 Itacoatiara/Comunidade Iracema (Rio Amazonas)	34
4.2 Coleta das amostras de água nos rios e nas residências em comunidades ribeirinhas.....	35
4.3 Metodologia para determinação de análises físicos e químicos.....	38
4.3.1 Análises “in situ”	38
4.3.2 Análises no laboratório.....	38
4.3.3 Indicadores microbiológicos da qualidade da água	41
4.4 Análise dos dados e tratamentos estatísticos	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43

5.1	Aplicação de testes estatísticos para estudo do comportamento das variáveis físicas, químicas e biológicas.....	68
5.2	Águas utilizadas para consumo.....	80
6.	CONCLUSÕES.....	88
7.	REFERÊNCIAS.....	91
	ANEXO 1.....	98
	ANEXO 2.....	100
	ANEXO 3.....	103
	ANEXO 4.....	105

1. INTRODUÇÃO

A maioria da população rural na região amazônica é distribuída em áreas de várzea, onde esta ocupação consiste de um reflexo do processo expansivo da colonização europeia na Amazônia. O modo de vida dessas populações é dependente do ciclo da água na região, sendo que a dinâmica desse habitat é diretamente afetada por fatores como ictiofauna, erosão e processos sedimentares e formas de vegetação. Dentre as práticas de subsistência desta população se destacam a agricultura familiar, e a criação de gado e aves, as quais dependem de estratégias preventivas para minimizar os problemas causados pela sazonalidade das águas desta região (Freire, 1991; Fraxe et al., 2011; Jochim, 1981).

Estas práticas de subsistência, juntamente com fatores provenientes da ocupação desordenada das margens dos rios, tais como descarga de águas residuais domésticas sem tratamento e disposição inadequada de resíduos, podem resultar em qualidade de água inadequada dos corpos de água na área de ocupação humana da Amazônia, tanto para o consumo quanto para as práticas de pesca, banho e paisagismo, que dependem da mudança periódica no ambiente aquático.

Embora as condições de saneamento em áreas rurais sejam consideradas necessárias e prioritárias, esta demanda tem sido negligenciada. Atualmente, não há estudos aprofundados sobre a qualidade de vida dessas comunidades, especialmente em relação às zonas alagadas.

As áreas sujeitas a inundações sazonais das planícies situadas nas margens de rios de águas brancas ou enlameadas, como o Rio Solimões, pertencem a um

complexo sistema de canais, lagos, ilhas e barragens que formam um ambiente com inúmeras possibilidades para a utilização dos recursos hídricos pelos ribeirinhos devido à alta produtividade de peixe e a fertilidade do solo (Sioli, 1951; Moreira, 1977; Lougon et al., 2009). Destacam a importância de se avaliar a magnitude dos impactos ambientais que são derivados de intervenção humana e abordar a necessidade de estabelecer práticas de monitoramento, a fim de proporcionar subsídios para diagnosticar a origem. Os rios desempenham um papel crucial no abastecimento de água para consumo, sendo que a produção de água potável é dependente das características químicas do ambiente aquático (Parmar e Bhardwaj, 2015).

O Rio Amazonas, em conjunto com seus tributários, integra o maior complexo hídrico do mundo, abrangendo 6 milhões de km², com $6,6 \times 10^{12}$ m³.ano⁻¹ de volume de água sendo despejados no oceano (Filizola et al., 2009), destacando-se o Rio Solimões que compõe uma das maiores regiões hidrográficas da bacia Amazônica que colabora com uma descarga de sólidos (Ramalho et al., 2009). O total de material em suspensão produzido pela Bacia Amazônica e exportado pelo Rio Amazonas ao Oceano Atlântico está estimado entre 600 e 800 10^6 t.ano⁻¹ (Filizola e Guyot, 2011). No entanto, percebe-se um entendimento equivocado sobre a presente abundância de água, pela evidente ausência de preocupação quanto à manutenção da qualidade e preservação das margens dos rios onde há ocupação humana. Em cidades mais desenvolvidas na Amazônia, esse comportamento é bastante observado, porém existem condições sistemáticas de uso de recurso hídrico, de responsabilidade do poder público, para o consumo das populações, seja pela exploração de água subterrânea ou pela captação de água de rio para

tratamento, potabilidade, e devida destinação para o consumo humano. No entanto, as comunidades ribeirinhas isoladas das cidades não apresentam orientação necessária quanto ao uso da água do rio para o consumo (Fraxe et al., 2008).

O registro científico das condições da qualidade da água dos rios da Amazônia, amplamente utilizados para consumo pela população local, é relevante, uma vez que os parâmetros físico-químicos e microbiológicos podem sofrer alterações devido à dinâmica hidrológica da região. Visando contribuir para os estudos sobre a influência da atividade antrópica em ambientes de várzea e verificar o atendimento dos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria M.S 2914/11, indispensáveis para a promoção da saúde, este estudo avaliou estas características nas comunidades: São José do Mato Grosso/Coari (Rio Solimões), Menino Deus/Anori (Rio Purus), Nossa Senhora das Graças - Costa do Pesqueiro/Manacapuru (Rio Solimões) e Iracema/Itacoatiara (Rio Amazonas).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A água pura (H₂O) é um líquido formado por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio e acredita-se que apareceu no planeta a cerca de 4,5 bilhões de anos atrás.

O ciclo da água, também denominado ciclo hidrológico, é responsável pela renovação da água no planeta, inicia-se com a energia solar, incidente no planeta Terra, que é responsável pela evapotranspiração das águas dos rios, reservatórios e mares, bem como pela transpiração das plantas. As forças da natureza são responsáveis pelo ciclo da água. A água foi fator decisivo para que a vida surgisse e se desenvolvesse na Terra.

O vapor d'água forma as nuvens, cuja movimentação sofre influência do movimento de rotação da Terra e das correntes atmosféricas. A condensação do vapor d'água forma as chuvas. Quando essa água das chuvas atinge a terra, ocorrem os fenômenos do escoamento superficial em direção dos canais de menor declividade, alimentando diretamente os rios e a infiltração no solo, alimentando os lençóis subterrâneos.

A água dos rios tem como destino final os mares e, assim, fechando o ciclo das águas Figura1.

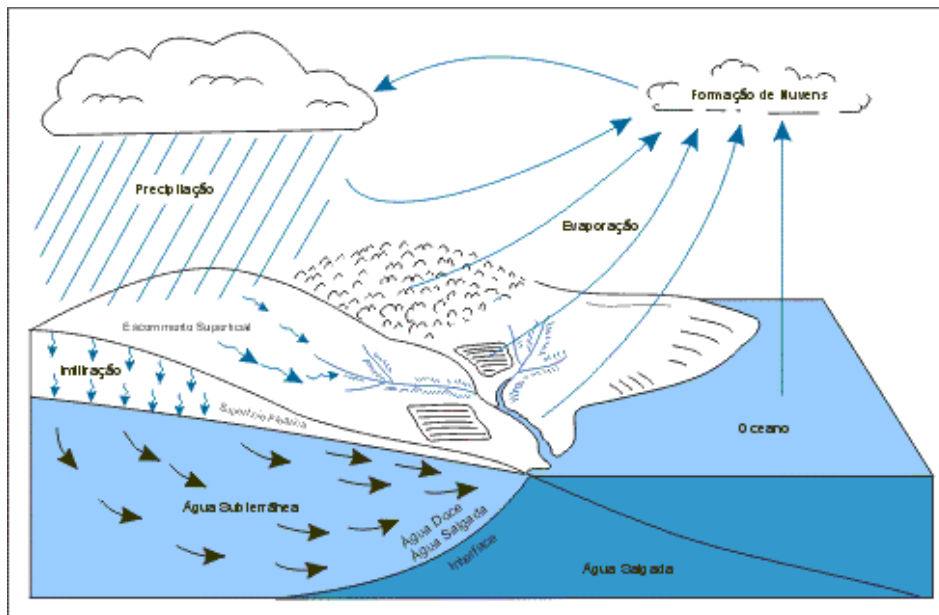


Figura 1. Ciclo da água Fonte: Heat, R. Hidrologia Básica de Águas Subterrâneas. United States Geological Survey Water Supply Paper 2220

Há milhares de anos o processo do ciclo da água acontece naturalmente. Porém, o homem vem alterando esse sistema dia após dia e cada vez mais rápido. O homem está afetando o ciclo da água, causando transformações que podem ser prejudiciais e, até, irreversíveis. A agricultura e a pecuária são atividades econômicas indispensáveis na produção de alimentos. Tanto a agricultura como a pecuária causam impactos aos recursos hídricos, pois ambos têm necessidade de espaço físico, sendo o desmatamento a primeira consequência prejudicial ao ambiente, sendo assim uma importante fonte poluidora. Embora não seja o único responsável pela perda da qualidade da água, a agricultura, direta ou indiretamente, contribui para a degradação dos mananciais (Resende, 2002). Isso pode ocorrer por meio da contaminação dos corpos d'água por substâncias orgânicas ou inorgânicas, naturais ou sintéticas e ainda, por agentes biológicos. Dentre os impactos gerados pela agricultura podem ser citados: a utilização excessiva de fertilizantes, desmatamento, erosão, lixiviação superficial (que leva consigo a deposição orgânica

de vegetais e sua microfauna associada) e lixiviação profunda (que promove uma lavagem dos nutrientes nas camadas subsequentes) perda de biodiversidade, esgotamento da água doce, poluição atmosférica, poluição de águas, desertificação, destruição de mananciais e geração de resíduos (Rosa, 1998).

A água é um recurso natural limitado, indispensável e essencial para a vida humana. No Brasil, os recursos hídricos superficiais representam 11% da água do planeta, sendo que a bacia hidrográfica do rio Amazonas detém 71,1% da vazão nacional (Giatti e Cutolo, 2012). O volume total da água permanece constante no planeta, sendo estimado em torno de 1,5 bilhão de quilômetros cúbicos. Os oceanos constituem cerca de 97,5% de toda a água do planeta. Dos 2,5 % restantes, aproximadamente 1,9% estão localizados nas calotas polares e nas geleiras, enquanto apenas 0,6 % é encontrado na forma de água subterrânea, em lagos, rios e também na atmosfera, como vapor d'água.

A bacia Amazônica possui um dos ecossistemas mais ricos do mundo com uma superfície de 6,15 milhões de km² formando o maior complexo hídrico do mundo, com o aporte do fluxo da matéria em suspensão ao Oceano Atlântico na ordem de 600 a 800 10⁶ ton.ano⁻¹ (Filizola e Guyot, 2007). Essa enorme descarga se deve a ampla extensão da sua área de captação e a alta pluviosidade nas suas cabeceiras, principalmente na região de fronteira com os Andes.

Sioli e Klinge (1962) classificaram as águas da região em três grupos: águas brancas, águas pretas e águas claras. As águas brancas são provenientes de regiões andinas, típicas dos Rios Solimões, Amazonas, Madeira, Purus entre outros. Essas águas possuem pH próximo da neutralidade, com predomínio de íons cálcio e

HCO_3^- , o que as classifica como carbonatadas (Sioli, 1968; Gaillardet, et al., 1997).

Estudos em pequenos tributários dos grandes rios da Amazônia mostram que a formação geológica dos ambientes na Amazônia (terra firme, várzeas, igapós e lagos) está diretamente relacionada com a química das águas (Santos & Ribeiro, 1988; Cunha, 2006; Horbe et al., 2005).

As rochas sedimentares e sedimentos quaternários da Formação Solimões são as unidades geológicas que influenciam diretamente a química das bacias de drenagem dos afluentes dos Rios Solimões e Purus, apesar da forte influência dos sedimentos em suspensão em grande parte provenientes da erosão dos Andes. A Formação Solimões é constituída de arenitos e siltitos de idade miocena de origem marinha (Nogueira et al., 2003). Segundo Horbe et al., (2007) quartzo, caulinita, illita, hematita+goethita e muscovita são os minerais principais e na sua composição química predominam o dióxido de silício (SiO_2), óxido de alumínio (Al_2O_3), seguidos de óxido de ferro (Fe_2O_3), óxido de potássio (K_2O), óxido de cálcio (CaO), óxido de magnésio (MgO) e óxido de sódio (Na_2O).

Os sedimentos quaternários são genericamente divididos em Quaternário Antigo e Recente, representando respectivamente as planícies aluviais e ilhas/barras dos rios de água branca da Amazônia. Os depósitos sedimentares recentes da calha do Rio Solimões-Amazonas são compostos por arenitos e siltitos constituídos de quartzo, caulinita, K-feldspato, plagioclásio, mica, hematita, fragmentos de rochas sedimentares (siltitos e arenitos), metamórficas (xistos) e vulcânicas, além de raros fragmentos de rochas carbonáticas (Franzinelli e Potter, 1989).

Todos os rios de água barrenta formam várzeas, que são ricas em nutrientes

minerais, apresentam maiores concentrações de sedimento nos meses de novembro e abril devido à ressuspensão dos sedimentos aos aumentos da vazão e, em parte, do fenômeno das terras caídas. O clima na Amazônia apresenta sazonalidade marcante com estação seca e chuvosa. O período de maior intensidade de chuva é considerado o inverno, que geralmente inicia no mês de novembro até o mês de maio, um período de menor intensidade de chuva (verão) que inicia em meados de junho até outubro (Santos e Ribeiro, 1988).

A sazonalidade e abundância das chuvas na região Andina provoca uma flutuação anual, regular, monomodal e de grande amplitude no nível da água do Rio Amazonas. Na Amazônia Central, a amplitude média anual da variação do nível d'água chega a ultrapassar os 10 metros, o que corresponde a períodos de inundação de até 230 dias (Junk, 1989). O pulso de inundação constitui o fator determinante na maioria dos processos ecológicos na várzea e o relevo plano da depressão amazônica causa o transbordamento do canal principal do rio e inundação de uma grande extensão da Floresta Amazônica (Prance, 1979). A dinâmica hidrológica dos rios, nas áreas de várzeas, influencia diretamente na vida dos ribeirinhos, que utilizam a água do rio para o consumo por meio do bombeamento com o tratamento simplificado sem método específico e até mesmo sem o devido tratamento.

As várzeas do complexo Solimões-Amazonas correspondem a aproximadamente 1,5 a 2% do território da Amazônia brasileira (75 a 100 mil km²), contrastando em vários aspectos com a maior parte da região constituída de terras secas e altas, denominadas de "terra firme" (Vieira, 1992). As larguras das várzeas

variam de algumas centenas de metros em trechos do Alto Solimões, passando por larguras médias de 50 km ao longo do Médio e Baixo Amazonas até 200 km na foz do Amazonas (Diegues, 2002).

2.1 Qualidade da água

A qualidade da água é um aspecto que assegura determinado uso ou conjunto de usos, sendo representada por características intrínsecas, geralmente mensuráveis, de natureza física, química e biológica. Estas características, se mantidas dentro de certos limites (critérios ou padrões), viabilizam para determinado uso.

2.2 Aspectos físicos, químicos e biológicos

A qualidade da água está diretamente relacionada com os tipos de impurezas nela contidos e seus respectivos teores. As impurezas, que conferem à água as suas características, podem ser determinadas por meio de exames físicos, químicos e microbiológicos.

2.2.1 Características organolépticas

Cor real: é a cor da amostra isenta de substâncias dissolvidas ou em suspensão, causadoras da turbidez. A matéria orgânica, proveniente de vegetais em decomposição, quase sempre resulta em cor nas águas.

Turbidez: um corpo hídrico pode apresentar elevada turbidez pela presença de materiais sólidos em suspensão originado do carreamento destes para o corpo hídrico. É a redução da transparência da água, ocasionada pela presença de

material em suspensão, de qualquer natureza, presente na água. A presença de partículas insolúveis do solo, matéria orgânica, microorganismos e outros provocam a dispersão e a absorção da luz, reduzindo a fotossíntese da vegetação submersa e algas (Tavares, 2005). A quantificação de luz refletida pelas partículas suspensas dá uma ordem de grandeza de sólidos em suspensão na amostra.

Sólidos totais em suspensão (STS): todas as impurezas, com exceção dos gases dissolvidos, são consideradas sólidos suspensos em corpos d'água. Altas concentrações de sólidos em suspensão reduzem a passagem de luz solar, afetam organismos bentônicos e desequilibram as cadeias tróficas (Tavares, 2005).

2.2.2 Parâmetros físicos e químicos da água

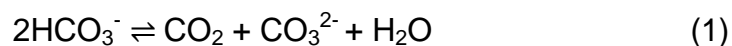
pH: indica a concentração ácida no corpo hídrico e influencia os ecossistemas aquáticos naturais devido a seus efeitos na fisiologia de diversas espécies. Para que se conserve a vida aquática, o pH ideal deve variar entre 6 e 9 (Esteves, 1998).

Temperatura: a temperatura acelera as reações químicas, reduz a solubilidade dos gases, acentua a sensação de sabor e odor, dentre outros. É considerada uma das características mais importantes do meio aquático. Seu valor pode variar entre 0°C e 30°C.

Alcalinidade: É a medida da capacidade de neutralizar ácidos ou absorver íons hidrogênio sem mudança significativa do pH. As principais fontes de alcalinidade em águas são, pela ordem, bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^-) e hidróxidos (OH^-). A fotossíntese e a respiração do plâncton podem causar profundas alterações químicas na água e a função do sistema tampão carbonato/bicarbonato é

minimizar essas alterações (Kubitza, 1998). O sistema CO_2 é a principal fonte de carbono inorgânico dissolvido para as plantas aquáticas, e as três formas estão em equilíbrio entre si e com a atmosfera (Tundisi e Tundisi, 1984).

O bicarbonato representa a mistura de HCO_3^- de origem de desagregação de rochas de bicarbonato e HCO_3^- derivado do ácido carbônico que serviu como fonte de prótons durante as reações de desagregação. Uma vez deixado o local das reações de desagregação, a alcalinidade total tende a ser conservativa. Exceções a esta condição seriam uma fonte ou escoadouro de prótons devido à transferência líquida ou adição de ácidos ou bases do sistema (Wissmar et al, 1980). A equação 1 mostra o equilíbrio do sistema carbonato/bicarbonato que ocorre nos ecossistemas aquáticos.



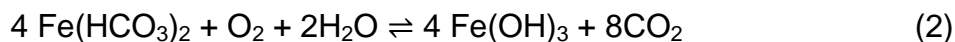
A lixiviação de solos pelas chuvas e as consequentes águas de rolamento superficial fluem para os cursos d'água, transportando a matéria orgânica, que aparece sob as formas dissolvida e particulada (Piccolo e Stevenson, 1982).

Sílica (SiO_2): É um constituinte de todas as águas naturais. A sílica solúvel também chamada de reativa, geralmente está presente em águas brutas na forma de ácido silícico e silicatos solúveis, cuja concentração pode variar desde a sílica solúvel para fins de potabilidade não é objetável.

Ferro: o ferro, muitas vezes associado ao manganês, confere à água um sabor amargo, adstringente e coloração amarelada e turva, decorrente da precipitação do mesmo quando oxidado. A forma mais comum que o ferro solúvel é

encontrado em águas é como bicarbonato ferroso $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ (Equações 2 e 3).

As reações envolvidas são as seguintes:



Oxigênio dissolvido: É um elemento essencial no metabolismo dos seres aquáticos aeróbicos. Em águas correntes, sob circunstâncias normais, o conteúdo de oxigênio é alto e varia ao longo do rio, devido a alterações em suas características ambientais e em consequência das condições climáticas (Maier, 1987).

O oxigênio dissolvido nas águas superficiais depende da quantidade e tipo de matéria orgânica biodegradável que a água contenha. A quantidade de O_2 que a água pode conter é pequena, devido à sua baixa solubilidade. A pressão parcial do gás remete a relação direta com a temperatura, ou seja, quanto maior a temperatura, menor será a solubilidade do gás. (Esteves, 1998), pois intimamente ligada à estratificação térmica, estão às concentrações de oxigênio. O aumento da temperatura não somente diminui a solubilidade do oxigênio na água, mas aumenta o consumo de oxigênio por causa de taxas de decomposição crescentes (Junk, 1980). Na região Amazônica onde são registradas altas temperaturas e baixas concentrações de oxigênio dissolvido (Tundisi, 1984; Shánchez-Botero et al., 2001; Shánchez-Botero et al., 2003; Melo et al., 2005; Silva et al., 2008; Aprile e Darwich, 2009; Rodriguez et al., 2009) a fauna aquática desenvolveu várias adaptações para

suportar as baixas concentrações de oxigênio (Junk, 1980). Seu valor indicado não é inferior a 5 mg L^{-1} (CONAMA 357/05).

Condutividade elétrica: é a medida da capacidade da água em conduzir corrente elétrica, cujos valores são expressos em micro Siemens/cms ($\mu\text{S cm}^{-1}$). É função da concentração de íons presente na água que possam conduzir esta corrente elétrica, mas seu valor, além de depender da temperatura, também difere para cada íon (Esteves, 1998).

2.2.3 Características microbiológicas da água

A água contém uma variedade de microrganismos, alguns naturais do ecossistema aquático e outros transitórios, provenientes do solo e de dejetos industriais e domésticos. O controle da população bacteriana é de grande importância, visto que densidades elevadas dos mesmos na água podem determinar a deterioração da qualidade, com desenvolvimento de odores e sabores desagradáveis e produção de biofilmes. Além disso, elevadas quantidades dessas bactérias podem apresentar riscos à saúde, pois algumas delas podem atuar como patógenos oportunistas, especialmente problemáticas para indivíduos debilitados imunologicamente. Os ecossistemas aquáticos vêm sofrendo os impactos causados pelas atividades humanas e sujeitos às diversas alterações ambientais. A população microbiana aquática reflete as condições terrestres circundantes e as atividades ali exercidas.

A quantificação de microrganismos como os coliformes é de grande importância para a saúde pública, uma vez que sua presença indica contaminação por material fecal. Os enterococos têm sido propostos como indicadores também,

devido à alta concentração nas fezes e alta taxa de sobrevivência no ambiente. A *Pseudomonas aeruginosa* devido a sua versatilidade, é usada como critério no padrão de potabilidade no Brasil. As bactérias heterotróficas só representam riscos se encontradas em altas concentrações, mas sua enumeração é utilizada como um parâmetro complementar aos coliformes.

Sendo a água de importância vital ao indivíduo, a garantia de sua potabilidade e de suas condições higiênico-sanitárias é de grande importância para toda a população. Sob o aspecto da saúde pública, a água potável deve estar isenta de microrganismos do grupo coliforme, que podem ou não ser de origem fecal de acordo com a Portaria MS 2914/11.

Coliformes termotolerantes: são bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Os coliformes fecais são resistentes ao calor e fermentam a lactose em temperatura mais elevada a $45,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$. O número mais provável (NMP) é o número de organismos por unidade de volume que de acordo com a teoria estatística teria maior probabilidade de representar a densidade real e é expressa como NMP/100 mL.

Pseudomonas aeruginosa: é uma bactéria de origem ambiental, com necessidades nutricionais mínimas para crescimento e capacidade para adaptar-se a várias condições adversas, podendo sobreviver não somente em solo e água, mas também em outros ambientes desfavoráveis (Hardalo & Edberg, 1997). É frequentemente encontrada no esgoto, em águas superficiais (rios e lagos) e, raramente, em água de consumo humano (Mena & Gerba 2009). Trata-se de um

bacilo aeróbico, gram-negativo, com um flagelo polar, pertence à família *Pseudomonadaceae*. Pode ser patogênica para plantas e, para humanos, é um típico patogênico oportunista, causando uma grande variedade de infecções.

Bactérias heterotróficas: são aquelas que utilizam compostos orgânicos como fonte de carbono. As bactérias heterotróficas estão presentes em todos os tipos de água, nos alimentos, no solo, na vegetação e no ar. Sua contagem pode fornecer uma indicação geral sobre a qualidade microbiológica da água tratada, eficiência dos métodos de tratamento, integridade e limpeza do sistema de distribuição (World Health Organization, 2011).

Clostrídios: utilizado como indicador bacteriológico de contaminação fecal, sua incidência no meio aquático está associada a dejetos humanos, sendo sua presença detectada em fezes, esgotos e águas poluídas (CETESB, 2007). A determinação de esporos de *Clostridium perfringens* em água é uma importante avaliação de contaminação fecal remota, útil em situações onde outros indicadores de menor resistência, tais como *E. coli*, já não se encontrariam mais presentes. O *Clostridium perfringens* é uma bactéria anaeróbia em forma de bastonete, sulfito redutora, amplamente distribuída na natureza e considerada como parte da microbiota intestinal do homem e de animais.

Enterococos: são comumente encontrados em fezes humanas e de outros animais homeotérmicos, utilizados para caracterizar a qualidade microbiológica da água. O habitat normal destes grupos de bactérias é o trato intestinal humano e de outros animais e, normalmente, não ocorrem em águas e solos de áreas não poluídas, sendo que as poucas incidências estão relacionadas diretamente a

animais de vida selvagem ou à drenagem dos solos por enxurradas. Embora estas bactérias possam persistir por longos períodos em águas de irrigação com alto teor eletrolítico, geralmente não se multiplicam em águas poluídas sendo, portanto, sua presença indicativa de contaminação fecal recente. Este grupo de bactérias engloba várias espécies que apresentam diferentes graus de resistência às variações ambientais e origens fecais específicas. Assim, as espécies incluídas no gênero *Enterococcus* apresentam maior resistência e são caracterizadas por sua capacidade de crescer em temperaturas de 10 a 45°C, pH de até 9,6 e em meios com altas concentrações de NaCl. Além disso, conseguem sobreviver a temperaturas de 60°C durante 30 minutos (CETESB, 2007).

2.2.4 Padrões de potabilidade

As normas e os padrões de potabilidade são definidos pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde para a certificação de que a água não apresenta nenhum risco para a saúde humana. Esses padrões representam, em geral, os valores máximos permitidos (VMP) de concentração de uma série de substâncias e componentes presentes na água destinada ao consumo humano.

Os padrões não se restringem às substâncias que podem causar danos à saúde, eles incluem também as substâncias que alteram o aspecto e o gosto da água ou causam algum tipo de odor.

A qualidade necessária à água distribuída para consumo é a potabilidade, ou seja, deve estar livre de qualquer contaminação, seja esta de origem microbológica, química, física ou radioativa, não devendo, em hipótese alguma, oferecer riscos à saúde humana.

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA N° 357/2005 estabelece os padrões de qualidade de corpos aquáticos, bem como os lançamentos de efluentes. As águas residuais, após tratamento, devem atender aos limites máximos e mínimos estabelecidos pela referida resolução, e os corpos d'água receptores não devem ter sua qualidade alterada.

2.3 Ambiente de várzea na Amazônia Central

O Estado do Amazonas está localizado na maior bacia hidrográfica do mundo e ainda apresenta grandes desafios quanto ao acesso à água potável para a sua população, especialmente para as populações ribeirinhas localizadas nas áreas de várzea, levando em conta o processo de ocupação, superar problemas históricos como a ocupação dispersa e tradição de uso de água sem tratamento (Becker, 2005).

As populações amazônicas que habitam as várzeas, invariavelmente, fixam-se às margens dos cursos de águas. As várzeas são locais de grande fertilidade, onde habitam 90% da população rural amazonense (Val et al., 2010) e onde a vida se move com o ciclo das águas, que sobem e descem, onde na vazante dos rios muitos mananciais superficiais secam completamente ou ficam com lâminas de água, impedindo sua utilização, seja pela insuficiência ou pelas condições impróprias para o consumo humano (Azevedo, 2006).

A paisagem em áreas de várzea se modifica ao longo do ano em razão das mudanças ambientais que seguem as estações hidrológicas da região (enchente, cheia, vazante e seca). A mudança inicia-se com a subida das águas (Figura 2), quando os quintais dos ribeirinhos são tomados pelas águas. No regime equatorial

representado pelo rio Solimões e Amazonas, a enchente inicia no final de novembro e se estende até o início de maio, as cheias acontecem entre maio e junho estendendo-se até meados de julho e o período de seca entre outubro e novembro enquanto que a vazante começa em meados de julho e se estende até o mês de setembro (Filizola, 2003). O regime tropical austral, com um só pico de cheia, normalmente acontecendo no primeiro semestre do ano e o período de seca ocorrendo em meados do segundo semestre do ano. Esse regime é representado pelos rios originários do hemisfério sul, como o Purus (Filizola, 2003).

As comunidades ribeirinhas que moram nas áreas de várzeas todos os anos convivem com a constante preocupação na mudança do nível de água, pois a maioria das famílias sobrevive do recurso pesqueiro, e o período hidrológico da seca é para alguns ainda a fase de maior dificuldade de recolhimento da água para as atividades cotidianas (Oliveira et al., 2008). Para minimizar essas dificuldades de recolhimento de água, em 2003 foi lançado o Programa “Luz para Todos” com a finalidade de levar energia elétrica às áreas ribeirinhas, facilitando a captação de água por meio de bomba.

Tendo em vista que o uso da água coletada diretamente do rio é indispensável para as populações ribeirinhas em suas atividades cotidianas, faz-se necessário atentarmos para a sua qualidade. Segundo Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) 357/05, quando realizada a captação de água superficial, são exigidas análises para avaliar a compatibilidade da técnica de tratamento com a qualidade da água a ser utilizada e avaliar os riscos à saúde associado ao uso dessa água para consumo humano.

A água utilizada para consumo humano tem de apresentar características de qualidade que garantam a sua potabilidade, de modo a não constituir um vetor de doenças de veiculação hídricas e que não ofereça riscos à saúde. Segundo a Portaria MS nº 2.914/11, a água para consumo humano deve atender ao padrão de potabilidade aos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e organolépticos.



Figura 2. Comunidade Costa do Pesqueiro – Manacapuru / AM. Paisagem na época da cheia Junho (a e b) e vazante Setembro 2014 (c e d). Foto: *Próprio autor*

Nas águas, além dos parâmetros medidos no campo (temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos totais em suspensão), foram analisados no laboratório: cor, ânions, sílica, cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+), metais (Al e Fe) e glifosato. Parâmetros microbiológicos: coliformes totais, fecais, Clostrídios, Pseudomonas, Enterococos e heterotrófica foram avaliadas nas

residências na comunidade Nossa Senhora das Graças - Costa do Pesqueiro. Tanto as substâncias químicas analisadas como os coliformes fecais são considerados bons indicadores de contaminação. Em geral, os principais corpos hídricos na região da Amazônia Central, como o Rio Solimões, são considerados preservados quanto aos critérios de contaminação, conforme especificado pelo Conama (Oliveira *et al.*, 2011; Cunha e Pascolato, 2006).

Entre as práticas de subsistência da população amazônica destacam-se a agricultura familiar, criação de aves e a pecuária, onde se verifica a necessidade da adoção de estratégias preventivas para se minimizar os problemas causados pela sazonalidade das águas dessa região (Freire, 1991; Fraxe *et al.*, 2007; Jochim, 1981). A agricultura familiar deve-se em grande parte aos solos da várzea que apresentam elevada fertilidade natural atribuída principalmente às características dos sedimentos, (Lima *et al.*, 2007).

As comunidades ribeirinhas visitadas realizam a captação da água por meio de bomba na margem do rio para a realização de suas atividades cotidianas, inclusive para o consumo. Existe a problemática em relação à qualidade de vida em pequenas comunidades ribeirinhas, ocorrida pela deficiência quanto ao abastecimento de água e o modo de vida em relação aos hábitos na utilização do recurso hídrico (Oliveira *et al.*, 2008, Pantoja *et al.*, 2015). Assim, o registro sobre o modo de consumo e a qualidade da água das comunidades ribeirinhas é importante para o conhecimento e tomada de ações para políticas públicas na área da saúde.

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar a utilização da água de rio para o consumo humano nas comunidades ribeirinhas na região Coari a Itacoatiara/Amazonas – Brasil.

3.2 Específicos

- I. Investigar a qualidade da água coletada dos rios e utilizada para o consumo humano nas comunidades ribeirinhas nas diferentes fases hidrológicas da região;
- II. Determinar indicadores de qualidade da água como temperatura, cor, turbidez, sólidos totais suspensos, oxigênio dissolvido, alumínio dissolvido (Al^{3+}), cálcio (Ca^{2+}), ferro total (Fe^{+3}), potássio (K^+), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), sílica (Si), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), cloretos (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), fosfato (PO_4^{3-}), glifosato e indicadores microbiológicos nas águas dos rios e nas águas utilizadas para o consumo nas residências em comunidades ribeirinhas;
- III. Verificar a compatibilidade da água tratada nas comunidades com a portaria MS 2914/2011;
- IV. Verificar a compatibilidade da água do rio com a resolução CONAMA 357/2005.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

As atividades de pesquisa foram realizadas dentro do projeto Dinâmicas dos Fluxos de Sedimentos da Companhia de Pesquisa de Recurso Minerais - Serviço Geológico do Brasil (CPRM) que possui estações hidrometeorológicas de monitoramento, (Figura 3), e proporcionou a logística para o desenvolvimento do trabalho no médio Amazonas nas comunidades ribeirinhas, nos municípios de Coari (Rio Solimões), Anori (Rio Purus), Manacapuru (Rio Solimões) e Itacoatiara (Rio Amazonas).

O estudo foi elaborado para avaliar a água usada para beber em residências, assim como, as águas do rio de onde a água é captada para o armazenamento e uso em comunidades ribeirinhas.

As amostras de água foram coletadas em junho (cheia) e setembro (vazante) de 2014, janeiro (início da enchente) e março (enchente) de 2015, procurando acompanhar o ciclo hidrológico durante o período de 12 meses.

Os pontos de coleta foram estabelecidos em rios de água branca conforme descritos na Tabela 1. As amostras de água coletadas nos rios e em diferentes fases hidrológicas estão identificadas neste estudo por siglas: A primeira letra identifica o município a segunda se R centro do rio, se M é margem, a terceira letra identifica o rio a qual o município pertence, a fase hidrológica.

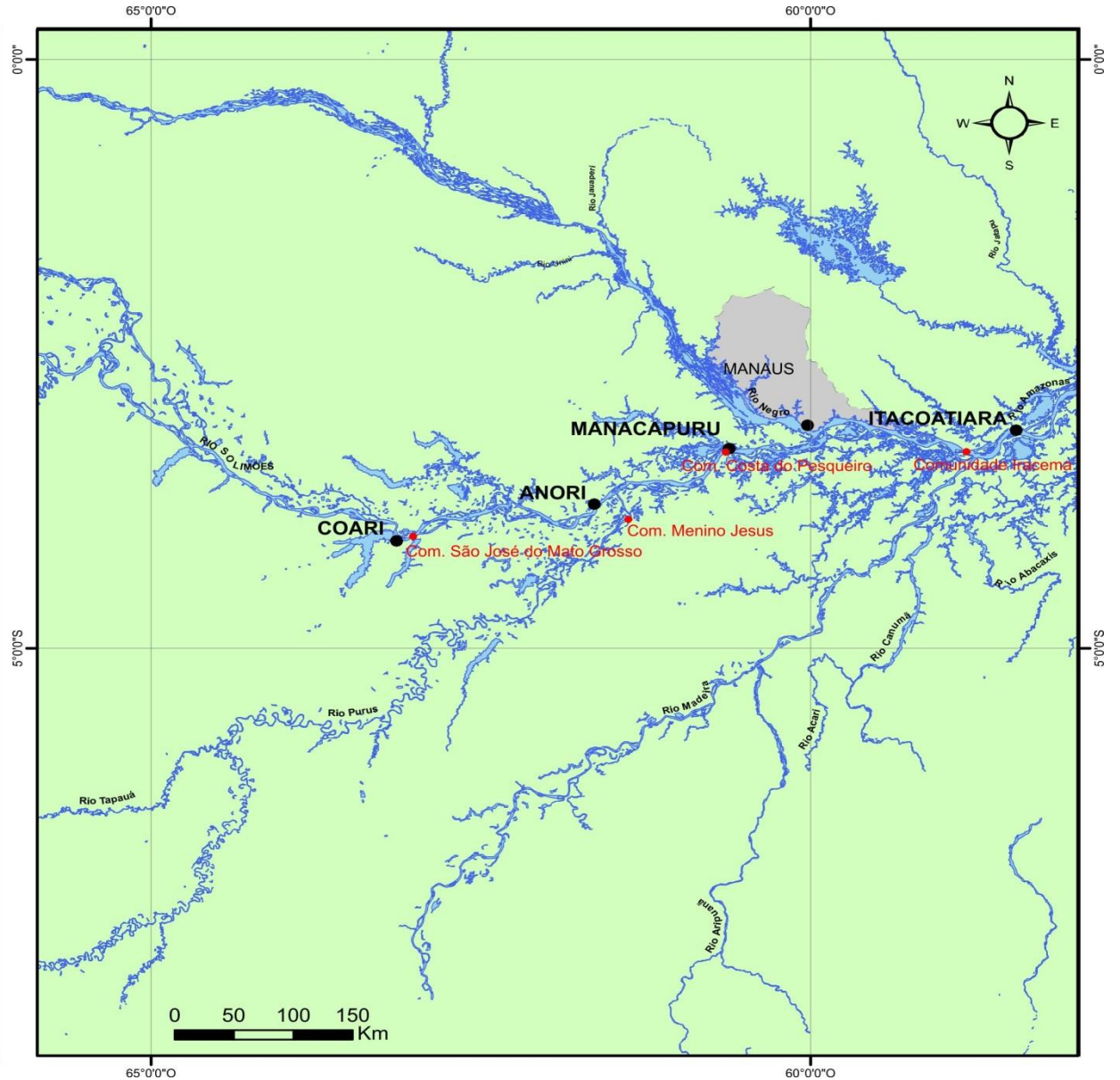
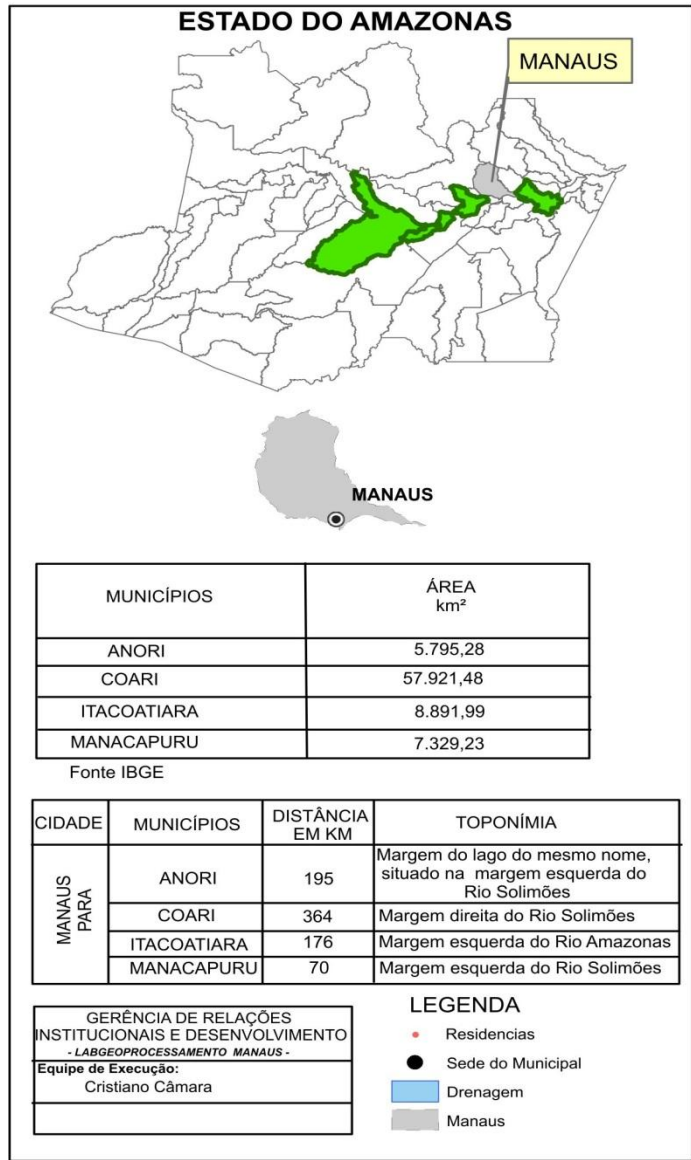


Figura 3. Localização da área de estudo: pontos georreferenciados para a coleta ao longo do rio Solimões, Purus e Amazonas.

Tabela 1. Descrição dos pontos de coleta e sua localização georreferenciada.

Código	Descrição	Latitude (S)	Longitude (W)
Comunidade São José do Mato Grosso – Coari			
CRS1	Coari Rio Solimões 1 (Montante)	04°02'45.3"	063°01'05.1"
CRS2	Coari Rio Solimões 2 (Meio)	04°02'39.1"	063°01'04.3"
CRS3	Coari Rio Solimões 3 (Jusante)	04°02'34.0"	063°00'54.8"
CMS1	Coari Margem Solimões 1 (Montante)	04°02'58.3"	063°00'59.6"
CMS2	Coari Margem Solimões 2 (Meio)	04°02'55.0"	063°00'55.2"
CMS3	Coari Margem Solimões 3 (Jusante)	04°02'48.6"	063°00'42.9"
CRes1	Coari Residência 1	04°02'53.4"	063°00'45.7"
CRes2	Coari Residência 2	04°02'57.0"	063°00'50.9"
CRes3	Coari Residência 3	04°02'53.8"	063°00'46.5"
CRes4	Coari Residência 4	04°02'58.1"	063°00'54.1"
CRes5	Coari Residência 5	04°02'56.0"	063°00'49.9"
Comunidade Menino Deus – Frente à Beruri – Anori			
ARP1	Anori Rio Purus 1 (Montante)	03°54'02.0"	061°23'08.1"
ARP2	Anori Rio Purus 2 (Meio)	03°53'48.6"	061°22'51.0"
ARP3	Anori Rio Purus 3 (Jusante)	03°53'37.6"	061°22'40.1"
AMP1	Anori Margem Purus 1 (Montante)	03°53'50.6"	061°23'22.4"
AMP2	Anori Margem Purus 2 (Meio)	03°53'36.6"	061°22'59.2"
AMP3	Anori Margem Purus 3 (Jusante)	03°53'28.0"	061°22'47.3"
ARes1	Anori Residência 1	03°53'49.0"	061°23'23.1"
ARes2	Anori Residência 2	03°53'47.0"	061°23'20.2"
ARes3	Anori Residência 3	03°53'33.8"	061°23'00.6"
ARes4	Anori Residência 4	03°53'32.8"	061°22'58.0"
ARes5	Anori Residência 5	03°53'26.0"	061°22'49.1"
Comunidade Costa do Pesqueiro – Manacapuru			
MRS1	Manacapuru Rio Solimões 1 (Montante)	03°19'49.1"	060°38'48.3"
MRS2	Manacapuru Rio Solimões 2 (Meio)	03°19'37.5"	060°37'16.2"
MRS3	Manacapuru Rio Solimões 3 (Jusante)	03°19'50.1"	060°35'17.7"
MMS1	Manacapuru Margem Solimões 1 (Montante)	03°20'33.2"	060°38'46.4"
MMS2	Manacapuru Margem Solimões 2 (Meio)	03°20'29.9"	060°37'16.0"
MMS3	Manacapuru Margem Solimões (Jusante)	03°20'30.3"	060°35'33.7"
MRes1	Manacapuru Residência 1	03°20'35.0"	060°38'38.5"
MRes2	Manacapuru Residência 2	03°20'31.7"	060°37'22.4"
MRes3	Manacapuru Residência 3	03°20'31.7"	060°37'20.5"
MRes4	Manacapuru Residência 4	03°20'32.1"	060°37'15.0"
MRes5	Manacapuru Residência 5	03°20'34.0"	060°35'33.5"
Itacoatiara – Comunidade de Iracema			
IRA1	Itacoatiara Rio Amazonas 1 (Montante)	03°19'20.3"	058°49'38.3"
IRA2	Itacoatiara Rio Amazonas (Meio)	03°19'36.9"	058°49'12.3"
IRA3	Itacoatiara Rio Amazonas 3 (Jusante)	03°19'43.3"	058°48'43.6"
IMA1	Itacoatiara Margem Amazonas 1 (Montante)	03°18'39.8"	058°49'38.8"
IMA2	Itacoatiara Margem Amazonas 2 (Meio)	03°18'52.2"	058°49'10.3"
IMA3	Itacoatiara Margem Amazonas 3 (Jusante)	03°18'59.3"	058°48'36.5"
IRes1	Itacoatiara Residência 1	03°18'39.2"	058°49'38.4"
IRes2	Itacoatiara Residência 2	03°18'39.2"	058°49'36.1"
IRes3	Itacoatiara Residência 3	03°18'50.8"	058°49'09.7"
IRes4	Itacoatiara Residência 4	03°18'58.3"	058°48'39.9"
IRes5	Itacoatiara Residência 5	03°18'58.0"	058°48'36.3"

Para realização das coletas de campo foi utilizado barco regional para o roteiro e contou com o auxílio de lancha para o acesso as comunidades. Ao total, foram realizadas 5 campanhas sendo a primeira em março de 2014 para definir as comunidades que participariam do estudo, sendo importante aquelas que realizavam a captação e uso de água superficial. A partir dessa definição foi traçado o planejamento para a coleta trimestral, objetivando acompanhar o ciclo hidrológico, no período de junho de 2014 até março de 2015 (Figuras 4 e 5).



Figura 4. Período de águas altas na bacia hidrográfica da região Amazônica.

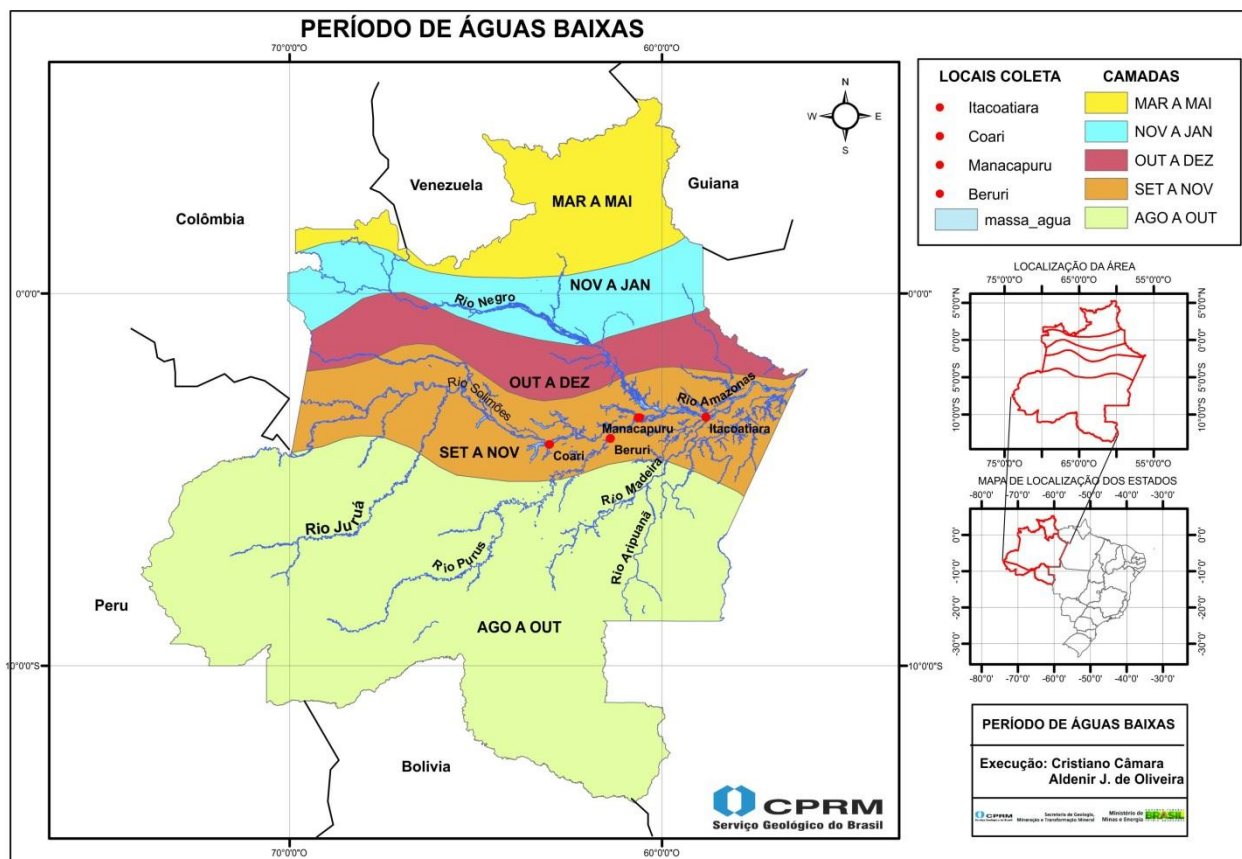


Figura 5. Período de águas baixas na bacia hidrográfica da região Amazônica.

Em cada comunidade coletaram-se 11 amostras por campanha, as quais foram 06 amostras coletadas no rio e 05 amostras coletadas em residências previamente selecionadas para avaliação da água para consumo. As amostras do rio foram coletadas em três pontos no meio e três pontos na margem do rio, que estavam localizados a montante, à frente e a jusante da comunidade (Figuras 6, 7, 8 e 9). A água utilizada para consumo é captada a cerca de 1,0 m da margem do rio e então é bombeada para o reservatório do domicílio, o qual foi estabelecido como ponto de amostragem.

Ao longo deste trabalho foram avaliadas quatro comunidades as quais totalizam 176 amostras nas 4 coletas para determinar 16 indicadores, no entanto a

amostragem ocorreu em apenas 20 destas residências, ou seja, cinco em cada comunidade. Isto representa 11,6% do total de 80 domicílios registrados entre as quatro comunidades. O reduzido número de amostras pode ser justificado pela distância entre as comunidades ribeirinhas, uma vez que demanda elevado tempo de deslocamento entre os pontos de coleta e o laboratório de análises localizado em Manaus. No entanto, os resultados são valiosos para a discussão sobre os recursos hídricos que estão disponíveis em abundância nesta região. Para garantir a qualidade de vida os processos de tratamento são necessários, especialmente para a remoção de sólidos em suspensão. De acordo De acordo com Filizola et al., (2002) os sólidos em suspensão estão presentes em quantidades tão grandes como $447 \times 10^6 \text{ ton.ano}^{-1}$ em uma corrente de $96.230 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para o Solimões.

As comunidades são pertencentes aos municípios de Coari/Comunidade São José do Mato Grosso (Rio Solimões), Anori/Comunidade Menino Deus (Rio Purus), Manacapuru/Costa do Pesqueiro (Rio Solimões), Itacoatiara/Comunidade de Iracema (Rio Amazonas) todas localizadas em áreas de várzea.

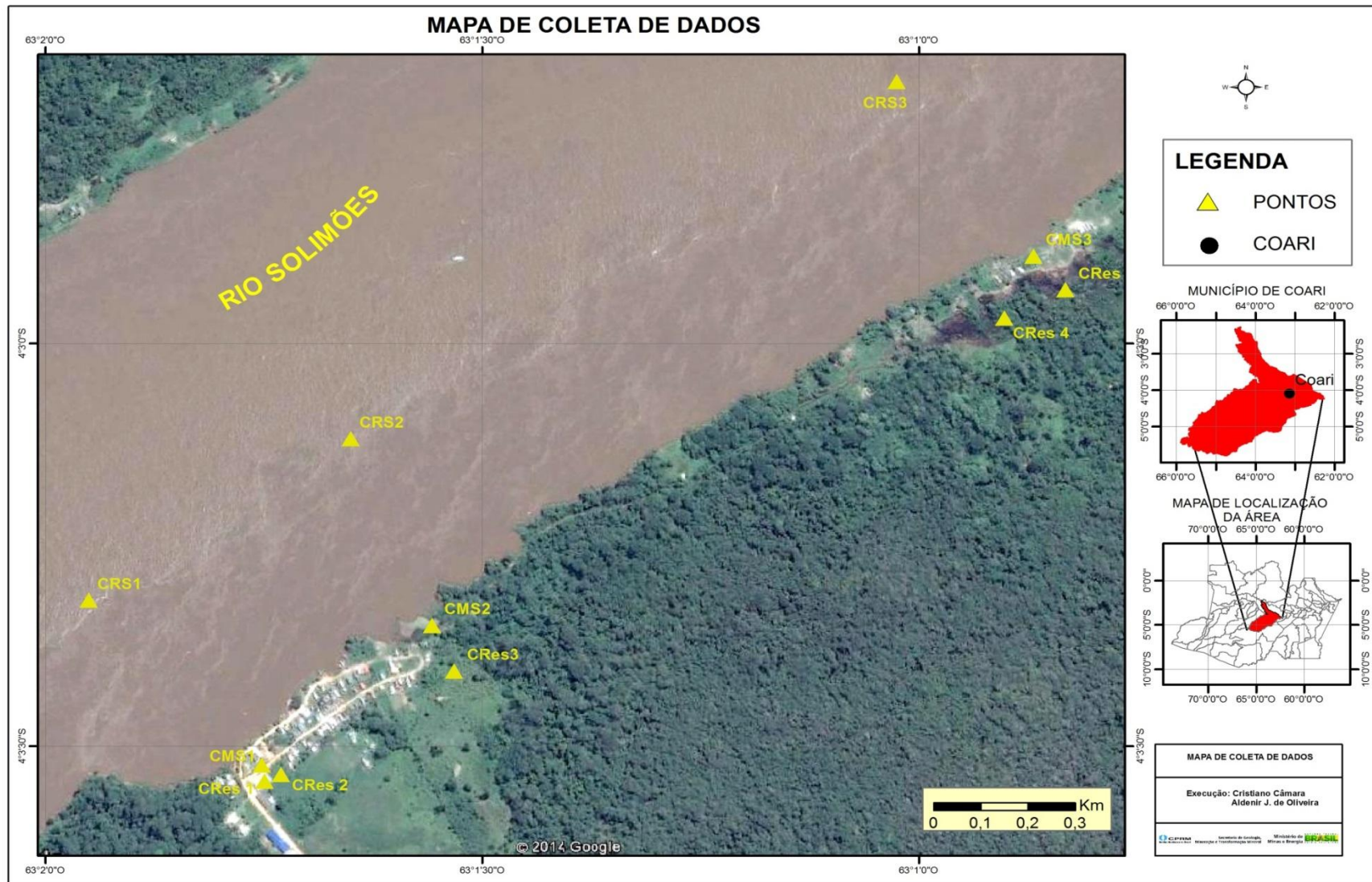


Figura 6. Distribuição dos pontos de coleta na comunidade de São José do Mato Grosso/Coari-AM.

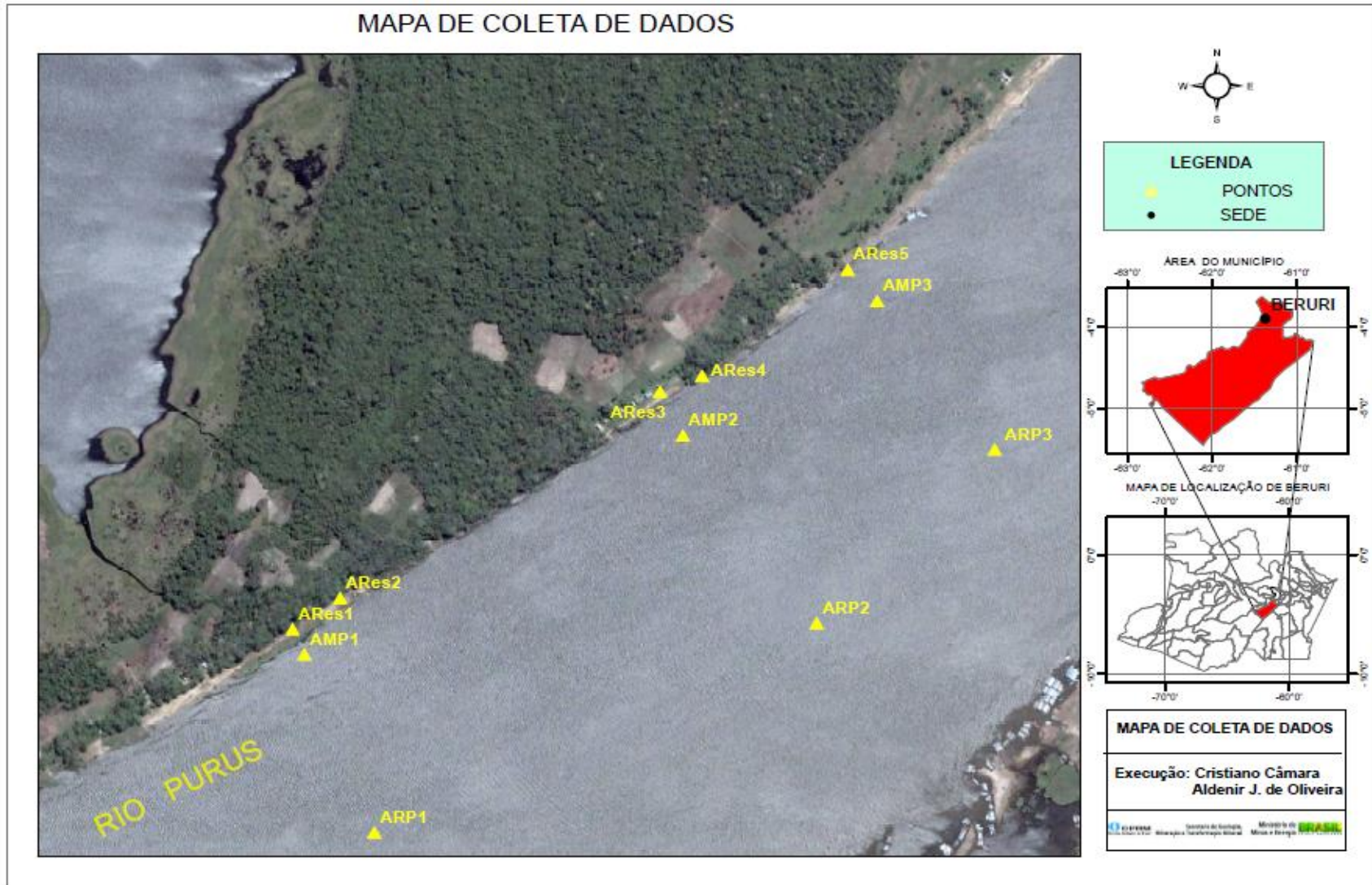


Figura 7. Distribuição dos pontos de coleta na comunidade Menino Deus/Anori-AM.

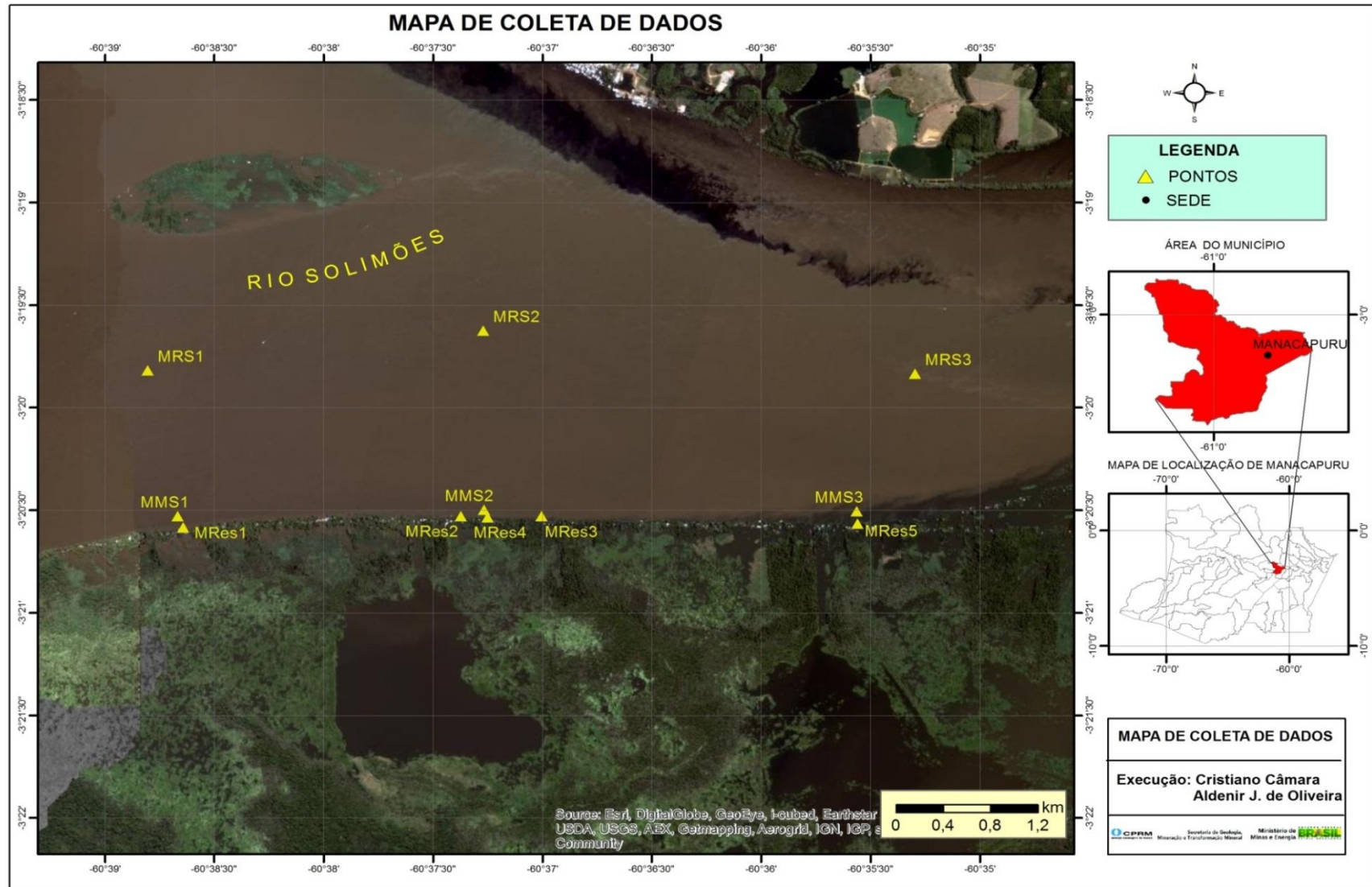


Figura 8. Distribuição dos pontos de coleta na comunidade Costa do Pesqueiro/Manacapuru-AM.



Figura 9. Distribuição dos pontos de coleta na comunidade Iracema/Itacoatiara-AM.

4.1.1 Coari/Comunidade São José do Mato Grosso (Rio Solimões)

Coari: situada à margem direita do Rio Solimões, a cidade conta com 75.909 habitantes no último censo do IBGE em 2010 e uma área de 57.921,9 km² localizada a 364 km de Manaus, capital estado do Amazonas (Brasil). Com as coordenadas geográficas do município Latitude: 04°05'6" (S) Longitude: 063°8'30" (W). A comunidade de São José do Mato Grosso (Figura 10), a jusante 15 km de Coari, está localizada à margem direita do Rio Solimões. Esta comunidade ribeirinha tem, aproximadamente, 20 famílias e sobrevivem da agricultura subsistência e a pesca que são comercializadas em Coari.



Figura 10. Comunidade São José do Mato Grosso/Coari. Foto: *Próprio autor*

4.1.2 Anori/Comunidade Menino Deus (Rio Purus)

Anori: situada à margem esquerda do Rio Solimões, conta com 18.826

habitantes (IBGE, 2010). Uma área de 5.795,31 km² localizada a 195 km de Manaus. A comunidade Menino Deus (Figura 11) encontra-se a 26,6 km de Anori em frente à sede de Beruri, à margem esquerda do Rio Purus. Esta comunidade ribeirinha tem, aproximadamente, 25 famílias e sobrevivem da agricultura familiar e pesca.



Figura 11. Comunidade Menino Deus/Anori. Foto: *Próprio autor*

4.1.3 Manacapuru/Comunidade Costa do Pesqueiro (Rio Solimões)

Manacapuru/Costa do Pesqueiro: localizada à margem direita do Rio Solimões, nomeada Nossa Senhora das Graças - Costa do Pesqueiro (Figura 12), em frente à cidade de Manacapuru – AM, região do baixo Rio Solimões. Manacapuru tem 85.141 habitantes e uma área de 7.330,074 km², localizada a 84 km de Manaus. Este rio está localizado a 1.500 km de distância da foz do Rio Amazonas. De acordo com Filizola et al. (2009), a seção de medição de vazão,

entre as margens esquerda e direita na estação meteorológica localizada a 6 km a jusante da cidade de Manacapuru, é de 3200 m. Como esta distância é significativa, podemos inferir que os pontos de amostragem localizados à margem direita do rio, na comunidade ribeirinha Costa do Pesqueiro, não são afetados pelas atividades antrópicas da cidade de Manacapuru, localizado à margem esquerda do rio Solimões. Esta comunidade ribeirinha tem 88 famílias com extensão aproximada de 10,3 km. Fraxe et al., (2007) apontou que esta comunidade tem uma das percentagens mais elevadas de variedade de culturas, tanto para fins comerciais quanto de subsistência, entre as comunidades de várzea.



Figura 12. Comunidade Costa do Pesqueiro/Manacapuru. Foto: *Próprio autor*

4.1.4 Itacoatiara/Comunidade Iracema (Rio Amazonas)

Itacoatiara: localizada à margem esquerda do Rio Amazonas, conta com 86.839 habitantes e uma área de 8.892,038 km², localizada a 176 km de Manaus. A

comunidade de Iracema (Figura 13) fica a 46 km da cidade de Itacoatiara, localizada à margem esquerda do Rio Amazonas. Esta comunidade ribeirinha tem 140 famílias, destas apenas as residências na localizadas na parte central da comunidade tem acesso à água subterrânea. Nas residências das margens esquerda e direita, aproximadamente 40 famílias utilizam água superficial para o seu consumo.



Figura 13. Comunidade Iracema/Itacoatiara. Foto: *Próprio autor*

4.2 Coleta das amostras de água nos rios e nas residências em comunidades ribeirinhas

As amostras de água para as análises físicos e químicos foram coletadas em intervalos trimestrais, acompanhando as diferentes fases hidrológicas, para comparação da variação sazonal influente no comportamento dos parâmetros a

serem determinados. A metodologia de coleta e preservação de amostras foi realizada de acordo com a literatura (APHA, 2012).

Para a coleta das amostras de água do rio (Figura 16 **a**), foi utilizada a garrafa coletora *Van Dorn* tomadas a uma profundidade a 50 cm da lâmina de água. Após sucessivas lavagens com água a ser amostrada, foram armazenadas em recipientes de polietileno com capacidade para 2000 mL. As amostras para as análises de cátions e ânions foram filtradas e armazenadas em frascos de polietileno e as do glifosato armazenadas em frasco de âmbar e levadas imediatamente ao refrigerador.

As comunidades foram visitadas para realização de entrevistas e observação do tipo de água utilizada, a frequência da captação, formas de tratamento e locais de armazenamento da água consumida para a ingestão. Para a coleta das amostras nas residências dos ribeirinhos e por envolver seres humanos foi solicitada previamente a autorização para adentrar na residência do ribeirinho para o registro fotográfico dentro e fora das residências, o registro da captação e armazenamento (Figura 14 **a**, **b** e **c**), tratamento e uso dado pelo ribeirinho (Figura 15 **a**, **b** e **c**) e coleta nas residências (Figura 16 **b** e **c**). A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa – CEP da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, com parecer sob o Nº 1.033.156/2015.



Figura 14. Registro da captação e do armazenamento (a, b, c). Foto: *Próprio autor*

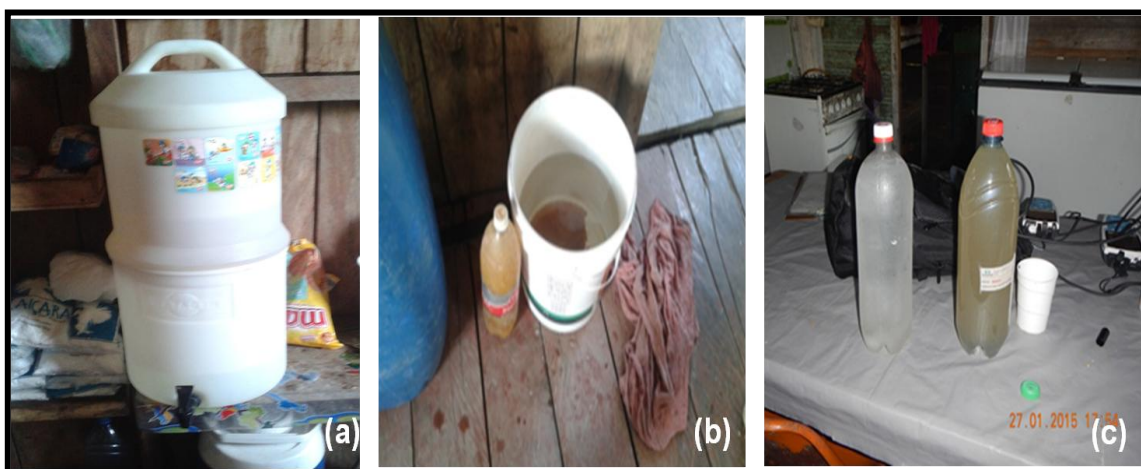


Figura 15. Algumas das formas do tratamento e o uso dado pelo ribeirinho da água do rio após a captação (a, b, c). Foto: *Próprio autor*

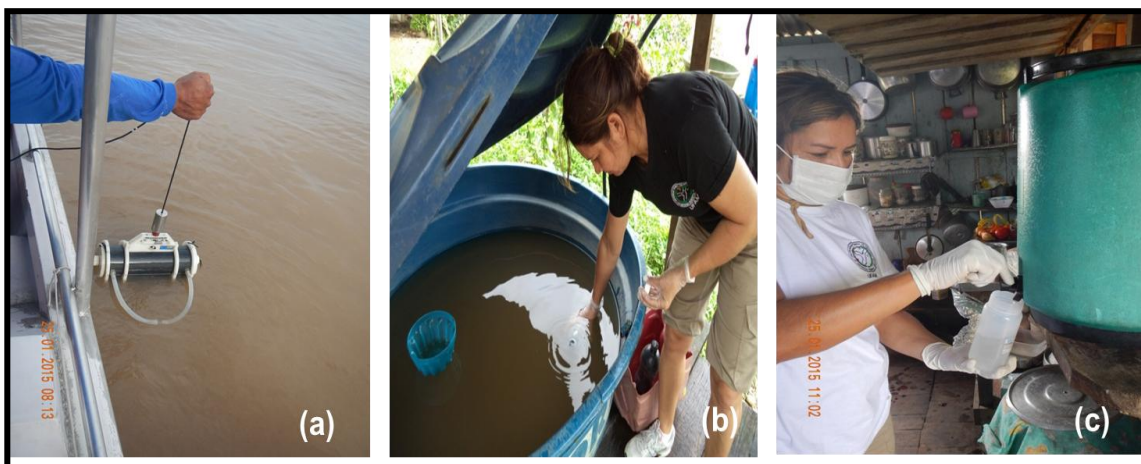


Figura 16. Coleta no rio e nas residências do ribeirinho. Foto: *Próprio autor*

4.3 Metodologia para determinação de análises físicos e químicos

A metodologia analítica de análises laboratoriais utilizada para a determinação das variáveis escolhidas seguiu o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW) – 22st, publicado pela APHA (2012).

Em cada amostra coletada foram analisadas as variáveis: pH, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), bicarbonato (HCO_3^-), cor, turbidez, sólidos totais em suspensão (STS), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), cloretos (Cl⁻), Sulfato (SO_4^{2-}), Fosfato (PO_4^{3-}), alumínio dissolvido (Al^{3+}), cálcio (Ca^{2+}), ferro total (Fe^{+3}), potássio (K^+), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), silício (Si^+) e glifosato.

4.3.1 Análises “in situ”

Foram realizadas também análises físico-químicas, tais como: determinação da condutividade elétrica utilizando o condutivímetro digital Orion 3 Star – Thermo Scientific com precisão de $\pm 0,01 \mu\text{mS/cm}$, o pH foi medido com pH-metro Orion 3 Star – Thermo Scientific, oxigênio dissolvido foi determinado por Oxímetro digital WTW 3205 com limite de detecção de 0,01 e a temperatura com termômetro acoplado aos equipamentos. Para comparação foi utilizada a sonda multiparamétrica MS5 - Hidrolab digital com sensores de condutividade, pH, oxigênio dissolvido e turbidez.

4.3.2 Análises no laboratório

4.3.2.1 Cor real

Determinada por espectrofotometria, em amostras filtradas no papel de filtro

de acetato de celulose, com porosidade de 0,45 μm com a remoção da turbidez, utilizado o Spectroquant marca Merck modelo Nova 60, a leitura efetuada em 455 nm e os valores expressos em Hazen – platina/cobalto.

4.3.2.2 Bicarbonato (HCO_3^-)

Determinado alcalinidade por bicarbonato por titulação potenciométrica em amostras não filtradas. As técnicas de análises encontram-se descritas em APHA (2012).

4.3.2.3 Sólidos Totais em Suspensão (STS)

A determinação dos sólidos totais em suspensão foi realizada por gravimetria a partir do peso seco do material retido em filtro, foram filtradas alíquotas de 250 mL através de filtros de acetato de celulose, com porosidade de 0,45 μm . Os filtros foram levados ao laboratório ao LAMIN-MA e colocados na estufa a 100°C durante uma hora e os valores expresso em mg L^{-1} .

4.3.2.4 Ânions

Para as concentrações de nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), cloretos (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}) e glifosato as amostras foram filtradas no local de coleta, separadas em dois frascos, um de polietileno para os ânions e outro no frasco de vidro âmbar para glifosato, com capacidade para 50 ml e mantidas em refrigeração. Para determinações dos ânions as amostras foram analisadas no Laboratório de Análises Minerais - Manaus na CPRM (LAMIN-MA) e a análises para glifosato foram enviadas ao Laboratório de Análises Minerais – Rio de Janeiro na CPRM (LAMIN-RJ). As análises foram determinadas por cromatografia líquida em um equipamento

da marca DIONEX, modelo ICS5000 com gerador de eluente KOH. A detecção foi feita por condutivimetria, IonPac AS19HC (4mm) e AG19A (4 mm).

As análises foram processadas automaticamente por computador com o auxílio do software Chromeleon 6.8 e os resultados obtidos através de uma curva de calibração com soluções-padrão aniônicas preparadas a partir de soluções multielementares com rastreabilidade, ao National Institute of Standards and Technology (NIST). A preparação das soluções-padrão para construção da curva de calibração foi realizada a partir de uma solução estoque de 1000 mg L^{-1} e realizada as diluições para as concentrações de 0,01; 0,02; 0,03; 0,05; 0,08 e $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ para a curva baixa e para curva alta as concentrações de 0,8; 1,00; 5,00; 10; 15 e 20 mg L^{-1} nas concentrações de 0,01 a $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ para a curva baixa e de 0,8 a 20 mg L^{-1} para a faixa alta. O controle de qualidade da quantificação dos resultados foi feito com o uso da amostra certificada da Dionex de acordo com método descrito em EPA - National Primary Drinking Water Standards METHOD 300.1 - Determination of Inorganic Anions In Drinking Water By Ion Chromatography U.S. Environmental Protection Agency, Revisão 1.0, Agosto 1.997. (APHA, 2005). Anexo 3 (Figura 32).

4.3.2.5 Cátions

Nas determinações dos cátions: alumínio dissolvido (Al^{3+}), cálcio (Ca^{2+}), ferro total (Fe^{+3}), potássio (K^+), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), sílica (Si^+), as amostras foram coletadas, filtradas e armazenadas em frascos de polietileno com capacidade para 50 ml sendo mantidas em conservação com ácido nítrico 1:1 e refrigeradas. As análises foram feitas por espectrometria óptica de emissão com plasma de argônio – ICP/OES PerkinElmer 8000 - Espectrômetro de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado.

A preparação das soluções-padrão para construção da curva de calibração foi realizada a partir de uma solução estoque de 1000 mg L⁻¹ e realizada as diluições para as concentrações de 0,01; 0,02; 0,03; 0,05; 0,08 e 1,0 mg L⁻¹, para tal foram utilizadas soluções padrões multielementares rastreáveis ao NIST (National Institute of Standards and Technology) e o controle de qualidade da quantificação dos resultados foi feito com a utilização da amostra certificada da Fluka de acordo com o Standard Methods, Método 3120 B, Inductively Coupled Plasma (ICP), Método, APHA, 2012 pag. 40-46. Anexo 3 (Figura 31).

4.3.3 Indicadores microbiológicos da qualidade da água

As análises microbiológicas da água foram realizadas segundo as técnicas recomendadas pela American Public Health Association (APHA, 2005). As amostras foram coletadas, em torno de 750 mL cada, acondicionadas em frascos de polietileno estéreis e enviadas para os laboratórios de microbiologia do INPA e LAMIN-MA, onde foram armazenadas em temperaturas entre 0-4° C por um período máximo de 14 horas. Para a análise microbiológica das amostras, empregou-se a técnica dos tubos múltiplos e membrana filtrante, onde a amostra foi filtrada através de uma membrana com porosidade de 0,45 µm e 47 mm de diâmetro, sendo transferida então para uma placa de Petri contendo o meio de cultura seletivo e diferencial (*M-Endo Ágar Less*, *Ágar EC*, *Pseudomonas*, *Enterococos*, *RM Diferencial*, *Heterotrofic Bac*), para visualização de colônias típicas (coloração vermelha escura e brilho verde metálico superficial), realizadas no LAMIN-MA. Após incubação, fez-se a leitura das colônias típicas coliformes termotolerantes. Após a obtenção dos resultados, eles foram confrontados com os parâmetros da Portaria

2914/11 do Ministério da Saúde, uma vez que a população ribeirinha utiliza a água do rio.

4.4 Análise dos dados e tratamentos estatísticos

Os resultados das amostras coletadas no rio foram comparados com os padrões de qualidade da água em vigor no Brasil, valores máximos permitidos (VMP) pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 357/2005 e as amostras coletadas de famílias com os valores máximos permitidos de contaminantes permitidos pela Portaria do Ministério de Saúde 2914/2011.

Os resultados foram submetidos à análise estatística, realizada pelo software *ACTION 2.9* para verificar possíveis variações significativas dos parâmetros entre os períodos amostrais foram realizados os testes de normalidade, não paramétrico (*Kruskal Wallis*) e análises de correlação (*Spearman*). Devido ao grande número de variáveis consideradas neste estudo, a Análise de Componentes Principais (PCA) foi aplicada para investigar a similaridade ou disparidade entre pontos de amostragem por partituras gráficas e parâmetro analisado por *loadings* gráficos e suas possíveis causas. A fim de trabalhar com diferentes grupos de dados magnitudes, foi necessário padronizar os dados para posterior aplicação de PCA. Esta análise foi realizada utilizando o software *STATISTICA Release 12* sob licença pertencente à CPRM.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área estudada neste trabalho encontra-se em sedimentos quaternários, que datam do Holoceno, que consistem de quartzo, K-feldspato, caulinita, plagioclásio, mica, fragmentos de rochas sedimentares, fragmentos de hematita e rochas carbonáticas. O rio Solimões infiltra rochas sedimentares da *Formação Solimões*. A formação destes sedimentos quaternários ocorreu ao longo do curso do rio por causa da deposição constante de material em suspensão, resultando na formação de zonas alagadas. No entanto, em regiões de montanha, a Formação Solimões substitui os sedimentos quaternários, bem como a contribuição notável de sedimentos dos Andes influencia a composição química dessas águas (Queiroz et al., 2009; Horbe et al., 2007). Assim, verifica-se que os fenômenos geoquímicos, tais como resistência física e química e processos de laterização sofridos ao longo do curso do Rio Solimões influencia significativamente a composição química das águas.

Em ambientes preservados, a hidroquímica é influenciada pelos ambientes onde a água se infiltra, ou pelo material que vem transportando ao longo da bacia. No trecho estudado, neste trabalho, a hidroquímica pode ser observada na Tabela 2, que mostram os resultados obtidos para 18 parâmetros, entre físicos e químicos nos períodos de águas altas na cheia - C (junho/2014), na vazante - V (setembro/2014), em águas baixas no início da enchente - IC (janeiro/2015) e no meio do período de enchente – E (março/2015), registrados em trechos próximos a sede de quatro municípios, sendo esses Coari, Anori, Manacapuru e Itacoatiara. Assim como nos rios, a Tabela 3 mostra que o estudo também foi realizado em residências de comunidades ribeirinhas localizadas nos trechos estudados, para a

avaliação da água dos rios sendo utilizadas para o consumo humano.

No estudo nos rios, os dados apresentados são as médias de seis pontos coletados em cada trecho dos rios (Anexo 1). Entre os seis pontos foi possível observar, através da realização do Teste T (Action 2.9) para os parâmetros determinados nos três pontos a margem e os três ao centro do rio, verificou-se que não houve diferença significativa ($\alpha = 0,05$) entre si. Para a realização do teste foi utilizado o valor média da triplicata das determinações, considerando, portanto, as nove medições das margens e nove medições do centro do rio. Para os dados das amostras de água das residências foi considerado o registro de cada domicílio, tendo em vista que o modo de vida e hábitos no processo de tratamento simplificado da água entre as residências eram diferentes.

As regiões de alagamento sofrem subsequentes inundações durante a época das cheias que são afetadas pela grande cota do rio (CPRM, 2014). Isto produz solos altamente férteis que poderiam reduzir a necessidade de aplicação de fertilizantes durante as atividades de agricultura familiar. Na região do Baixo Solimões a estação das cheias onde há maiores cotas do rio, ocorre durante os meses de maio, junho e julho, quando as águas inundam grande parte da terra. O recuo, vazante, pode ter o seu início em agosto, que se estende até outubro (Bittencourt e Amadio, 2007). Na estação seca onde há menores cotas do rio, em novembro, ocorre a prática da irrigação, resultando em infiltração e posterior escoamento de substâncias resultantes dos fertilizantes usados nessa época de plantação. Entre estes compostos estão: o sulfato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), ureia, superfosfato (P_2O_5), fosfato de mono-amônio (MAP), fosfato de diamônio (DAP), cloreto de potássio (KCl) e sulfato de potássio (K_2SO_4).

Filizola et al., (2009) observaram, a partir dos dados obtidos na estação hidrometrológica de Manacapuru, que a descarga do curso principal do Rio Solimões é $103.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ em uma área de $2 \times 10 \text{ km}^2$ e é igualmente distribuído ao longo do ano. De acordo com os autores, na estação da cheia existe um aumento significativo no fluxo principal de escape com a subsequente redução da concentração de material em suspensão, particularmente no meio do canal. Sendo que foi relatado que a descarga do Solimões apresentou um valor médio de $59,901 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na estação seca e $122.001 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no período de inundação. Muitos lagos, situados em planícies de inundação junto ao rio Solimões, são afetados por suas águas com conseqüente aumento do nível das cotas. Este aumento de fluxo resulta numa redução da concentração de alguns elementos causado pelo efeito de diluição. Este fenômeno poderia ser associado à diminuição de concentrações de oxigênio dissolvido, observados no período de inundação. Brito et al., 2014 encontraram resultados semelhantes para lagos de várzea da Amazônia Central, onde a redução de oxigênio dissolvido na época das cheias tem sido atribuída à diluição da biomassa de fitoplâncton e maior demanda de oxigênio dos afluentes menores.

Tabela 2. Parâmetros físicos e químicos das águas analisadas nos rios em diferentes fases hidrológicas.

	Parâmetro	Temp.	pH	C.E.	Cor	Turbidez	STS	OD	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Al ³⁺	Ca ²⁺	Fe _{Total}	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Si ⁺
	Unidade	°C	-	cm ⁻¹	mg Pt L ⁻¹	NTU			mg L ⁻¹										
	CONAMA 357/05	-	6 a 9	-	75	100	-	5	-	250	10	250	0,2	-	0,3	-	-	-	-
CHEIA	CRS.C	28,89	6,77	73,79	22,45	83,74	27,42	2,29	38,31	2,10	7,10	2,29	0,03	9,19	0,20	1,12	1,30	2,79	4,15
	ARP.C	28,40	6,11	32,05	24,48	65,54	9,50	1,34	16,49	0,64	0,83	0,89	0,11	2,99	0,21	0,94	0,75	1,30	3,98
	MRS.C	28,38	6,54	55,46	33,53	80,94	25,42	1,24	24,53	1,07	1,78	1,62	0,02	6,47	0,18	0,95	0,96	1,79	3,72
	IRA.C	28,85	6,31	39,74	39,80	8,23	27,83	2,13	19,37	1,04	2,62	1,20	0,10	5,05	0,29	0,78	0,78	1,88	3,29
VAZANTE	CRS.V	29,27	6,68	61,39	29,32	51,60	40,25	5,18	26,34	1,51	3,39	2,41	0,15	9,67	0,23	1,01	1,17	2,09	4,73
	ARP.V	29,80	6,29	40,99	18,87	6,33	3,00	1,71	20,45	0,73	1,46	0,70	0,02	3,70	0,32	1,29	1,03	1,23	5,89
	MRS.V	29,65	6,58	55,87	21,37	10,87	46,83	4,08	24,78	1,16	4,41	1,68	0,05	5,93	0,19	0,95	0,76	1,47	4,66
	IRA.V	29,92	6,19	34,61	49,52	22,18	29,42	4,38	13,91	0,93	4,63	1,19	0,11	4,89	0,30	0,90	0,54	1,55	3,46
INICIO ENCHENTE	CRS.IE	27,53	6,84	82,54	24,36	223,21	177,60	5,52	38,40	1,50	1,77	2,73	0,07	13,86	0,22	1,09	1,57	2,30	4,15
	ARP.IE	28,25	6,25	36,06	36,90	384,82	342,47	4,56	14,57	0,27	0,19	0,66	0,04	3,36	0,15	0,72	0,52	1,14	3,06
	MRS.IE	27,72	6,66	71,56	24,47	81,32	290,67	5,35	32,90	1,16	0,45	1,88	0,05	5,53	0,23	0,81	1,00	1,80	3,18
	IRA.IE	28,02	6,82	68,99	90,49	106,29	182,53	5,79	31,66	1,53	1,79	1,82	0,06	4,89	0,15	0,62	0,73	1,17	2,49
ENCHENTE	CRS.E	27,92	6,79	86,08	54,41	53,30	58,93	2,85	41,34	1,54	1,13	1,83	0,07	13,86	0,22	1,09	1,57	2,30	4,15
	ARP.E	27,67	6,04	25,31	42,79	31,09	32,27	1,57	10,53	0,24	0,33	0,60	0,07	2,22	0,42	0,80	0,54	0,75	3,74
	MRS.E	28,10	6,52	57,87	25,58	66,20	65,27	2,22	25,45	1,05	4,38	1,30	0,05	5,53	0,23	0,81	1,00	1,80	3,18
	IRA.E	28,60	6,60	65,67	28,64	45,58	55,93	3,11	29,83	1,37	1,68	1,73	0,06	4,89	0,15	0,62	0,73	1,17	2,49

*N.D – Não detectado, ** Valor abaixo do limite de quantificação da metodologia utilizada. C = Cheia, V = Vazante, IE = Início da Enchente, E = Enchente.

Tabela 3. Parâmetros físicos e químicos das águas analisadas nas comunidades.

Parâmetro	Temp.	pH	C.E.	Cor	Turbidez	STS	OD	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Al ³⁺	Ca ²⁺	Fe _{Total}	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Si ⁺	
Unidade	°C	-	µS cm ⁻¹	mg Pt L ⁻¹	NTU	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	
2914 MS	-	6 a 9	-	15	5	-	-	-	250	10	250	0,2	-	0,3	-	-	200	-	
COARI - RIO SOLIMÕES																			
CRes.C	28,80	6,69	91,93	38,67	36,03	22,00	5,97	39,14	0,71	3,71	0,67	0,04	0,30	0,01	1,53	0,29	1,38	9,13	
CRes.C	29,00	6,85	84,77	42,67	35,03	24,00	5,93	37,54	0,74	5,57	0,69	0,05	0,28	0,01	1,63	0,29	1,31	9,56	
CRes.C	28,90	6,82	82,27	36,97	99,77	19,00	5,19	37,35	0,73	5,64	0,75	0,03	0,45	0,01	1,56	0,32	1,39	9,32	
CRes.C	27,80	6,46	73,58	24,40	75,96	19,50	2,49	38,02	2,13	1,58	2,24	0,04	9,34	0,25	1,24	1,40	2,97	4,49	
CRes.C	28,10	6,89	107,60	5,80	62,98	21,00	5,07	57,83	11,15	9,25	2,54	0,04	8,58	0,01	1,38	1,32	10,68	4,45	
CRes.V	29,0	6,83	79,53	27,20	9,76	21,50	3,95	26,80	6,89	0,65	2,29	0,02	8,24	0,24	1,23	1,13	5,66	4,73	
CRes.V	31,9	6,87	70,20	16,00	34,82	44,00	4,79	24,98	48,41	1,09	5,03	0,09	8,23	0,14	ND*	1,17	11,80	4,30	
CRes.V	29,3	6,98	60,17	32,60	16,14	14,00	5,38	24,76	1,51	0,93	2,25	0,02	8,26	0,27	1,08	1,12	2,09	4,76	
CRes.V	29,0	6,74	59,47	43,20	16,72	59,00	4,08	25,12	1,09	0,63	1,56	0,02	8,06	0,27	0,94	1,00	1,91	4,60	
CRes.V	31,0	7,06	58,24	35,40	17,20	13,50	5,44	24,35	0,70	0,41	0,80	0,03	8,81	0,32	1,00	1,13	1,91	4,82	
CRes.IE	26,4	6,78	74,14	14,30	59,04	34,00	5,89	23,63	1,44	6,29	1,60	0,03	6,96	0,17	0,96	0,86	1,68	2,11	
CRes.IE	27,2	6,84	80,62	23,07	143,76	141,00	5,61	37,83	1,81	5,28	3,04	0,01	5,58	0,18	0,56	0,83	1,32	2,53	
CRes.IE	27,2	7,21	92,18	20,97	88,04	65,20	7,25	39,95	2,44	1,72	3,41	0,02	10,09	0,08	0,99	1,36	2,91	4,13	
CRes.IE	27,4	7,51	106,20	0,73	21,18	36,00	6,02	39,85	1,58	1,84	2,15	0,03	10,71	0,09	0,29	0,85	0,26	2,78	
CRes.IE	27,2	7,05	130,00	31,53	146,48	162,40	8,85	47,50	1,56	1,94	0,80	0,02	7,27	0,05	0,96	1,04	4,43	3,14	
CRes.E	30,80	7,55	113,08	31,43	20,14	30,80	5,84	38,72	9,32	5,61	2,67	0,07	8,93	0,20	1,12	1,30	7,80	4,17	
CRes.E	29,80	6,91	87,74	54,87	27,10	23,20	3,94	40,53	1,15	2,59	1,11	0,03	9,99	0,19	1,31	1,48	2,54	4,63	
CRes.E	32,80	7,29	118,62	52,27	30,44	28,00	4,26	42,15	9,54	2,58	2,22	0,07	9,84	0,16	1,16	1,44	8,97	4,63	
CRes.E	32,10	6,95	87,64	54,93	32,66	37,60	4,04	40,12	2,15	2,53	2,23	0,05	10,22	0,20	1,49	1,48	2,63	4,48	
CRes.E	31,80	6,99	84,46	59,73	22,12	25,20	3,58	39,69	0,89	3,52	0,94	0,04	9,76	0,14	1,02	1,42	2,28	4,41	
ANORI - RIO PURUS																			
ARes.C	28,40	6,17	49,30	23,60	61,17	9,00	2,62	20,13	2,14	0,38	1,28	0,02	4,43	0,21	1,34	0,85	2,92	4,12	
ARes.C	26,90	6,04	5,04	4,40	50,10	5,00	5,36	1,51	0,42	0,46	0,08	0,01	0,27	ND*	0,24	0,09	0,22	0,05	
ARes.C	26,70	6,22	41,27	20,00	60,30	5,00	3,49	18,47	0,98	3,10	1,09	0,04	4,15	0,38	1,35	0,96	1,95	4,47	
ARes.C	27,50	6,13	33,03	2,80	52,10	9,00	5,23	1,73	4,05	3,67	0,38	0,03	0,18	ND*	2,77	0,43	2,56	8,76	
ARes.C	28,20	6,41	70,23	16,80	63,13	12,00	2,31	2,52	5,64	1,67	1,13	0,02	3,93	0,12	1,13	0,84	6,00	4,23	
ARes.V	29,70	6,33	43,48	27,10	7,30	10,00	1,45	21,59	0,98	0,33	0,87	0,02	5,96	0,28	1,36	1,09	1,18	5,97	
ARes.V	29,30	7,07	62,02	18,40	6,12	9,50	6,00	23,85	3,67	0,48	0,90	0,02	< 0,01**	0,42	2,20	1,09	4,21	6,05	
ARes.V	29,50	6,70	51,90	18,40	4,43	5,00	4,17	22,74	0,69	0,47	0,21	0,02	6,45	0,31	1,65	1,12	2,68	6,01	
ARes.V	26,60	6,43	46,66	1,60	2,48	1,00	5,03	22,38	0,92	3,19	1,00	0,10	4,88	0,07	4,19	2,16	3,21	15,83	
ARes.V	27,00	6,94	83,40	8,40	8,03	3,00	5,30	22,48	10,32	0,75	1,00	0,05	< 0,01**	0,37	1,53	1,11	9,59	5,79	
ARes.IE	25,10	6,39	7,54	10,00	8,93	32,00	6,49	0,75	0,55	0,02	0,32	ND*	0,13	0,01	0,04	0,02	0,43	0,03	
ARes.IE	24,50	6,55	14,94	15,00	0,50	40,00	6,75	ND*	0,22	0,67	0,54	ND*	0,11	0,01	0,06	0,02	0,33	0,03	
ARes.IE	28,10	6,38	34,17	27,43	40,30	65,20	6,17	12,88	0,45	1,20	0,88	0,03	2,81	0,10	0,67	0,49	0,97	3,63	
ARes.IE	25,60	6,58	33,20	28,63	84,00	257,20	5,87	8,80	0,18	1,45	0,46	0,02	2,60	0,11	0,88	0,62	1,42	3,87	
ARes.IE	25,10	6,29	28,73	1,00	0,73	55,00	6,18	5,10	0,24	0,34	0,13	0,01	0,90	0,01	0,14	0,14	0,19	0,52	
ARes.E	26,60	6,18	18,09	31,00	28,28	40,00	4,68	10,66	0,23	0,75	0,66	0,04	2,26	0,27	0,89	0,62	0,78	4,41	
ARes.E	27,20	6,58	19,33	17,30	30,12	9,60	5,40	5,65	0,45	0,46	0,57	0,05	1,21	0,20	0,75	0,36	0,74	2,87	
ARes.E	27,60	6,39	24,78	87,57	26,32	80,80	4,52	9,93	0,31	1,00	0,63	0,03	1,49	0,23	0,64	0,38	0,53	2,70	
ARes.E	27,40	6,80	22,31	28,23	13,38	20,40	5,36	8,93	0,26	0,34	0,56	0,05	1,82	0,25	0,69	0,42	0,57	3,07	
ARes.E	26,10	6,44	13,42	2,23	14,10	10,00	8,18	4,92	0,14	0,29	0,40	0,02	1,20	0,01	0,84	0,15	0,08	0,11	

*N.D – Não detectado, ** Valor abaixo do limite de quantificação da metodologia utilizada. C = Cheia, V = Vazante, IE = Início da Enchente, E = Enchente.

(Continuação) Tabela 3. Parâmetros físicos e químicos das águas analisadas nas comunidades.

Parâmetro	Temp.	pH	C.E.	Cor	Turbidez	STS	OD	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Al ³⁺	Ca ²⁺	Fe _{Total}	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Si ⁺	
Unidade	°C	-	µS cm ⁻¹	mg Pt L ⁻¹	NTU	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	
2914 MS	-	6 a 9	-	15	5	-	-	-	250	10	250	0,2	-	0,3	-	-	200	-	
MANACAPURU - RIO SOLIMÕES																			
MRes.C	28,00	6,82	52,20	26,50	63,74	9,50	4,44	26,44	0,98	0,83	1,53	0,02	5,76	0,13	0,86	0,89	1,56	3,66	
MRes.C	27,20	5,27	77,72	5,40	48,96	10,00	4,45	ND*	0,98	0,49	28,02	0,43	6,50	0,02	0,93	0,99	1,72	3,89	
MRes.C	26,30	6,58	50,00	24,20	67,88	11,00	4,92	26,98	1,01	0,37	1,50	0,04	6,32	0,32	1,01	1,00	1,73	4,06	
MRes.C	27,50	6,50	50,86	25,40	66,52	10,00	3,31	25,49	0,92	2,86	1,43	0,03	5,58	0,21	0,92	0,87	1,67	3,59	
MRes.C	28,70	7,22	54,28	22,80	62,70	11,00	3,51	26,63	1,00	ND*	0,47	0,10	6,65	0,29	1,08	1,13	2,02	4,57	
MRes.V	28,20	6,69	70,00	3,30	2,13	0,50	6,99	2,20	1,17	0,58	21,11	0,02	8,68	< 0,01**	1,06	1,18	1,79	4,64	
MRes.V	28,90	5,81	78,75	2,60	2,93	11,00	4,66	ND*	1,17	0,51	ND*	1,61	8,69	0,03	1,11	1,21	1,68	5,20	
MRes.V	30,90	6,61	60,48	14,60	4,17	1,50	2,55	27,38	1,37	15,95	1,78	0,11	8,33	0,49	8,33	1,95	2,27	5,03	
MRes.V	29,10	6,70	63,70	66,10	149,46	436,00	6,30	24,91	1,21	0,60	1,72	0,02	7,49	0,15	1,06	1,14	1,88	4,10	
MRes.V	30,50	6,91	54,78	21,40	3,81	33,50	5,63	24,62	1,13	1,51	1,69	0,08	10,00	0,45	1,16	1,21	1,96	5,44	
MRes.IE	26,20	6,71	62,70	1,93	0,61	12,00	7,31	22,96	0,84	0,31	1,32	0,04	5,46	0,11	0,11	0,22	0,23	0,95	
MRes.IE	25,30	4,24	197,20	2,93	0,39	10,00	5,52	ND*	0,45	0,31	0,76	0,78	10,37	0,15	1,07	1,56	2,64	4,12	
MRes.IE	27,40	4,94	114,20	4,67	12,47	93,20	5,52	ND*	0,98	0,08	1,18	0,10	8,02	0,06	8,02	1,03	1,48	2,67	
MRes.IE	25,50	4,27	117,72	1,97	1,39	15,00	6,94	ND*	0,15	0,22	0,13	0,46	9,39	0,07	1,01	1,49	5,22	4,20	
MRes.IE	26,00	5,66	112,56	3,47	1,51	20,00	6,82	ND*	0,11	0,62	0,10	0,20	9,93	0,07	1,02	1,57	3,10	3,83	
MRes.E	29,70	7,05	58,00	31,50	33,22	26,80	4,36	24,50	1,21	6,21	1,16	0,04	3,60	0,13	0,56	0,60	0,87	2,20	
MRes.E	27,70	4,38	128,96	24,80	2,18	101,20	5,00	29,14	1,22	0,16	1,65	0,03	4,34	0,09	0,61	0,73	1,44	2,13	
MRes.E	26,60	6,49	56,98	21,97	30,30	22,80	3,66	20,87	3,91	9,21	4,54	0,04	6,08	0,14	1,12	1,04	1,82	4,28	
MRes.E	31,10	7,66	60,52	25,30	29,38	28,80	6,44	21,98	2,80	1,50	0,92	0,02	3,18	0,12	0,71	0,55	2,29	2,60	
MRes.E	28,20	6,77	79,00	10,33	35,80	4,80	1,80	35,46	15,98	1,26	2,17	0,01	28,47	0,02	2,58	15,17	30,97	18,00	
ITACOATIARA - RIO AMAZONAS																			
IRes.C	28,70	4,41	117,14	9,80	1,54	1,50	4,80	ND*	0,80	0,34	49,34	4,12	4,12	0,09	1,03	0,64	1,45	2,73	
IRes.C	30,30	6,27	32,08	45,60	5,82	6,00	3,17	13,31	1,02	3,01	0,97	0,11	3,60	0,29	0,64	0,54	1,11	2,53	
IRes.C	29,00	5,40	10,52	6,00	1,25	10,00	4,91	3,59	0,28	0,27	0,74	0,02	0,09	0,01	1,07	0,25	0,43	6,31	
IRes.C	29,50	4,70	65,54	7,10	0,71	12,00	5,20	ND*	1,07	2,86	24,06	1,29	4,25	0,06	0,64	0,65	1,22	2,72	
IRes.C	29,80	6,19	33,70	40,70	6,83	15,50	1,97	13,31	0,84	4,59	0,94	0,06	3,65	0,20	0,60	0,53	1,22	2,44	
IRes.V	25,30	5,59	31,02	57,50	7,92	8,00	4,24	1,54	1,17	7,37	1,08	2,56	2,56	0,24	1,64	0,26	1,03	4,17	
IRes.V	29,40	6,36	33,39	57,80	13,80	8,50	4,75	9,02	0,93	0,55	0,97	0,09	3,61	0,31	0,69	0,36	1,50	3,66	
IRes.V	30,10	6,05	26,39	58,00	8,73	27,00	4,18	10,20	0,98	0,48	0,92	0,14	5,96	0,33	0,75	0,40	1,45	3,47	
IRes.V	32,00	6,46	27,09	38,50	6,54	21,50	5,88	2,17	0,93	0,52	0,93	0,07	3,81	0,21	0,58	0,37	1,21	3,36	
IRes.V	29,40	6,23	29,36	60,00	15,84	20,50	3,29	10,89	0,77	0,11	0,93	0,06	3,98	0,24	0,63	0,41	1,28	3,45	
IRes.IE	29,80	6,89	80,36	75,13	80,77	90,40	5,31	30,74	1,48	1,57	2,46	0,08	7,77	0,15	0,87	1,14	1,96	3,75	
IRes.IE	30,70	6,94	92,92	141,80	114,33	84,00	5,41	30,01	1,49	16,42	2,60	0,12	7,97	0,15	0,94	1,19	2,00	3,96	
IRes.IE	27,80	6,71	69,00	60,77	69,80	98,00	7,67	30,63	1,46	3,99	2,58	0,11	7,88	0,14	0,91	1,15	2,01	3,84	
IRes.IE	29,10	7,28	79,90	1,71	0,83	76,00	5,23	0,92	0,68	1,25	22,22	0,13	7,20	0,01	0,31	0,53	0,74	0,80	
IRes.IE	32,20	7,50	70,10	29,87	26,57	47,20	6,45	29,73	1,53	2,44	2,60	0,15	7,83	0,16	0,93	1,16	2,16	3,97	
IRes.E	27,40	6,69	62,86	29,67	68,20	25,60	4,12	29,52	1,32	1,53	1,66	5,63	5,63	0,17	0,69	0,87	1,42	3,12	
IRes.E	28,50	6,93	62,36	30,30	26,38	23,60	4,14	28,13	2,22	11,98	1,40	0,02	3,87	0,09	0,47	0,57	0,85	2,08	
IRes.E	28,50	4,40	50,40	3,40	16,40	19,20	4,10	ND*	1,36	0,90	36,63	1,95	6,96	0,06	0,80	1,09	1,66	3,16	
IRes.E	31,20	6,97	60,66	4,23	32,60	3,20	4,82	4,07	1,28	2,64	22,95	0,03	5,44	0,06	0,56	0,80	1,22	2,62	
IRes.E	30,10	6,68	61,88	31,10	17,72	14,40	4,72	28,67	1,24	0,91	2,11	0,06	5,36	0,16	0,64	0,79	1,27	2,84	

*N.D – Não detectado, ** Valor abaixo do limite de quantificação da metodologia utilizada. C = Cheia, V = Vazante, IE = Início da Enchente, E = Enchente.

Discutindo o comportamento dos parâmetros físicos e químicos registrados nas amostras de água, observa-se que a temperatura da água dos rios nos pontos estudados mostrou pouca variação sazonal e as maiores temperaturas ocorreram na vazante com médias de 29,66°C quando a vazão de água é menor (Figura 17), resultado também encontrado por Santos e Ribeiro (1988). As médias variaram entre 27,53 a 28,25 °C no período do início da cheia com os menores valores de 27,53 °C em Coari no Solimões. Enquanto as amostras nas residências, a temperatura variou entre 24,50 a 32,80 °C, correspondendo aproximadamente a temperatura do ambiente domiciliar das residências onde fica o armazenamento da água em recipientes fechado.

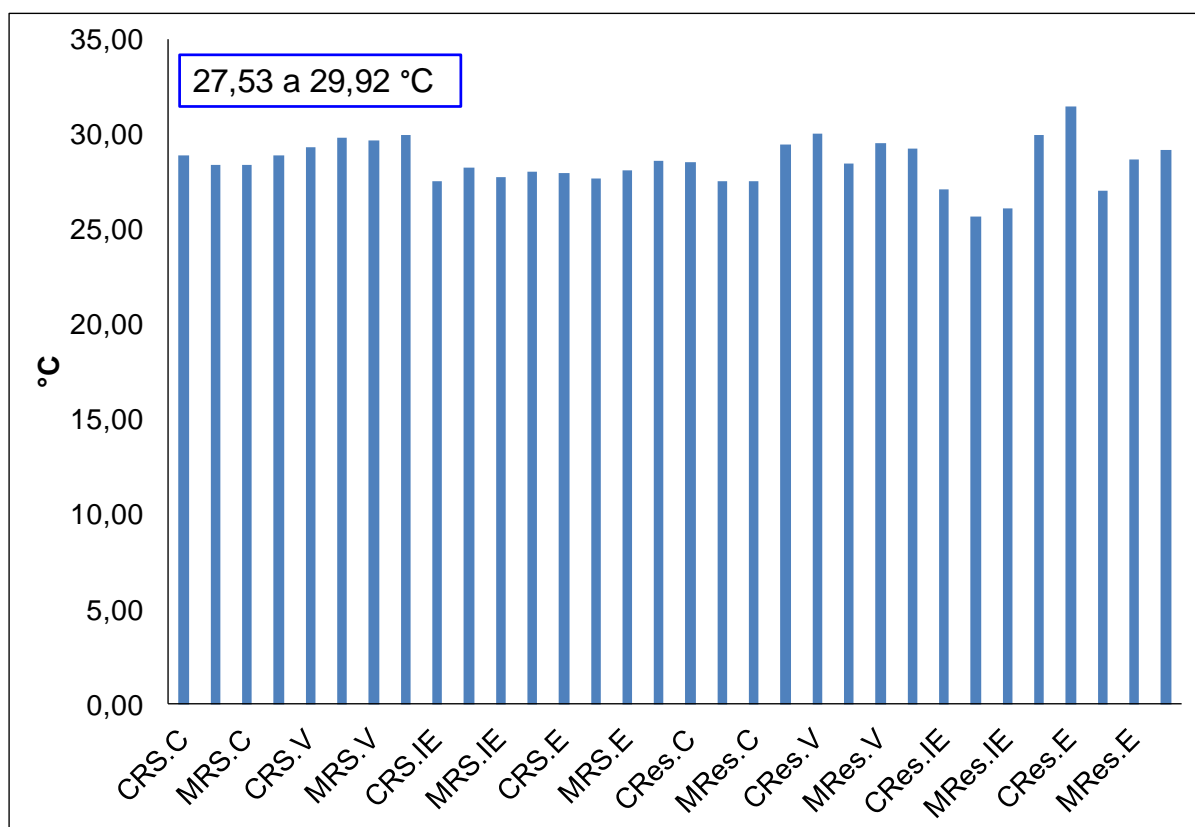


Figura 17. Valores de temperatura dos rios.

O pH do rio Solimões apresentou valores de 6,77 (Coari) e 6,54 (Manacapuru) na cheia enquanto no período do início da enchente os valores foram

de 6,84 (Coari) e 6,66 (Manacapuru). No Rio Purus (Anori), no período da cheia foi medido 6,11 e no período do início da enchente 6,25. O Rio Amazonas apresentou valores de pH de 6,31 na cheia e de 6,82 na época do início da enchente. O pH no período de cheia (águas altas) e no período do início da enchente (águas baixas para este estudo), respectivamente, no Rio Solimões (Coari e Manacapuru) apresentou valores de 6,54 a 6,77, no Rio Purus (Anori) de 6,11 a 6,5 e no rio Amazonas apresentou valores de pH de 6,31 a 6,82.

De modo geral, o pH manteve-se próximo à neutralidade (Figura 18), principalmente no período de coleta em que os níveis das águas foram mais baixos, em janeiro. Os valores encontrados para esse parâmetro apresentam boa concordância com outros estudos realizados no Rio Solimões, Purus e Amazonas. Santos (1985) observou no Purus próximo a Beruri valor médio de pH de 6,90 e Ríos-Villamizar (2011) observou no baixo Purus pH de 7,10 no período da seca. Ríos-Villamizar (2011) encontrou no Purus pH de 6,55 no período da enchente e de 5,99 no período da cheia. Queiroz *et al.* 2009, Furch 1984 e Sioli 1968 observaram no Rio Solimões valores médios de 6,70 e 6,90 nos períodos da enchente e da seca, Gaillardet *et al.*, 1997 observou no período da cheia pH de 7,10.

A formação geológica da bacia hidrográfica e os sedimentos em suspensão provenientes dos Andes, presentes em maior quantidade nesses rios de água branca, contribuem para manter o pH próximo a neutralidade, pois a dissolução dos silicatos por hidrólise consome íons H^+ e eleva o pH das águas (Queiroz *et al.*, 2009).

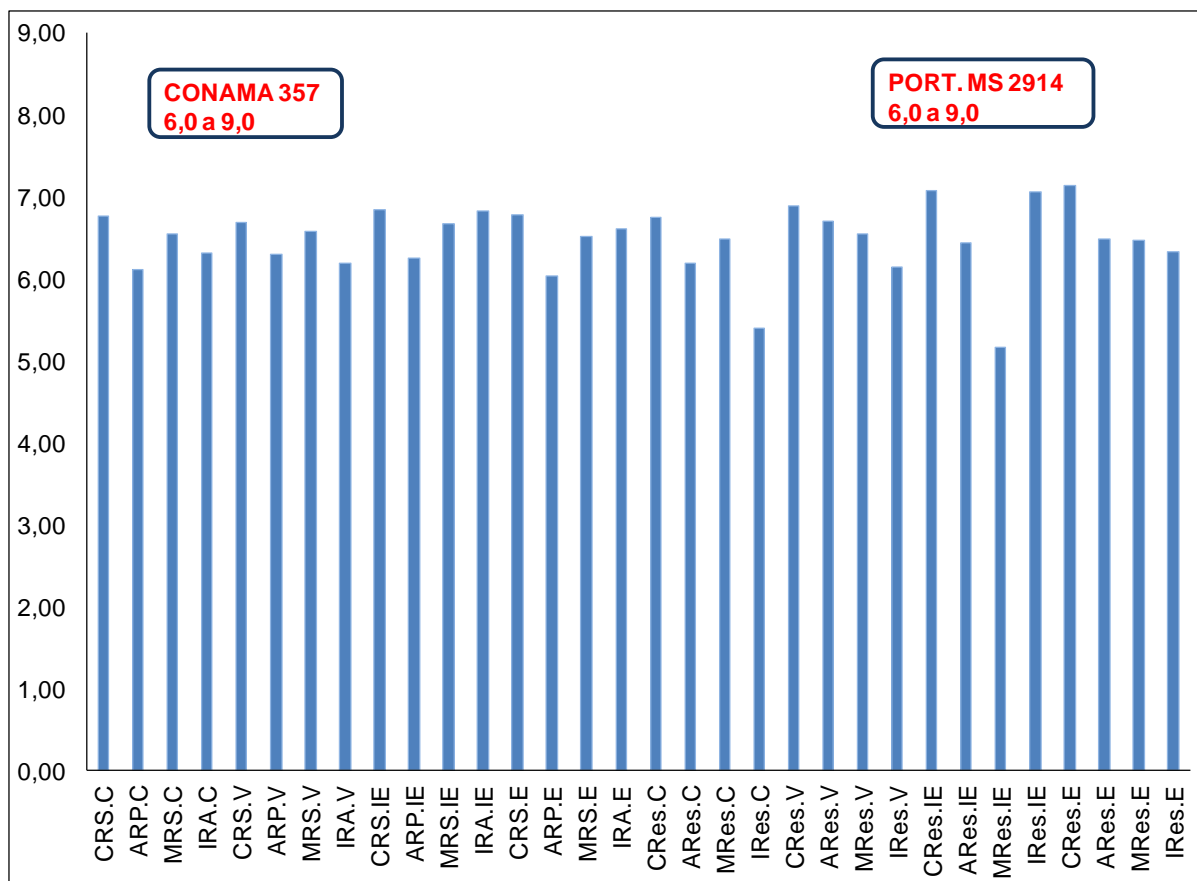


Figura 18. Valores de pH dos rios e residências com os respectivos valores máximos permitidos estabelecidos pelo CONAMA 357 e Portaria 2914.

A condutividade elétrica mais elevada dos pontos avaliados foi encontrada no Rio Solimões com $86,08 \mu\text{S cm}^{-1}$ no período enchente, e entre todos os resultados para esse parâmetro os maiores valores foram registrados no período de início da enchente, no mês de janeiro, quando ocorre mais chuvas na região estudada (Figura 19), proporcionando a entrada de íons no ambiente aquático por processos de solubilidade de sais presentes nos solos. Sabe-se sabendo que as águas do rio Solimões são ricas em eletrólitos, característica proveniente da sua formação na região andina e pré-andina proporcionando a alta condutividade elétrica devido, principalmente, à presença de íons dissolvidos como Ca^{+2} , Mg^{+2} e SO_4^{2-} . Krusche et al., 2005, observaram que os rios de água branca terrenos dominados por carbonatos e tem concentrações elevadas de Ca^{+2} , Mg^{+2} e SO_4^{2-} , enquanto que são

conhecidos valores no rio Negro, que possui baixa presença de eletrólitos, registrados por Horbe (2005) com valores de $< 0,02 \text{ mg L}^{-1}$ de Ca^{+2} , $0,06 \text{ mg L}^{-1}$ de Mg^{+2} e $< 0,005 \text{ mg L}^{-1}$ de SO_4^{2-} e $0,65 \text{ mg L}^{-1}$ de Na^+ . Entre os resultados de condutividade e as concentrações dos íons determinados observou-se a tendência de diminuição de níveis ao longo dos trechos estudados, de Coari no rio Solimões, apresentando os maiores valores, a Itacoatiara no rio Amazonas. Em ordem de maior predominância entre os íons determinados, entre todos os resultados, obteve-se $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{+2} > \text{Si}^+ > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Na}^- > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Fe}_{\text{total}} > \text{Al}^{3+}$.

O rio com o segundo maior valor de CE foi o rio Amazonas com $68,99 \mu\text{S cm}^{-1}$, seguido do Purus com o menor valor de condutividade medido; $40,99 \mu\text{S cm}^{-1}$; no período de vazante valor obtido de $41,47 \mu\text{S cm}^{-1}$ por Ríos-Villamizar (2011). As águas menos condutivas são as do Purus no período de enchente ($25,31 \mu\text{S cm}^{-1}$). Os valores registrados para as amostras coletadas nas residências apresentaram resultados superiores de condutividade elétrica aos encontrados nos rios, isso se deve ao fato do tratamento dado pelos moradores das comunidades o que contribui para o aumento da condutividade realizado pelos moradores das comunidades (Figura 19).

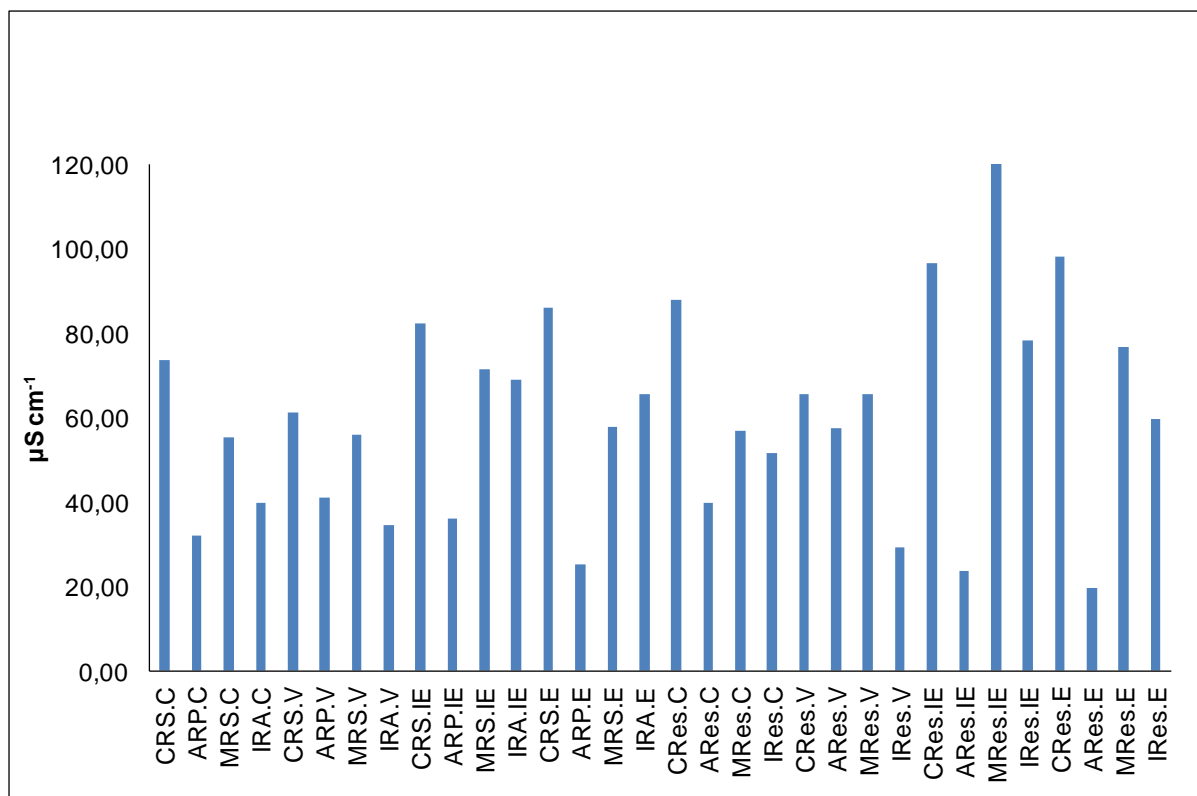


Figura 19. Valores da Condutividade elétrica Turbidez dos rios e residências.

Valores obtidos para o íon bicarbonato (HCO_3^-) demonstram ser o ânion em abundancia nas águas de todos os rios neste estudo, com menor valor encontrado no Purus de $10,34 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 20). A média dos valores encontrados nos períodos sazonais no Rio Purus é de $15,51 \text{ mg L}^{-1} \pm 4,12$. Enquanto no Rio Solimões em Coari e Manacapuru foi de $31,51 \text{ mg L}^{-1} \pm 7,06$ e no Rio Amazonas valores de $2,69 \text{ mg L}^{-1} \pm 8,47$, valores aproximados aos encontrados por Queiroz (2009) no rio Purus com $13,50 \text{ mg L}^{-1}$ e Solimões com $25,00 \text{ mg L}^{-1}$, portanto segundo essa autora essas águas são consideradas cálcio-bicabornatadas.

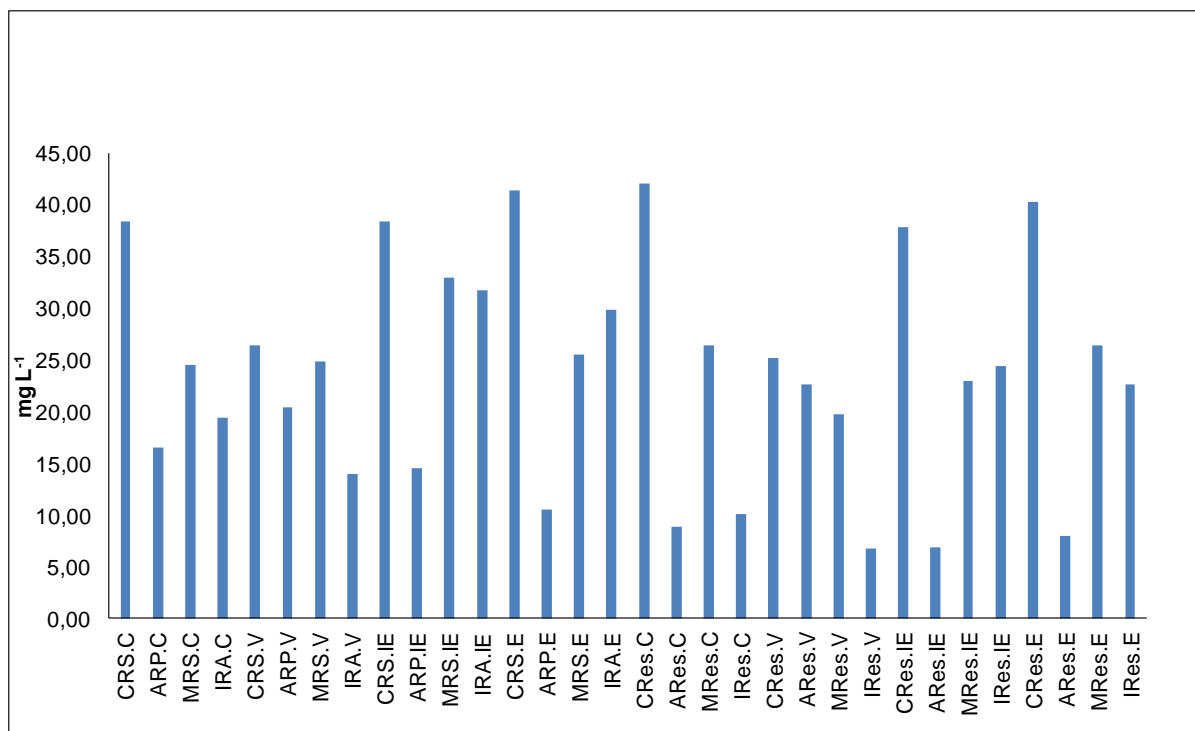


Figura 20. Comportamento do íon bicarbonato (HCO_3^-) dos rios e residências entre as fases hidrológicas.

A avaliação das concentrações de Fe_{total} e Al^{3+} é importante pela relação com baixos níveis em apresentação ao valor máximo de referência de $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ para Fe_{total} e $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ para o Al^{3+} , tanto no CONAMA 357/05 como para o Ministério da Saúde - Portaria 2914/11. Entre os resultados obtidos o Fe_{total} apresentou valores acima ou próximo do valor recomendado em diferentes períodos no trecho de Anori no rio Purus e em Itacoatiara no rio Amazonas. O Al^{3+} detectado nas amostras de rios não apresentou valores acima do recomendado no CONAMA, porém em amostras das residências das comunidades Costa do Pesqueiro em Manacapuru e Iracema em Itacoatiara o Al^{3+} foi encontrado em elevadas concentrações de $0,43$ a $5,63 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 21). A presença do alumínio nas amostras de água usada para o consumo humano, provavelmente, deve-se ao sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), pois este pode estar sendo utilizado em excesso pelos ribeirinhos na etapa de decantação e clarificação da água, ou sem a espera do devido tempo para atingir

total decantação dos sólidos floculados. Os valores foram do padrão de qualidade nas amostras de nove residências registradas durante o estudo.

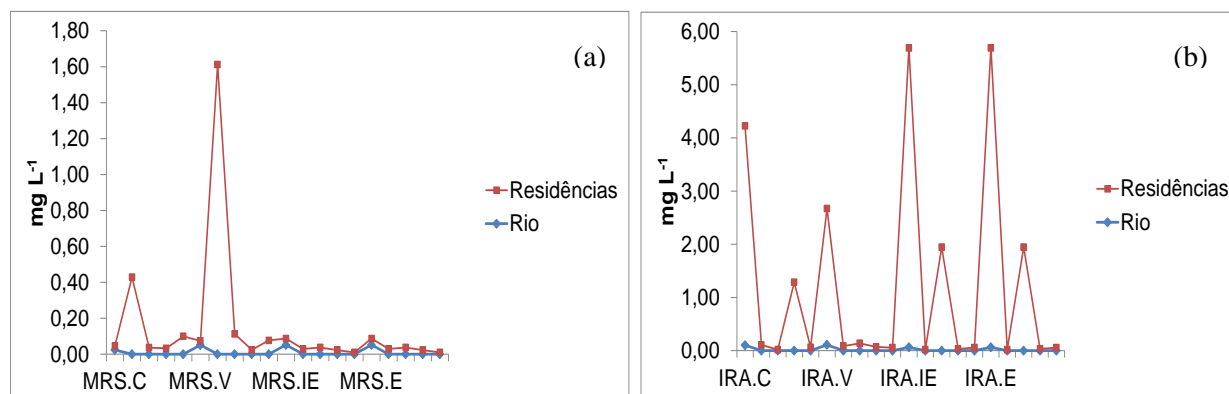


Figura 21. Comportamento do alumínio ao longo das fases hidrológicas: (a) Manacapuru e (b) Itacoatiara.

A cor apresentou um valor médio de $30,07 \pm 8,08 \text{ mg Pt L}^{-1}$ no período de cheia; no período da vazante de $29,77 \pm 13,90 \text{ mg Pt L}^{-1}$, no início da enchente de $28,58 \pm 7,21 \text{ mg Pt L}^{-1}$, onde nesta média não foi incluído o valor no rio Amazonas, IRA.IE, de $90,49 \text{ mg Pt L}^{-1}$, pode-se considerar que os maiores valores de turbidez e STS foram registrados nesse período. No período da enchente foi observado a média de $37,85 \pm 13,34 \text{ mg Pt L}^{-1}$. Os menores valores de cor foram encontrados no Purus, medidos na vazante de $18,87 \text{ mg Pt L}^{-1}$ (Figura 22), valor de $19,00 \text{ mg Pt L}^{-1}$ foi observado por Santos (1984). Junk e Howard – Williams (1984) observaram no Solimões, em três períodos estudados, um valor médio de $39,3 \text{ mg Pt L}^{-1}$.

Nas residências, o registro da cor e da turbidez nos quatro períodos estudados, foi observado com o mesmo comportamento destes parâmetros em relação a sazonalidade registrada nos rios (Figura 23). Os valores encontrados nas residências foram acima do valor de referência indicado pela portaria 2914/11 MS que é de 15 mg Pt L^{-1} .

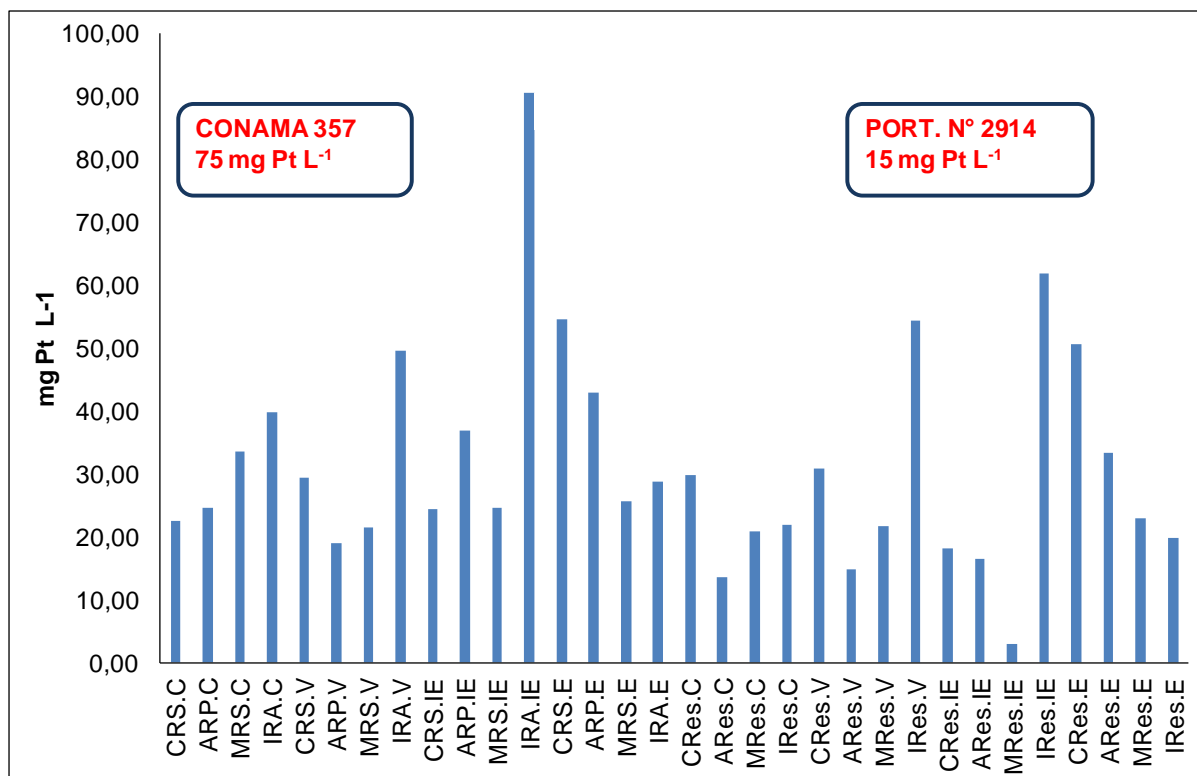


Figura 22. Valores de cor dos rios e residências com os respectivos valores máximos permitidos estabelecidos pelo CONAMA 357 e Portaria 2914.

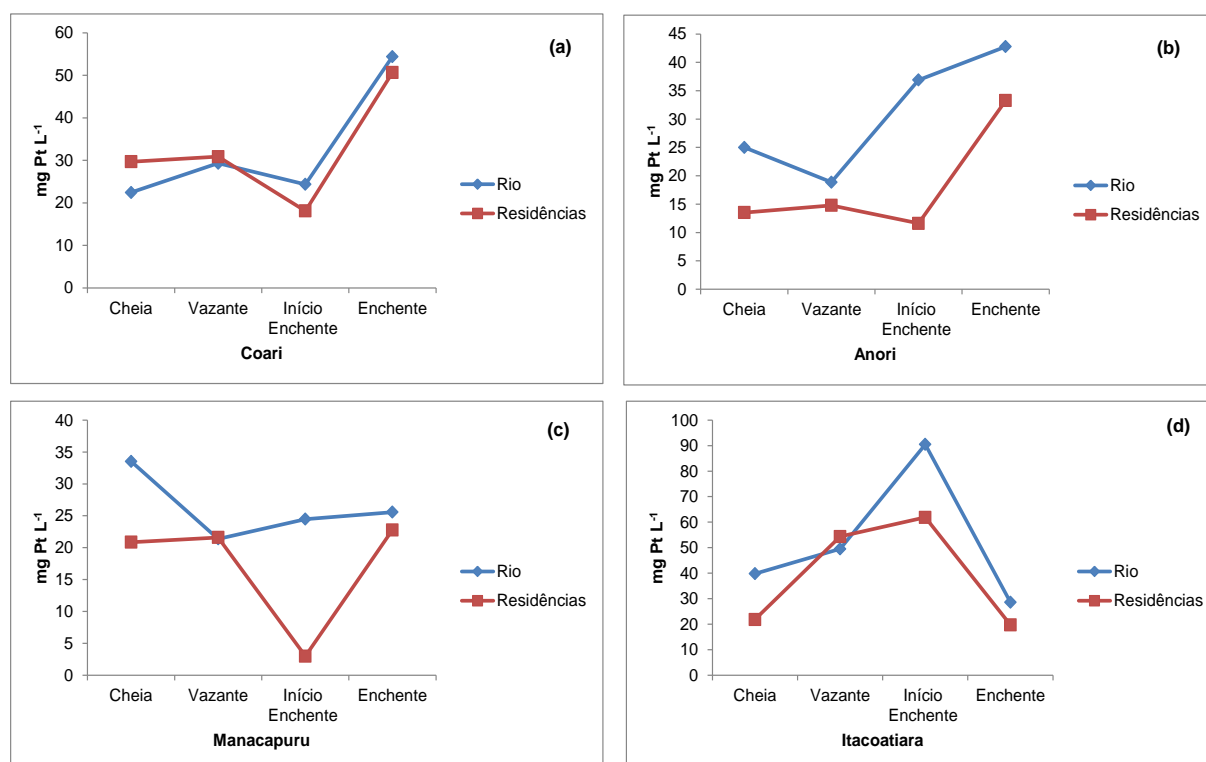


Figura 23. Comportamento da cor ao longo das fases hidrológicas: (a) Coari; (b) Anori; (c) Manacapuru e (d) Itacoatiara.

Foram registrados valores de cor considerados muito elevados entre as amostras de água usada para beber, com destaque para as amostras das residências da comunidade São José do Mato Grosso em Coari e Iracema em Itacoatiara. Esse comportamento também foi observado para a turbidez (Figura 25).

Os valores de turbidez observados nos rios oscilaram entre 81,32 a 384,82 NTU no período do início da enchente, com os menores valores na vazante de 6,33 a 51,60 NTU (Figura 24). De acordo com a resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe II a turbidez indicada é de até no máximo 100 NTU. Portanto, os rios no trecho estudado apresentam a característica de elevado transporte de sedimentos suspensos, e então, deve ser considerado no tratamento da água do rio usada para o consumo, a remoção de sólidos, no entanto, os resultados encontrados nas residências, para turbidez e a cor ultrapassaram os valores de referência indicados pela Portaria 2914/11 (Figura 25), que é de 5 NTU. De 80 amostras de águas nas residências, 80% apresentou valores de turbidez muito elevados, e inclusive com valores maiores aos encontrados no rio de onde ouve a captação da água para o consumo.

Essa característica dos trechos dos rios estudados, com significativa presença de sedimentos transportados foi confirmada pela determinação de sólidos totais em suspensão que variaram de 3,00 a 342,46 mg L⁻¹ nos rios. A quantidade de sólidos em suspensão em todos os rios estudados foi maior no período do início da enchente, quando em águas baixas, que corresponde também ao período chuvoso na região. Os menores valores foram observados no período de cheia. Um destaque deve ser dado ao comportamento no trecho estudado em Anori, no Rio Purus, cujos valores de STS foram os menores registrados, com exceção no

período de quota baixa, no período de enchente (ARP.IE), apresentou o maior valor registrado de STS de 342,46 mg L⁻¹, assim como para turbidez que foi de 384,82 NTU.

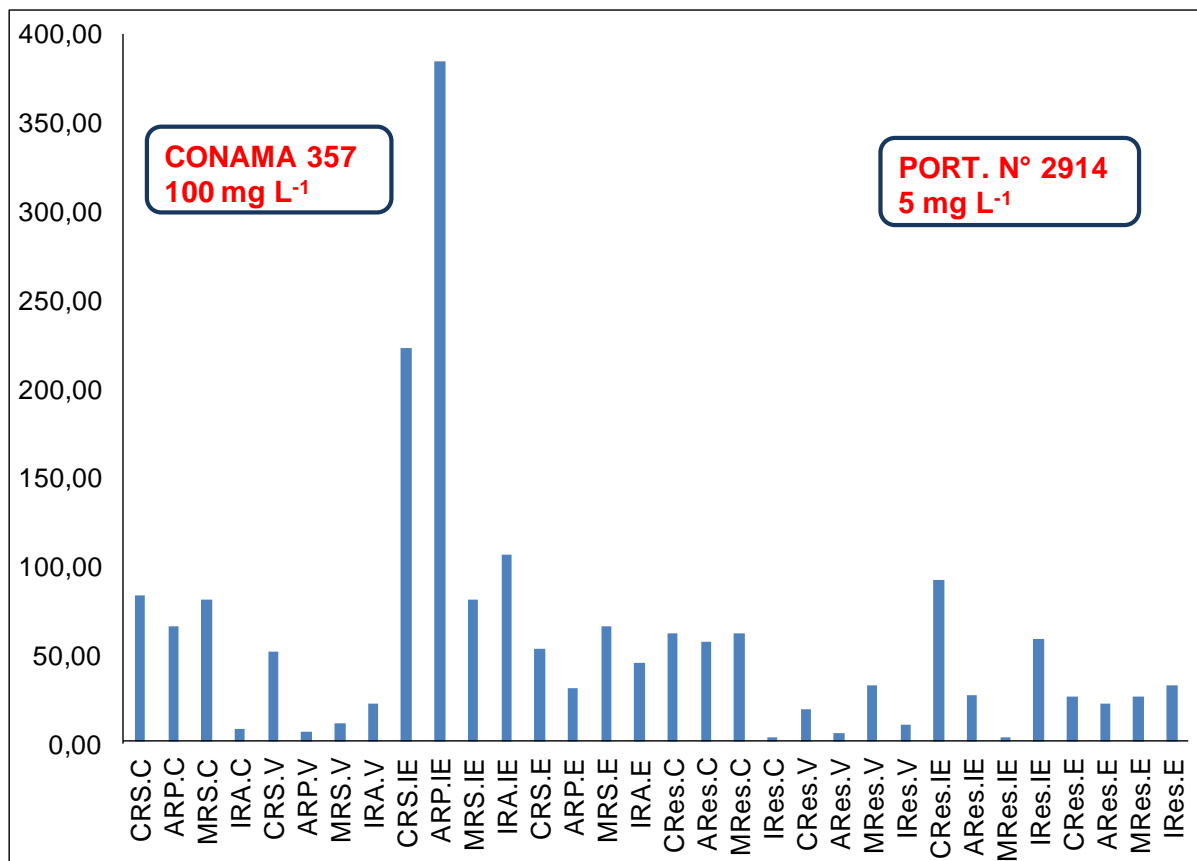


Figura 24. Concentração de Turbidez dos rios e residências com os respectivos valores máximos permitidos estabelecidos pelo CONAMA 357 e Portaria 2914.

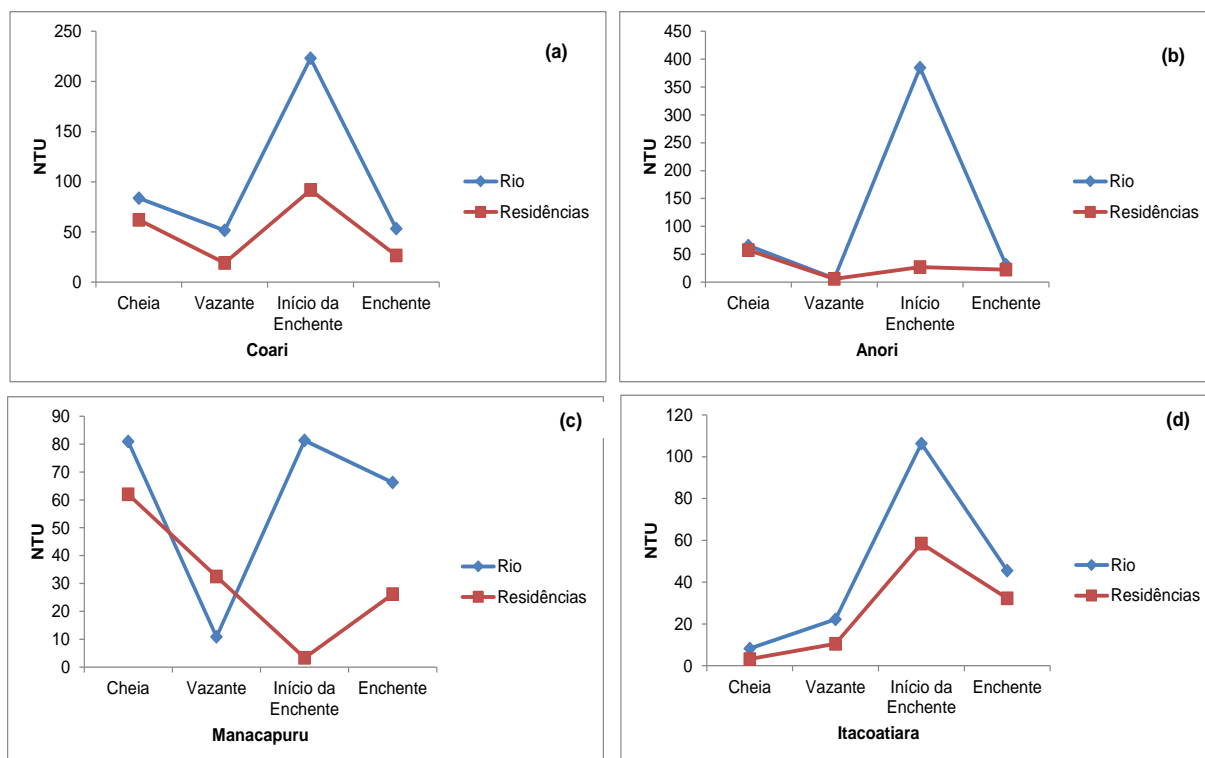


Figura 25. Comportamento da turbidez ao longo das fases hidrológicas: (a) Coari; (b) Anori; (c) Manacapuru e (d) Itacoatiara.

Assim como ocorrido com a turbidez, para STS as amostras das residências apresentaram alguns valores menores em relação ao rio, de onde é captada a água (Tabela 4), no entanto, muitas amostras das residências apresentaram elevadas concentrações, mostrando a presença de STS nas águas usadas para beber, com comportamento coincidente aos registros nos rios, entre as fases hidrológicas (Figura 27).

A variação entre os valores obtidos nas amostras das residências deve-se ao fato do tratamento da água, realizado pelos ribeirinhos após sua captação, ocorrer de forma desordenada, sem organização social, com aplicação de métodos variados. Observou-se durante as visitas de campo, que entre os processos de tratamento simplificado da água, como a decantação e clarificação por coagulação, filtração e desinfecção, algumas residências apenas realizavam todas as etapas de

tratamento da água, enquanto que outras realizavam ineficientemente apenas a etapa de decantação da água captada, proporcionado, conseqüentemente, o registro da variação dos resultados de condutividade, cor, turbidez e STS.

O STS foi o parâmetro com a melhor visualização de comportamento ao longo do período entre as amostras das residências e do rio, influenciados pela sazonalidade (Figura 26). Os resultados encontrados para as residências apresentaram o mesmo comportamento sazonal dos rios (Figura 27). Os maiores valores de turbidez são encontrados nos rios que tem origem na região Andina e pré-Andina, esse aumento 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).

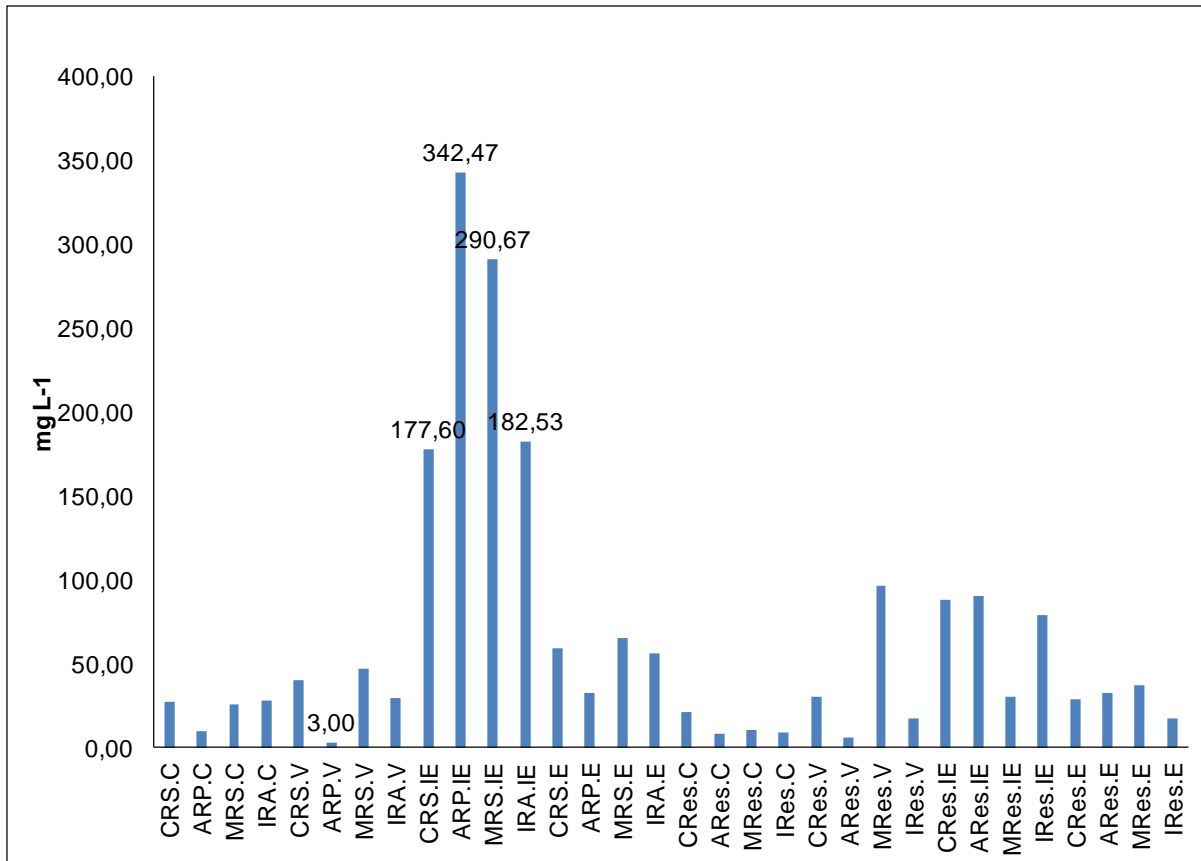


Figura 26. Concentração de STS dos rios e residências com os respectivos valores máximos permitidos estabelecidos pelo CONAMA 357 e Portaria 2914.

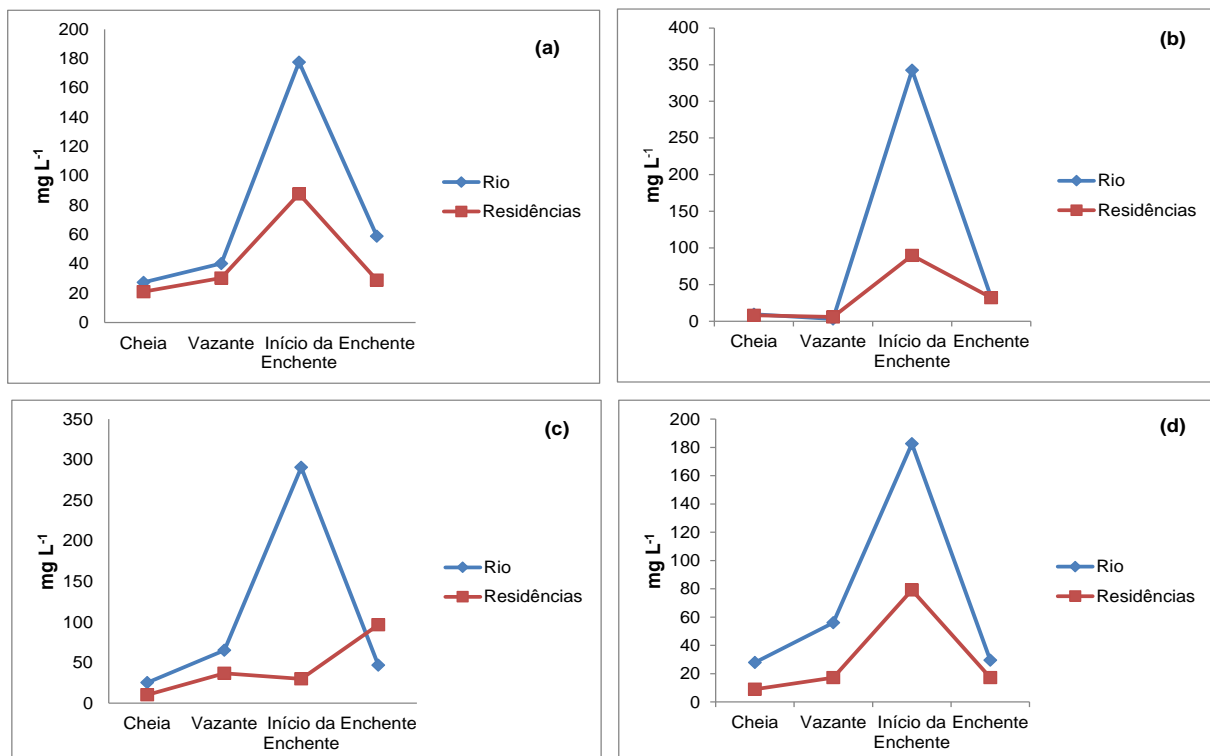


Figura 27. Comportamento do STS (mg L⁻¹) ao longo das fases hidrológicas: (a) Coari; (b) Anori; (c) Manacapuru e (d) Itacoatiara

A Figura 28 apresenta as vazões ou descargas líquidas (Q), assim como, as descargas sólidas (QS) ($=Q \times STS \times c$) em toneladas por dia, onde c é o fator de correção para obter os valores medidos em tonelada por dia. Também é mostrado a descarga sólida com os íons de maior concentração no estudo ($QHCO_3^-$ e QCa^{2+}) e que foram influentes para o registro de condutividade elétrica das águas. Observa-se o comportamento crescente da vazão no rio Solimões, registrada de Coari a Itacoatiara, a jusante no trecho estudado, com média de $187114 \text{ m}^3/\text{s}$. Assim como, a baixa vazão registra do rio Purus em relação aos valores do Solimões, com média de $16471 \text{ m}^3/\text{s}$. A concentração de sólidos fica bem observada avaliando a intensa descarga sólida com valores superiores a descarga líquida no período de início de enchente.

As descargas sólida registradas em Coari são maiores do que nos demais pontos no rio Solimões, e esse comportamento também foi observado para a descarga sólida referente aos íons bicarbonato ($QHCO_3^-$) e cálcio (QCa^{2+}). A $QHCO_3^-$ também foi registrada com maior intensidade no período de início de enchente como foi para QS , no entanto, nesse período para QCa^{2+} a descarga não foi tão elevada.

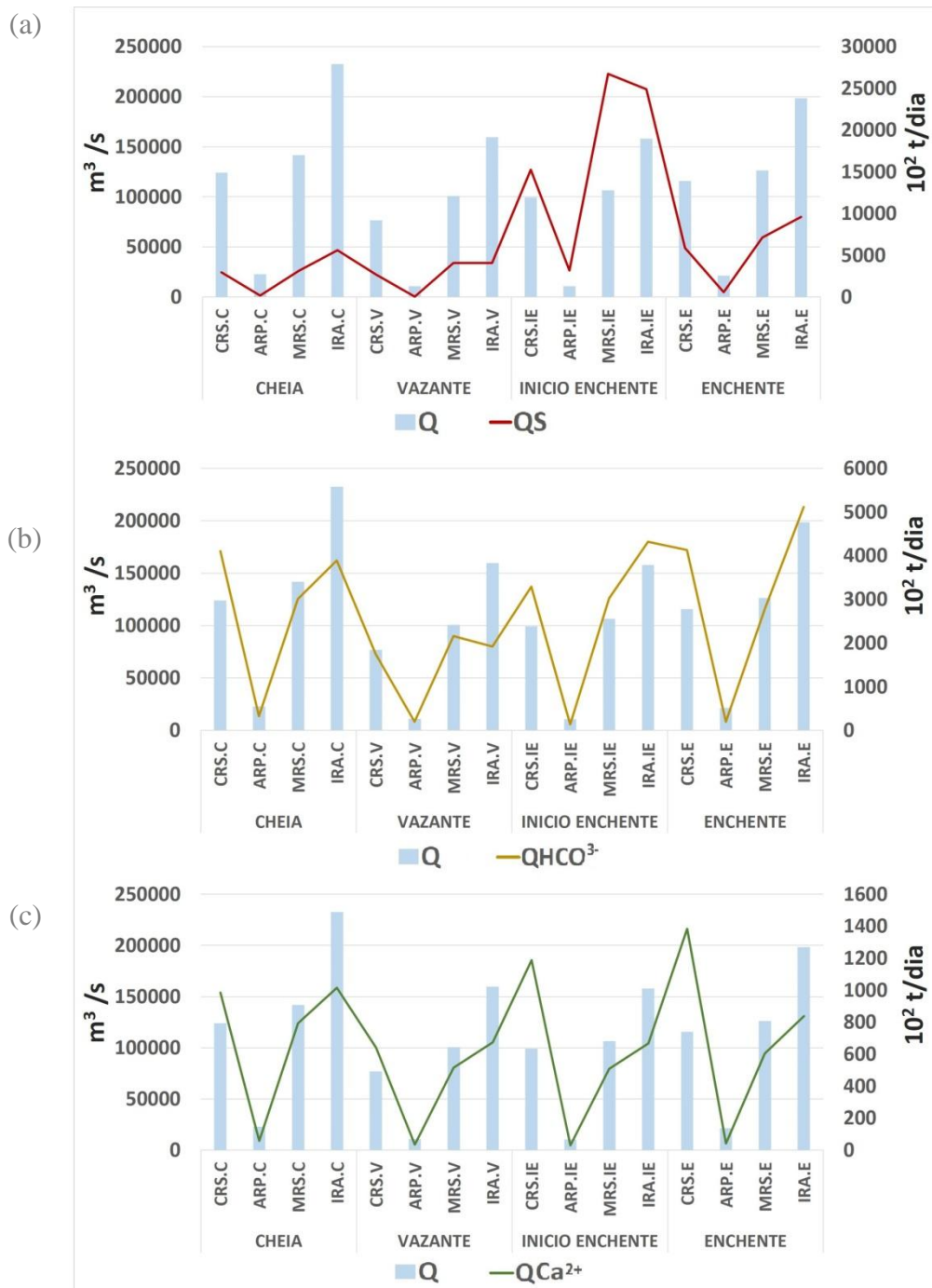


Figura 28 Descargas Líquidas (Q) com o comportamento das descargas sólidas (a) Q x QS; (b) Q x QHCO³⁻; (c) Q x QCa²⁺.

O oxigênio dissolvido é um dos principais parâmetros de qualidade da água. As concentrações de oxigênio foram maiores no período de cota baixa no início da enchente, e observa-se valores muito baixos no período de cheia, cota alta dos rios, chegando a medição com menor valor de 1,24 mg L⁻¹ (Figura 29). Na época de cheia, com significativo aporte de sólidos totais suspensos nos rios, de diferentes

origens, a entrada de luz decresce, seguido do decréscimo da produtividade e, assim, a concentração de oxigênio dissolvido também diminui (Martinelli et al., 2002) ficando abaixo do permitido pela resolução CONAMA357/05 que é de, no mínimo, 5 mg L⁻¹ de oxigênio. Os teores de OD oscilaram entre 1,24 mg L⁻¹ na cheia e 5,79 mg L⁻¹ no início da enchente e apresentaram diferença significativa entre si nos períodos sazonais de acordo com teste Kruskal-Wallis com 95% de confiança. O valor alto de OD, nas residências se deve à aeração mecânica causada pela bomba utilizada pelos ribeirinhos para captação da água, além da manipulação para efetuar o tratamento da água para beber (Tabela 3).

Os resultados obtidos para o oxigênio dissolvido (OD) quando comparados aos valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução do CONAMA 357/2005 para rios classificados como Classes 1 (água especial) e 2 (água de superfície com nenhuma degradação aparente), mostram que estas águas poderiam ser destinadas ao abastecimento público apenas após tratamento. Esta resolução ambiental foi estabelecida para regular a qualidade da água superficial para todas as bacias hidrográficas no Brasil, mas alguns parâmetros não se aplicam às características naturais da região amazônica. Os Rios Solimões, Purus e Amazonas que se mostram em excelente estado de conservação, podem apresentar baixas concentrações de oxigênio dissolvido, principalmente na época que corresponde ao período de cheia dos rios (Aprile e Darwich, 2009; Silva, 2012), quando comparado ao valor máximo permitido.

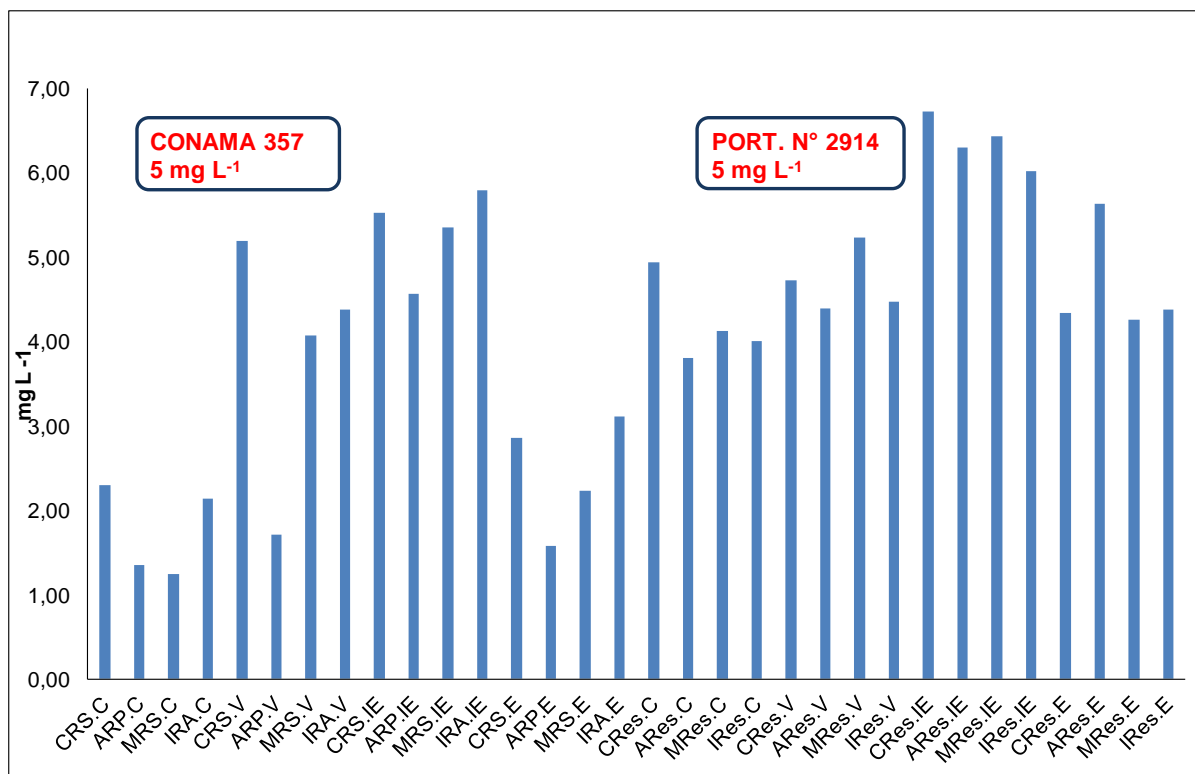


Figura 29. Concentração de OD dos rios e residências com os respectivos valores máximos permitidos estabelecidos pelo CONAMA 357 e Portaria 2914.

Valores muito baixos de OD registrados no período da cheia dos rios, fortalece a indicação de maior presença de matéria orgânica dissolvida na água, devido à grande área de floresta inundada, além de toda a área de terra ter sido alagada nas comunidades estudadas, onde há ocorrência de foças, presença de agrotóxicos e adubos acumulados nos solos, pois são usados em atividades de plantio, criação de animais, e despejo de resíduos sólidos. Estudos mais detalhados sobre a presença de OD devem ser realizados em grandes rios na Amazônia durante o período de cheia, pois apresentam grande carga de matéria orgânica dissolvida e de microrganismos proveniente naturalmente dos solos e vegetação da floresta, buscando, portanto, determinar a linha de base para as concentrações de OD nesses ambientes, e diferenciar quando há fontes antrópicas com influência significativa nas suas concentrações.

Durante o período de coleta observou-se uma grande utilização do herbicida glifosato para contenção de ervas daninhas na agricultura familiar por parte dos moradores das comunidades. Frascos com presença de resíduos do herbicida foram encontrados dispensados entre os terrenos das residências, assim como, relatos dos moradores sobre o uso, ou quando de posse dos frascos em uso em suas residências. Assim, foram realizadas as determinações do glifosato nas amostras de água dos rios e nas amostras das residências nas comunidades visitadas, no entanto, em todos os pontos avaliados os valores ficaram abaixo do limite de detecção do método que é de $0,01 \text{ mg L}^{-1}$. A não detecção de glifosato, mesmo este sendo largamente utilizado pela população local, pode estar associado à alta solubilidade do glifosato em água ou também pode ter ocorrido adsorção da substância ativa com os sedimentos. Para uma afirmação sobre essa discussão, seria necessário a realização de análises dos sedimentos dos pontos avaliados. Tal método não foi possível ser realizado neste estudo.

Outro parâmetro primordial para a indicação da qualidade da água é a análise bacteriológica. A determinação bacteriológica foi realizada nas amostras de todas as residências, pelo método do Teste Coliform Indicator de presença e ausência de coliformes totais nas amostras de água, no período da cheia em junho e vazante em setembro de 2014. Isto porque não era possível retornar com as amostras de água preservadas em até no máximo 30 h para a devida realização das análises, conforme estabelecido no método (APHA, 2012). O indicativo dos resultados mostrou a presença em todas as mostras.

A análise bacteriológica de forma quantitativa, foi realizada na Comunidade Costa do Pesqueiro em Manacapuru, de onde dispõe de mais fácil acesso ao LAMIN-CPRM em Manaus. Estas análises foram realizadas nos períodos de

elevada pluviosidade, no início de enchente em janeiro e no meio do período de enchente em março. Os resultados demonstraram, como esperado, contaminação por coliformes totais, coliformes fecais, Enterococos, *Pseudomonas aeruginosa*, Clostrídios e heterotróficas, conforme a Portaria 2914 MS o valor máximo permitido é ausência em 100 mL, Tabela 4.

Tabela 4. Resultados da análise bacteriológica nas amostras de água das residências da comunidade Costa do Pesqueiro no município de Manacapuru/AM, nos períodos de início de enchente - IE (Janeiro/2015) e enchente - E (Março/2015).

	MRes1		MRes2		MRes3		MRes4		MRes5	
	jan/15	mar/15	jan/15	mar/15	jan/15	mar/15	jan/15	mar/15	jan/15	mar/15
Coliformes totais/100 mL	430	372	230	288	230	296	91	6	30	20
Coliformes fecais/100 mL	30	30	36	44	30	68	30	5	30	13
Enterococos/100 mL	25	27	15	12	18	23	2	<1	1	<1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>/100 mL	15	16	10	15	3	5	1	8	2	2
Clostrídios perfringens/100 mL	15	16	10	17	10	32	9	4	20	54
Nº UFC/mL	1000	870	860	560	1000	1090	760	580	200	120

Na Tabela 4, observa-se que apenas as amostras nas residências MRes4 e MRes5 no período da enchente (março) apresentaram resultados negativos para Enterococos. Os demais pontos nos diferentes períodos apresentaram resultados positivos para todos os outros indicadores. Todas as amostras encontravam-se impróprias para consumo humano quando comparados os valores obtidos com os valores sugeridos (Ausência em 100 mL) pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde em relação à potabilidade.

Analisando a variação na ocorrência de coliformes nas residências nos dois períodos coletados, os valores médios não demonstram um aumento na contagem durante os períodos sazonais. Estes dados eram esperados, pois, o tratamento

realizado pelos ribeirinhos descarta o uso do hipoclorito de sódio ou até mesmo da água sanitária na ausência do hipoclorito, como recomenda a (Fundação Nacional de Saúde) - FUNASA, isto devido ao sabor que fica na água, segundo relatos dos moradores nas residências.

Observou-se uma relação diretamente proporcional do aumento dos coliformes totais, com os coliformes fecais. Fato esperado, uma vez que a origem fecal dos coliformes pode ser a mesma, ou seja, origem de resíduos de esgoto ou mesmo de produtos urbanos. Houve um percentual menor de bactérias do grupo coliforme fecal, quando comparado ao coliforme total, isto possivelmente pode estar relacionado ao fato da microbiota ocasionar a inibição do crescimento de bactérias do gênero *Escherichia*. Esta correlação também foi sugerida por Silva *et al.*, (2006), que relataram um baixo índice de detecção de *E. coli*, provavelmente pela inibição por bactérias antagonistas, além da influência do pH sobre seu crescimento.

5.1 Aplicação de testes estatísticos para estudo do comportamento das variáveis físicas, químicas e biológicas

Realizado o teste T para analisar diferenças entre as amostras coletadas no centro dos rios com as amostras coletadas nas suas margens. Esses resultados mostraram, em geral, que não havia diferença entre essas áreas coletadas nos rios. Pois havia a hipótese de registro de maior influência antrópica nas amostras coletadas das margens dos rios (com distanciamento de 2 a 3 m, propriamente da margem, a aproximadamente 0,50 m de profundidade – água de superfície), onde há maior proximidade com as atividades cotidianas dos ribeirinhos, e onde ficam posicionadas as bombas mecânicas de captação da água do rio para as residências nas comunidades. Os resultados do estudo foram submetidos a avaliação de

comportamento de normalidade teste de Shapiro - Wilk ($\alpha = 0,05$), apenas duas variáveis, temperatura e OD, apresentaram distribuição normal (Tabela 5). O teste Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) para o comportamento para as variáveis não paramétricas (Anexo 2) também foi aplicado para identificar a diferença entre as sazonalidades.

Tabela 5. Teste de normalidade de *Shapiro Wilk* realizado ao nível de 0,05 de significância.

Parâmetros	Teste de Normalidade
Temp.	Normal
pH	Não-Normal
C.E.	Não-Normal
OD	Normal
HCO₃⁻	Não-Normal
Cor	Não-Normal
Turbidez	Não-Normal
STS	Não-Normal
Cl⁻	Não-Normal
NO₃⁻	Não-Normal
SO₄²⁻	Não-Normal
Al³⁺	Não-Normal
Ca²⁺	Não-Normal
Fe_{Total}	Não-Normal
K⁺	Não-Normal
Mg²⁺	Não-Normal
Na⁺	Não-Normal
Si⁺	Não-Normal

Foi realizada a correlação de *Spearman* dos dados obtidos para as variáveis (pH, CE, OD, HCO₃⁻, cor, turbidez, STS, NO₃⁻, NO₂⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, Al³⁺, Ca²⁺, Fe³⁺, K⁺, Mg²⁺, Na⁺, Si⁺) sendo utilizados as médias de cada rio e as médias individuais das residências totalizando 24 pontos em cada período hidrológico. Dentre as componentes foram selecionados àqueles cujos valores sejam superiores a 1 (um), ou que possuíssem juntas uma variância igual ou superior a 70%. Entre as variáveis na vazante (Tabela 7), houve uma forte correlação do pH com CE e HCO₃⁻. As variações de pH e CE devem estar associados aos minerais de rochas matriz.

As correlações entre as variáveis na cheia (Tabela 6) foram, de maneira

geral, muito baixas. As melhores correlações obtidas foram entre cátions maiores (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) e os ânions maiores (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-}). Isso é devido à relação entre a hidroquímica e o ambiente (Queiroz et al, 2009). As águas brancas típicas do Solimões, Madeira e Purus, ricas em Ca^{2+} e HCO_3^- , são classificadas como carbonatadas, o que explica correlação apresentada (Sioli, 1968; Konhauser et al., 1994; Gaillardet, et al., 1997).

Entre as variáveis na vazante (Tabela 7), houve uma forte correlação do pH com CE e HCO_3^- . As variações de pH e CE devem estar associados aos minerais de rochas matriz. O HCO_3^- apresentou correlação com outros ânions como Cl^- e SO_4^{2-} está relacionada a litológica e é atribuído a abundância de ânions orgânicos, a composição de cátions também apresentaram correlação significativa do K^+ e Si (0,78) apresentam comportamento “chemostatic” que consiste nas concentrações constantes ao longo do ciclo hidrológico que está associado a maior lixiviação de solos orgânicos (Walling e Webb, 1986 apud Sánchez et al., 2015) e a dissolução de alumínio-silicatos de baixa cristalinidade (Clow e Mast, 2010 apud Sánchez et al., 2015). Esse comportamento sugere a presença da composição iônica oriunda de mesma fonte de minerais.

A Tabela 9 apresenta a correlação para os dados obtidos em janeiro/2015 no início da enchente, em período de menor cota registrada neste estudo, e que apresentou os maiores níveis registrados para STS, turbidez e cor. A correlação entre esses parâmetros foi significativa com coeficiente de 0,72 entre turbidez e STS. No entanto, esses parâmetros físicos relacionados não apresentaram correlações entre a condutividade e os íons analisados. Correlações significativas com $r > 0,7$ indicam que Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ foram os íons de maior influência sobre a

condutividade elétrica. Por sua vez, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe , SO_4^{2-} e Cl^- apresentaram boa correlação com o HCO_3^- , de maior concentração entre as espécies iônicas determinadas. Todos os íons apresentaram correlações entre si, das quais deve-se destacar as altas correlações significativas entre Ca^{2+} com Mg^{2+} ($r=0,97$) e Na^+ ($r=0,82$); entre Na^+ com Mg^{2+} ($r=0,88$) e K^+ ($r=0,89$); e entre K^+ com Si^+ ($r=0,92$), indicando a presença dos íons na água pela mesma origem geoquímica característica da região. As fortes correlações entre os ânions, cátions e sílica podem ser atribuídas ao elevado fluxo de sedimento para esse período, devido a uma forte sedimentação. O pH maior que 6,0 indicando baixa acidez na área de estudo, pode ser atribuído à presença de HCO_3^- , que neste período apresentaram boa correlação com $r=0,67$.

A forte relação da química da água com a geoquímica da região (Queiroz *et al*, 2009) também pode ser observada na Tabela 9, que apresenta os dados no período da enchente, na qual a CE apresentou elevada correlação significativa com os ânions e os cátions maiores, HCO_3^- ($r=0,91$) e Cl^- ($r=0,64$), Ca^{2+} ($r=0,81$), Mg^{2+} ($r=0,77$) e Na^+ ($r=0,80$). E demais correlações em destaque entre os íons como Mg^{2+} com Ca^{2+} ($r=0,98$) e Na^+ ($r=0,90$), e SO_4^{2-} com Ca^{2+} ($r=0,70$) e com Cl^- ($r=0,81$).

Tabela 6. Resultado da análise estatística obtida pela correlação de *Spearman* ($p \leq 0.05$) – Cheia.

Matriz de Correlação: Spearman

	Temp.	pH	C.E.	OD	HCO ₃ ⁻	Cor	Turbidez	STS	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Al ³⁺	Ca ²⁺	Fe _{Total}	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Si ⁺
Temp.	1	0,04	0,00	-0,05	0,04	0,34	-0,27	0,31	-0,14	0,05	-0,11	0,25	-0,08	0,03	-0,14	-0,20	-0,26	-0,11
pH		1	0,61	0,07	0,86	0,18	0,54	0,53	0,40	0,33	0,28	-0,13	0,56	0,02	0,41	0,55	0,53	0,38
C.E.			1	0,32	0,57	-0,17	0,34	0,38	0,42	0,31	0,63	0,08	0,54	-0,33	0,54	0,48	0,55	0,35
OD				1	-0,01	-0,22	-0,34	-0,15	0,08	0,24	-0,04	0,23	-0,22	-0,36	0,33	-0,25	0,01	0,30
HCO ₃ ⁻					1	0,23	0,56	0,52	0,33	0,35	0,30	-0,13	0,57	0,03	0,47	0,57	0,51	0,43
Cor						1	-0,04	0,35	-0,17	0,22	-0,23	0,23	-0,14	0,31	-0,35	-0,23	-0,20	-0,24
Turbidez							1	0,38	0,26	0,07	0,30	-0,48	0,48	-0,06	0,27	0,52	0,42	0,21
STS								1	0,40	0,29	0,34	0,03	0,46	0,02	0,01	0,33	0,36	-0,03
Cl ⁻									1	0,32	0,61	0,02	0,66	0,04	0,28	0,60	0,81	0,12
NO ₃ ⁻										1	0,19	0,19	0,09	0,01	0,23	0,05	0,31	0,19
SO ₄ ²⁻											1	0,11	0,78	-0,03	0,04	0,67	0,57	-0,17
Al ³⁺												1	-0,05	0,25	-0,15	-0,06	-0,08	-0,13
Ca ²⁺													1	0,27	0,18	0,95	0,72	0,06
Fe _{Total}														1	-0,20	0,32	0,13	-0,12
K ⁺															1	0,28	0,47	0,89
Mg ²⁺																1	0,74	0,22
Na ⁺																	1	0,36
Si ⁺																		1

* Os valores em negrito indicam os resultados significativos de acordo com teste aplicado.

Tabela 7. Resultado da análise estatística obtida pela correlação de *Spearman* ($p \leq 0.05$) – Vazante.

Matriz de Correlação: Spearman

	Temp.	pH	C.E.	OD	HCO ₃ ⁻	Cor	Turbidez	STS	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Al ³⁺	Ca ²⁺	Fe _{Total}	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Si ⁺
Temp.	1	-0,21	-0,47	-0,24	-0,15	0,12	0,02	0,07	-0,36	-0,05	-0,22	0,07	-0,07	0,29	-0,09	-0,21	-0,24	-0,18
pH		1	0,76	0,53	0,71	-0,22	0,19	0,24	0,59	0,08	0,54	-0,32	0,46	-0,06	0,13	0,53	0,64	0,19
C.E.			1	0,43	0,67	-0,43	0,15	0,19	0,74	0,12	0,56	-0,17	0,59	-0,26	0,24	0,68	0,61	0,25
OD				1	0,15	0,04	0,25	0,23	0,43	0,15	0,44	0,27	0,32	-0,27	-0,25	0,30	0,41	-0,25
HCO ₃ ⁻					1	-0,20	0,36	0,45	0,60	0,33	0,61	-0,25	0,54	-0,11	0,08	0,49	0,47	0,18
Cor						1	0,55	0,35	-0,14	-0,03	0,03	0,24	-0,17	0,08	-0,56	-0,53	-0,30	-0,70
Turbidez							1	0,65	0,35	0,21	0,49	0,16	0,31	-0,12	-0,48	0,01	0,07	-0,48
STS								1	0,33	0,14	0,49	0,02	0,33	-0,30	-0,48	0,02	0,05	-0,42
Cl ⁻									1	0,44	0,76	0,09	0,40	-0,15	0,12	0,46	0,45	-0,02
NO ₃ ⁻										1	0,56	0,32	0,19	0,04	-0,02	0,16	0,14	-0,13
SO ₄ ²⁻											1	0,10	0,53	-0,32	-0,19	0,40	0,35	-0,30
Al ³⁺												1	0,11	0,07	-0,24	-0,15	-0,03	-0,47
Ca ²⁺													1	-0,09	-0,09	0,58	0,39	0,01
Fe _{Total}														1	0,24	-0,15	0,02	0,27
K ⁺															1	0,41	0,30	0,78
Mg ²⁺																1	0,61	0,50
Na ⁺																	1	0,25
Si ⁺																		1

* Os valores em negrito indicam os resultados significativos de acordo com teste aplicado.

Tabela 8. Resultado da análise estatística obtida pela correlação de *Spearman* ($p \leq 0.05$) – Início da enchente.

<i>Matriz de Correlação: Spearman</i>																		
	Temp.	pH	C.E.	OD	HCO ₃ ⁻	Cor	Turbidez	STS	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Al ³⁺	Ca ²⁺	Fe _{Total}	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Si ⁺
Temp.	1	0,22	-0,19	-0,50	0,08	0,67	0,41	0,45	0,18	0,09	0,28	0,27	-0,05	0,12	-0,23	-0,13	-0,30	-0,08
pH		1	0,32	0,18	0,67	0,16	0,08	-0,12	0,79	0,68	0,74	0,40	0,52	0,25	0,13	0,48	0,25	0,19
C.E.			1	0,10	0,43	-0,19	-0,08	-0,35	0,40	0,34	0,44	0,19	0,71	0,26	0,55	0,72	0,73	0,44
OD				1	-0,02	-0,28	-0,57	-0,69	0,18	0,31	-0,09	-0,03	0,07	-0,36	-0,03	0,09	0,12	-0,05
HCO ₃ ⁻					1	0,20	0,40	0,21	0,74	0,51	0,68	0,55	0,68	0,63	0,48	0,66	0,52	0,47
Cor						1	0,59	0,51	0,27	0,26	0,14	0,32	-0,08	0,11	-0,16	-0,14	-0,25	-0,07
Turbidez							1	0,72	0,17	0,06	0,16	0,19	0,12	0,42	0,20	0,04	-0,01	0,23
STS								1	-0,07	-0,25	-0,04	0,17	-0,11	0,40	0,05	-0,12	-0,14	0,07
Cl ⁻									1	0,62	0,78	0,56	0,59	0,42	0,22	0,55	0,34	0,23
NO ₃ ⁻										1	0,61	0,36	0,49	0,21	0,22	0,45	0,32	0,25
SO ₄ ²⁻											1	0,54	0,63	0,44	0,26	0,60	0,39	0,27
Al ³⁺												1	0,54	0,61	0,31	0,47	0,37	0,25
Ca ²⁺													1	0,50	0,74	0,97	0,82	0,68
Fe _{Total}														1	0,50	0,48	0,46	0,44
K ⁺															1	0,77	0,89	0,92
Mg ²⁺																1	0,88	0,71
Na ⁺																	1	0,79
Si ⁺																		1

* Os valores em negrito indicam os resultados significativos de acordo com teste aplicado.

Tabela 9. Resultado da análise estatística obtida pela correlação de *Spearman* ($p \leq 0.05$) – Enchente.

<i>Matriz de Correlação: Spearman</i>																		
	Temp.	pH	C.E.	OD	HCO ₃ ⁻	Cor	Turbidez	STS	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Al ³⁺	Ca ²⁺	Fe _{Total}	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Si ⁺
Temp.	1	0,55	0,48	0,20	0,37	0,02	0,00	-0,07	0,50	0,54	0,45	0,01	0,39	-0,37	-0,05	0,33	0,45	-0,02
pH		1	0,58	0,40	0,57	0,20	0,07	-0,19	0,59	0,58	0,38	-0,06	0,52	-0,20	0,25	0,45	0,56	0,21
C.E.			1	0,06	0,91	0,25	0,22	0,27	0,64	0,38	0,58	0,06	0,81	-0,17	0,37	0,77	0,80	0,32
OD				1	-0,07	-0,20	-0,54	-0,30	0,21	0,26	0,18	-0,17	-0,09	-0,42	-0,15	-0,14	0,00	-0,25
HCO ₃ ⁻					1	0,39	0,36	0,34	0,59	0,39	0,48	0,09	0,80	-0,03	0,44	0,75	0,74	0,38
Cor						1	0,00	0,22	-0,08	-0,01	-0,07	0,18	0,17	0,49	0,27	0,14	0,06	0,36
Turbidez							1	0,56	0,21	0,18	0,20	0,20	0,39	0,18	0,03	0,38	0,27	0,05
STS								1	0,08	0,05	0,11	0,06	0,16	0,27	-0,09	0,15	0,10	-0,14
Cl ⁻									1	0,66	0,81	0,01	0,65	-0,39	0,21	0,56	0,68	0,09
NO ₃ ⁻										1	0,58	-0,03	0,47	-0,33	0,09	0,41	0,47	0,04
SO ₄ ²⁻											1	0,21	0,70	-0,31	0,20	0,64	0,60	0,15
Al ³⁺												1	0,20	0,46	0,19	0,22	0,13	0,22
Ca ²⁺													1	-0,10	0,60	0,98	0,89	0,54
Fe _{Total}														1	0,34	-0,02	-0,08	0,44
K ⁺															1	0,66	0,67	0,87
Mg ²⁺																1	0,90	0,61
Na ⁺																	1	0,58
Si ⁺																		1

* Os valores em negrito indicam os resultados significativos de acordo com teste aplicado.

A análise estatística de correlação de *Spearman* ($p \leq 0,05$) foi realizada com os indicadores da análise bacteriológica e as demais variáveis obtidas nas amostras de água usada para o consumo nas residências de Manacapuru nos períodos de início da enchente (Tabela 8) e na enchente (Tabela 9).

No período de início de enchente foram observados nas amostras dos rios os maiores níveis para a cor, turbidez e STS, estando estes com correlações positivas e significativas. Podem-se observar a igualdade entre correlações geradas para turbidez e STS. A presença de areia é fortemente indicada nas águas das residências, uma vez que obteve-se coeficiente de correlação elevado entre STS com Si^+ ($r=0,90$), além das correlação com K^+ ($r=0,80$) e com Na^+ ($r=0,60$), indicando a presença mineralógica ou de uso de fertilizantes, no entanto esta última indicação pode ser descartada, por não haver concentrações elevadas nas amostras. Alguns íons apresentaram elevadas correlações com a cor, como o Mg^{2+} ($r=0,80$), K^+ ($r=0,80$) e Si^+ ($r=0,60$). A correlação entre cor e turbidez no início da enchente é positiva ($r=0,70$), revelando uma alteração organoléptica da água com ação do aumento de matéria orgânica.

Os indicadores de bacteriologia, coliformes totais, enterococos, pseudomonas e hetererotrófica, apresentaram elevadas correlações significativas entre si. Pode-se destacar interessantes correlações observadas entre o Fe total com bactérias hetererotrófica ($r=0,87$), enterococos ($r=0,80$), e coliformes totais ($r=0,67$). Assim como, observa-se correlações elevadas destas bactérias com o Al^{3+} com destaque para as hetererotróficas ($r=0,97$), e incluindo ainda pseudomonas com ($r=0,60$). Essas fortes correlações também podem ser observadas com o SO_4^{2-} , e inclusive entre SO_4^{2-} e Al^{3+} , podendo-se indicar que o uso do coagulante no

tratamento simplificado, realizado nas residências para a etapa de decantação de sólidos e clarificação da água está retendo as bactérias no material floculado.

Tabela 10. Resultado da análise estatística obtida pela correlação de *Spearman* ($p \leq 0.05$) – Microbiologia Início da enchente.

Matriz de Correlação: Spearman

	Temp.	pH	C.E.	OD	HCO ₃ ⁻	Cor	Turbidez	STS	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Al ³⁺	Ca ²⁺	Fe _{Total}	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Si ⁺	C.T	C.F.	Enteroc.	Pseud.	Clost.	Heter.
Temp.	1	0,70	-0,70	0,10	0,35	0,30	0,70	0,70	0,60	-0,50	0,50	0,60	0,30	0,70	0,20	0,30	-0,10	0,50	0,31	-0,71	0,50	0,20	0,31	0,56
pH		1	-1,00	0,62	0,71	-0,20	0,30	0,30	0,10	0,10	0,30	0,10	0,20	0,20	0,00	0,20	-0,10	0,40	0,21	-0,71	0,30	0,30	0,72	0,21
C.E.			1	-0,62	-0,71	0,20	-0,30	-0,30	-0,10	-0,10	-0,30	-0,10	-0,20	-0,20	0,00	-0,20	0,10	-0,40	-0,21	0,71	-0,30	-0,30	-0,72	-0,21
OD				1	0,73	-0,82	-0,21	-0,21	-0,21	0,05	0,15	-0,21	-0,56	0,05	-0,41	-0,56	-0,15	-0,05	0,16	-0,54	0,15	0,05	0,16	-0,03
HCO ₃ ⁻					1	-0,71	-0,35	-0,35	0,35	0,00	0,71	0,35	-0,35	0,35	-0,71	-0,35	-0,71	-0,35	0,73	-0,25	0,71	0,71	0,36	0,54
Cor						1	0,70	0,70	0,10	-0,10	-0,30	0,10	0,80	0,00	0,80	0,80	0,50	0,60	-0,41	0,00	-0,30	-0,30	0,10	-0,10
Turbidez							1	1,00	0,10	-0,40	-0,20	0,10	0,50	0,30	0,80	0,50	0,60	0,90	-0,41	-0,71	-0,20	-0,50	0,10	-0,05
STS								1	0,10	-0,40	-0,20	0,10	0,50	0,30	0,80	0,50	0,60	0,90	-0,41	-0,71	-0,20	-0,50	0,10	-0,05
Cl ⁻									1	-0,70	0,90	1,00	-0,10	0,90	-0,40	-0,10	-0,70	-0,30	0,82	0,00	0,90	0,60	-0,21	0,97
NO ₃ ⁻										1	-0,50	-0,70	0,40	-0,90	0,10	0,40	0,20	0,00	-0,36	0,35	-0,50	0,10	0,67	-0,62
SO ₄ ²⁻											1	0,90	-0,30	0,80	-0,70	-0,30	-0,90	-0,50	0,97	0,00	1,00	0,80	-0,05	0,97
Al ³⁺												1	-0,10	0,90	-0,40	-0,10	-0,70	-0,30	0,82	0,00	0,90	0,60	-0,21	0,97
Ca ²⁺													1	-0,30	0,70	1,00	0,40	0,60	-0,36	0,00	-0,30	0,00	0,67	-0,21
Fe _{Total}														1	-0,30	-0,30	-0,50	-0,10	0,67	-0,35	0,80	0,30	-0,36	0,87
K ⁺															1	0,70	0,90	0,90	-0,82	-0,35	-0,70	-0,70	0,21	-0,56
Mg ²⁺																1	0,40	0,60	-0,36	0,00	-0,30	0,00	0,67	-0,21
Na ⁺																	1	0,80	-0,97	-0,35	-0,90	-0,90	0,05	-0,82
Si ⁺																		1	-0,67	-0,71	-0,50	-0,60	0,36	-0,41
C.T																			1	0,18	0,97	0,87	-0,05	0,92
C.F.																				1	0,00	0,35	-0,18	0,00
Enteroc.																					1	0,80	-0,05	0,97
Pseud.																						1	0,36	0,72
Clost.																							1	-0,13
Heter.																								1

* Os valores em negrito indicam os resultados significativos de acordo com teste aplicado.

Tabela 11. Resultado da análise estatística obtida pela correlação de *Spearman* ($p \leq 0.05$) – Microbiologia Enchente.

Matriz de Correlação: *Spearman*

	Temp.	pH	C.E.	OD	HCO ₃ ⁻	Cor	Turbidez	STS	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Al ³⁺	Ca ²⁺	Fe _{Total}	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Si ⁺	C.T	C.F.	Enteroc.	Pseud.	Clost.	Heter.
Temp.	1	0,90	0,10	0,50	0,10	0,60	0,10	0,20	-0,30	-0,10	-0,90	-0,50	-0,70	-0,20	-0,30	-0,70	0,10	-0,10	-0,40	-0,90	-0,31	0,30	-0,70	-0,20
pH		1,00	-0,30	0,30	-0,20	0,50	0,30	-0,10	-0,10	0,30	-0,70	-0,30	-0,60	0,10	-0,10	-0,60	0,20	0,20	-0,30	-0,80	-0,21	0,10	-0,60	0,10
C.E.			1,00	0,20	0,80	-0,20	-0,30	0,40	0,00	-1,00	-0,20	-0,70	0,10	-0,90	0,00	0,10	0,20	-0,30	-0,50	-0,30	-0,56	0,00	0,10	-0,90
OD				1,00	-0,30	0,70	-0,80	0,90	-0,60	-0,20	-0,80	0,00	-0,90	0,10	-0,60	-0,90	-0,30	-0,70	-0,30	-0,30	-0,10	0,60	-0,90	0,10
HCO ₃ ⁻					1,00	-0,30	0,30	-0,10	0,10	-0,80	0,00	-0,70	0,40	-0,90	0,10	0,40	0,20	0,00	-0,20	-0,30	-0,36	-0,10	0,40	-0,90
Cor						1,00	-0,30	0,60	-0,90	0,20	-0,80	0,30	-0,90	0,40	-0,90	-0,90	-0,70	-0,70	0,30	-0,20	0,46	0,90	-0,90	0,40
Turbidez							1,00	-0,90	0,40	0,30	0,30	-0,20	0,50	-0,10	0,40	0,50	0,30	0,70	0,20	-0,20	0,05	-0,40	0,50	-0,10
STS								1,00	-0,70	-0,40	-0,60	0,10	-0,70	0,00	-0,70	-0,70	-0,50	-0,90	-0,10	0,00	0,05	0,70	-0,70	0,00
Cl ⁻									1,00	0,00	0,60	-0,40	0,70	-0,30	1,00	0,70	0,90	0,90	-0,50	-0,10	-0,62	-1,00	0,70	-0,30
NO ₃ ⁻										1,00	0,20	0,70	-0,10	0,90	0,00	-0,10	-0,20	0,30	0,50	0,30	0,56	0,00	-0,10	0,90
SO ₄ ²⁻											1,00	0,30	0,90	0,10	0,60	0,90	0,20	0,50	0,30	0,70	0,15	-0,60	0,90	0,10
Al ³⁺												1,00	-0,10	0,90	-0,40	-0,10	-0,70	-0,30	0,80	0,80	0,87	0,40	-0,10	0,90
Ca ²⁺													1,00	-0,30	0,70	1,00	0,40	0,60	0,10	0,40	-0,10	-0,70	1,00	-0,30
Fe _{Total}														1,00	-0,30	-0,30	-0,50	-0,10	0,60	0,50	0,72	0,30	-0,30	1,00
K ⁺															1,00	0,70	0,90	0,90	-0,50	-0,10	-0,62	-1,00	0,70	-0,30
Mg ²⁺																1,00	0,40	0,60	0,10	0,40	-0,10	-0,70	1,00	-0,30
Na ⁺																	1,00	0,80	-0,80	-0,50	-0,87	-0,90	0,40	-0,50
Si ⁺																		1,00	-0,30	-0,20	-0,41	-0,90	0,60	-0,10
C.T																			1,00	0,70	0,97	0,50	0,10	0,60
C.F.																				1,00	0,67	0,10	0,40	0,50
Enteroc.																					1,00	0,62	-0,10	0,72
Pseud.																						1,00	-0,70	0,30
Clost.																							1,00	-0,30
Heter.																								1,00

* Os valores em negrito indicam os resultados significativos de acordo com teste aplicado.

5.2 Águas utilizadas para consumo

Os resultados apresentados na Tabela 3 são os parâmetros analisados nas águas de cinco famílias nas comunidades de São José do Mato Grosso/Coari (Rio Solimões), Comunidade Menino Deus/Anori (Rio Purus), Costa do Pesqueiro/Manacapuru (Rio Solimões), Comunidade de Iracema/Itacoatiara (Rio Amazonas), todas localizadas em áreas de várzea. As águas analisadas e que foram coletadas nas residências são utilizadas especificamente para consumo humano. O estudo pode ser considerado uma avaliação preliminar para indicar os problemas regionais a respeito da água do rio usada para beber, sem condições adequadas para o consumo.

Ao longo do estudo, observou-se que as comunidades ribeirinhas captam água a partir da margem do rio diretamente para caixas de armazenamento de 500-1000 L em domicílios para diferentes usos como: banho, limpeza doméstica em geral, além de cozinhar e ingerir. De acordo com relatos das famílias, a água usada para cozinhar e beber é armazenada em recipientes menores para remover os sólidos suspensos por decantação e, posteriormente, procedem à filtração utilizando como meio filtrante um pano. Algumas famílias realizam o tratamento da água empregando sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$ para permitir a floculação e facilitar a decantação de sólidos em suspensão.

A portaria do MS 2914/2011 estabelece os valores máximos permitidos, conhecido como padrões de potabilidade para o consumo humano. Alguns parâmetros, juntamente com os resultados encontrados neste trabalho, estão apresentados na Tabela 3. Valores bem acima do máximo permitido para turbidez e cor foram encontrados nas residências avaliadas nos quatro períodos, exceto na

comunidade de Manacapuru – MRes.IE (1,93 – 4,67 mg Pt L⁻¹) onde houve a preocupação de um tratamento devido à alta concentração de sedimento, sugerindo que esta água utilizada para beber havia sido recentemente coletada e armazenada pelos ribeirinhos sem tratamento eficiente para remover as partículas em suspensão e outras impurezas.

A respeito da água de superfície coletada para consumo humano, Wilbers et al., (2014) recomendam a utilização do rio principal, em detrimento de obter água de canais secundários, uma vez que eles acumulam mais matéria orgânica que o principal. Entretanto, a alta concentração de partículas em suspensão do Rio Solimões (Filizola et al., 2009) requer a aplicação de alguns tratamentos para permitir a sua utilização para fins de consumo. Entre as formas de tratamento amplamente aplicadas, destacam-se a filtração e coagulação, segundo Fernandes et al., (2010) verificaram maior eficiência do processo de filtração em relação à coagulação, sendo capaz de eliminar protozoários causadores de doenças gastrointestinais resistentes a tratamento alternativos, além de remover o material em suspensão.

Considerando que os dados são estudados para diferentes dimensões e a composição complexa, foi aplicada a Análise de Componente Principal (PCA), que fornece a composição dos componentes principais em relação às amostras com o agrupamento de gráficos de pontuação e, em relação às variáveis, com o agrupamento em gráficos de *loadings*. Para a realização deste teste foi utilizado os mesmos dados para a construção da correlação de *Spearman*. As Figuras 30 e 31 mostram, respectivamente, PCA em junho (cheia), setembro (vazante), janeiro (início da enchente) e março (enchente) para as amostras coletadas e para os

parâmetros registrados.

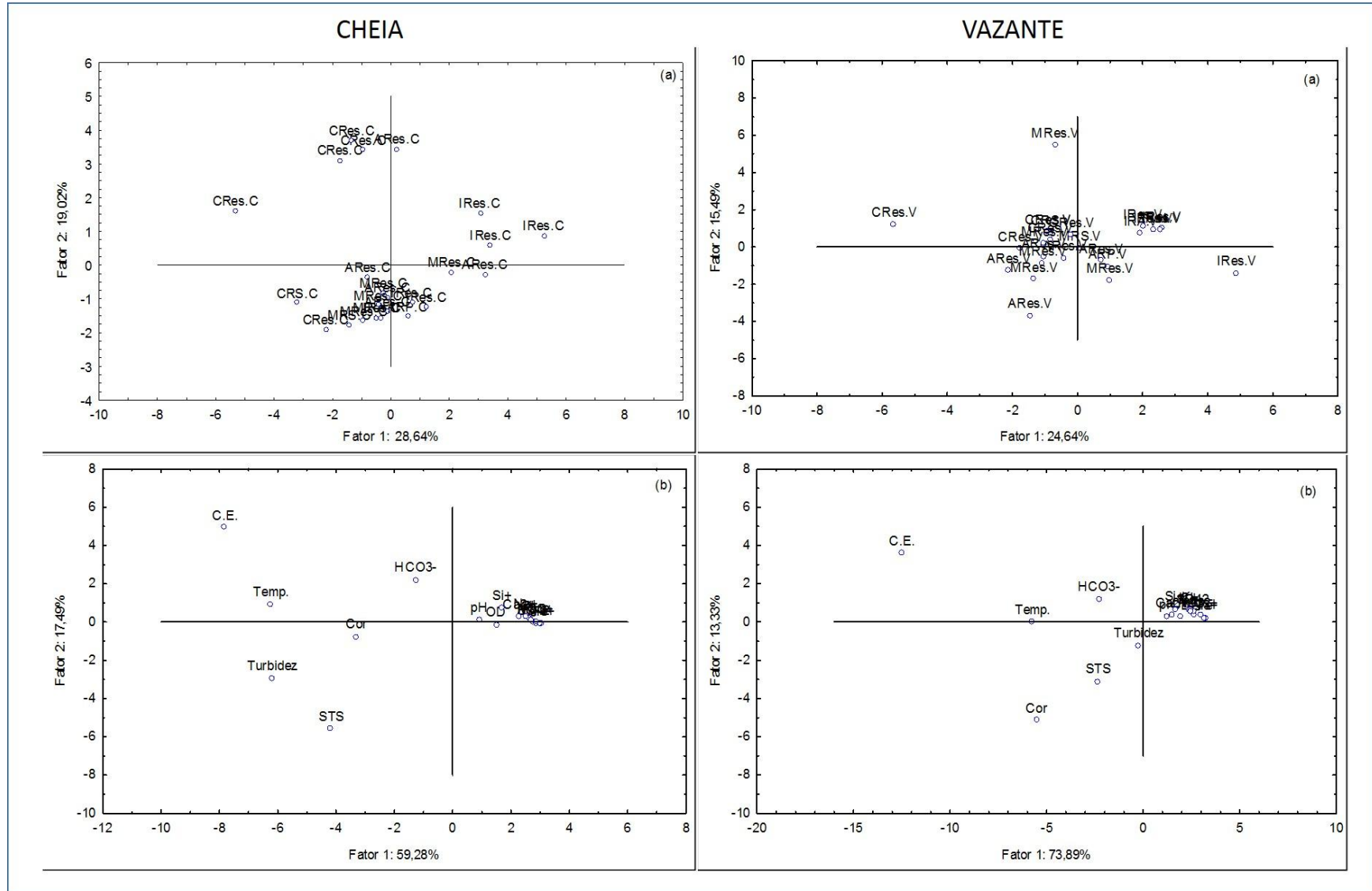


Figura 30. Análise de componente principal entre todas as amostras (a) e as variáveis estudadas (b) para as fases de cheia e vazante.

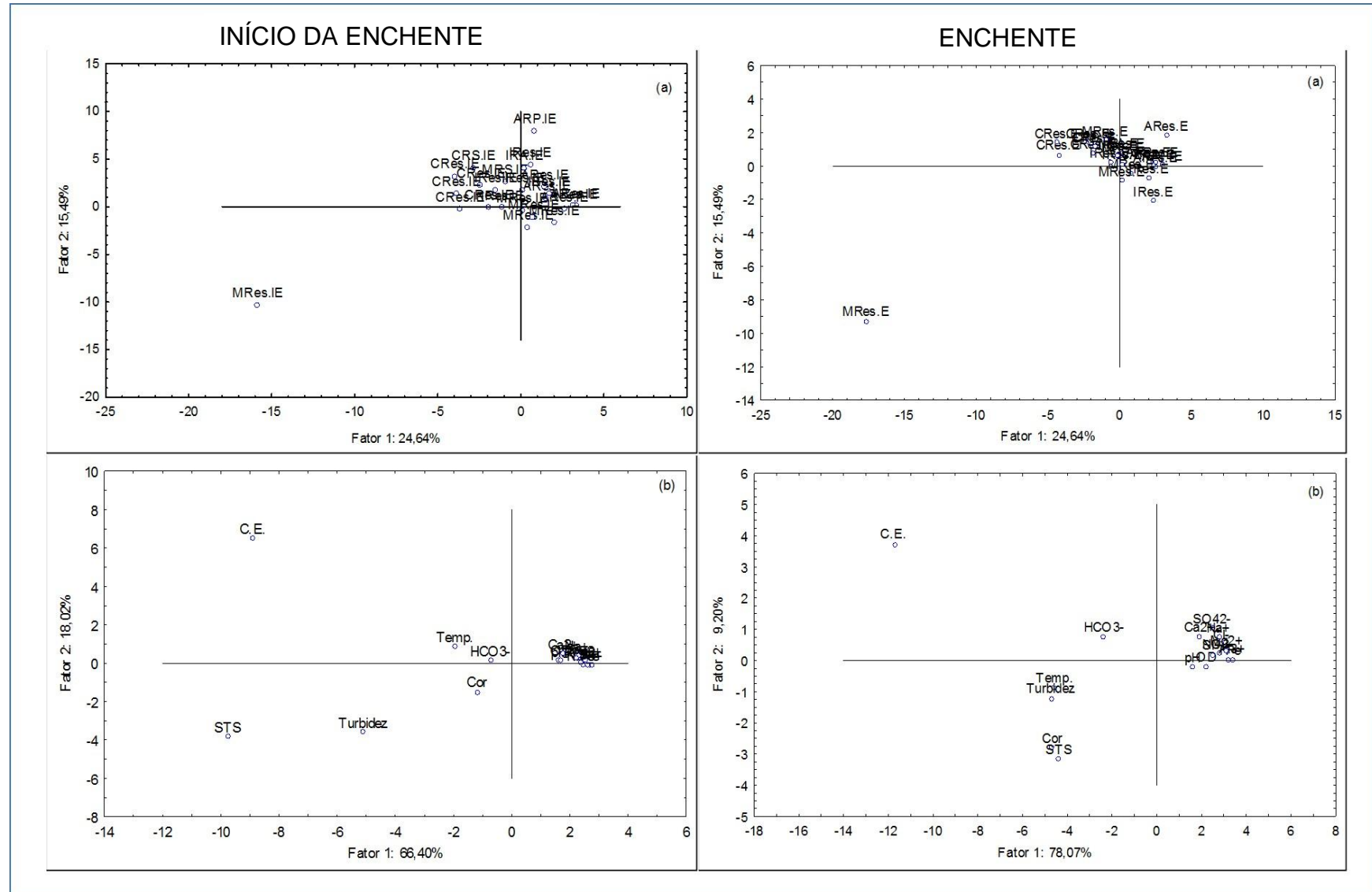


Figura 31. Análise de componentes principais dos pontos amostrados (a) e os parâmetros registrados (b) para as fases de início da enchente e enchente.

A Figura 30 mostram agrupamentos diferenciados entre as amostras de residências da comunidade São José do Mato Grosso em Coari e Iracema em Itacoatiara (Figura 30a), e ponto em comparação com os outros pontos. Como mostrado nos gráficos de *loadings*, tal disparidade entre o agrupamento as amostras de Coari e de Itacoatiara em relação às demais amostras, pode ser devido a menores registros de níveis de turbidez, devido à ocorrência de tratamento da água para a remoção da turbidez nos locais de armazenamento das amostras. Como o esperado, não há diferença entre o rio e as residências por estarem no mesmo quadrante.

Os gráficos de *loading* obtidos para a cheia (Figura 30), e demais fases hidrológicas, revelam que a condutividade elétrica explica a maior parte da variação nos dados. Em junho, os parâmetros responsáveis pela variação nos dados foram os de turbidez, STS e cor, devido aos baixos valores encontrados em comparação com os outros períodos. Foi observada que as residências têm um comportamento diretamente proporcional a sazonalidade do rio mesmo fazendo o uso de tratamentos não eficientes para a remoção dos sólidos em suspensão. O mesmo comportamento se destacou nos gráficos de *loading* obtidos para a vazante (Figura 30).

A Figura 31 apresenta os gráficos de *loading* obtidos para o período do início da enchente em águas baixas, na enchente, observa-se que não há diferença entre os pontos, com exceção de uma das residências em Nossa Sra. das Graças em Manacapurú. Todos os pontos ficaram em um componente o que indica semelhança em suas características e, portanto o consumo de água sem adequado tratamento para boa qualidade de vida dos ribeirinhos.

Na vazante (Figura 31) há uma maior dispersão com pontos em componentes diferentes, entre algumas residências de diferentes comunidades. Esse comportamento deve-se a falta de norma e método estabelecido para o tratamento da água nas residências.

Os parâmetros de maior influência entre as fases hidrológicas para os pontos que saem dos agrupamentos são os mesmos de destaques, CE, cor, turbidez, STS. No geral, observa-se que os valores de turbidez, STS e cor foram parâmetros que mais se destacaram ao longo das amostragens e apresentaram seus maiores valores no período do início da enchente (janeiro). Esse fato se deve ao período de águas baixas e representado por uma forte sedimentação ou devido à ressuspensão dos sedimentos, indicando que a composição química da água durante os períodos sofre influência significativa pela geoquímica regional.

O alto índice de precipitação regional, bem como o uso e ocupação das terras, faz com que desmatamento, faz com que o contribuam significativamente para o processo de erosão natural na região (localmente são chamadas de "terras caídas"), são fatores que aumentam as partículas de entrada para as massas de água, resultando em aumento da turbidez.

As Figuras 30 (b) e 31 (b), que apresentam os gráficos de *score*, são uma clara evidência da diferença entre as amostras coletadas nas residências para a amostragem realizada nos períodos, uma vez que estão situados em diferentes quadrantes do gráfico. Isso reflete a ausência de procedimentos para o tratamento da água coletada do rio para o consumo na comunidade ribeirinha, indicando que também há falta de um tratamento adequado e eficaz para a água, que é bombeada a partir da margem do Rio Solimões para

utilização no consumo humano. O Anexo 4 apresenta a análise de PCA para os dados isolados para cada comunidade estudada, entre as fases hidrológicas, evidenciando a dispersão das amostras das residências entre os quadrantes, indicando a inexistência de tratamento organizado da água usada para o consumo, ou se não, da ausência de tratamento eficiente quando da ocorrência destas amostras aparecerem agrupadas juntamente com as amostras de água do rio. Também pode-se confirmar a similaridade das amostras dos rios entre margem e meio do rio.

6. CONCLUSÕES

A abundante reserva de água doce na bacia amazônica contrasta com a qualidade da disponibilidade para muitas pessoas que não tem acesso a água necessária para suas necessidades. Muitas pessoas utilizam água diretamente do rio para suas necessidades diárias e consumo próprio sem qualquer tipo de tratamento, estando expostas a diversos tipos de doenças.

Os resultados deste estudo mostraram que a água dos rios, são impróprias para o consumo, quando não tratadas por isso não devendo ser usada pela população que vive nas margens dos rios. Os dados também demonstraram a importância e urgência de se implantar um eficiente sistema de saneamento básico para toda a população ribeirinha, a fim de que todos tenham acesso à água tratada para consumo, diminuindo assim o risco de enfermidades veiculadas por este recurso.

Baseado nos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos analisados e comparados com a Portaria N^o2914/11 do Ministério da Saúde o estudo demonstrou que os parâmetros cor e turbidez não atendem os valores estabelecidos pela Portaria MS. As residências na comunidade de Iracema em Itacoatiara que fazem uso de sulfato de alumínio para o clareamento da água não seguem as especificações recomendadas implicando no aumento da concentração de alumínio acima do recomendado pela Portaria. Ficou evidente que as amostras coletadas nas residências são diretamente proporcionais aos resultados perante à sazonalidade dos rios. O estudo com a PCA demonstrou a semelhança entre as características das águas das residências com as amostras dos rios.

A presença de *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes e coliformes totais encontradas em todas as amostras analisadas na comunidade da Costa do Pesqueiro em Manacapuru, tornam a água imprópria para o consumo humano.

Os resultados dos rios demonstram que os valores de pH, condutividade elétrica, cor, turbidez e STS estão em conformidade com a literatura e demonstrando preservação em relação às características naturais dos rios estudados. A cor, turbidez e STS foram parâmetros analisados no período do início da enchente em janeiro apresentaram diferenças significativas entre os períodos hidrológicos de cheia e seca a 95% de confiança segundo o teste estatístico Kruskal-Wallis. Estudos anteriores mostram que nesses rios há um grande aporte de sólidos devido sua formação geológica, pelo ressuspensão e o carreamento de sólidos provenientes dos Andes, o que contribui para o aumento no nível desses parâmetros.

Os valores encontrados dos íons foram em concordância com outros estudos que indicam que as águas tem a predominância dos bicarbonatos (HCO_3^-) e Ca^{2+} por isso classificadas como cálcico-bicarbonatadas.

As características físicas e químicas têm demonstrado bom estado de conservação nos rios da Amazônia, apesar dos baixos valores de OD, observado no período de cheia, devido à decomposição da matéria orgânica e valores altos para o período de seca.

O estudo de correlação entre as análises bacteriológicas e os demais parâmetros físicos e químicos, mostrou a retenção das bactérias pelo uso do agente coagulante, o sulfato de alumínio, indicando forte correlação

significativa entre as bactérias determinadas e Al^{3+} , e da mesma foram com o SO_4^{2+} . O que indica que se realizado o tratamento da água adequadamente, o agente exerce boa eficiência e completa o padrão microbiológico, é estabelecido padrão de turbidez após a filtração, já que sua remoção é um dos fatores que contribui para uma melhor eficiência na desinfecção (PÁDUA e FERREIRA, 2006).

7. REFERÊNCIAS

- ANA. <http://www2.ana.gov.br/hidroweb/portais/hidroweb/dadoshidrologicos>. Acesso em 30 de setembro 2015.
- ANVISA. <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 20 outubro 2014.
- APHA - American Public Health Association; American Water Work Association – AWWA; Water Pollution Control Federation – WPCF. 2012. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22^a ed. New York, 1268p.
- APRILE, F.M.; Mera, P.A.S. Fitoplâncton e fitoperifíton de um rio de águas pretas da Amazônia periférica do norte, Brasil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*. v. 11. p. 1-14, 2007.
- APRILE, F.M.; Darwich, A.J., (2009). Regime térmico e a dinâmica do oxigênio em um lago meromítico de águas pretas da região amazônica. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 2009, 13(1):37-43.2009, 13(1):37-43.
- AZEVEDO, R. P. Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da Amazônia central. *Acta Amazônica*, v. 36, n. 3, 2006.
- BAIRD, C. 2002. *Química Ambiental*. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 622p.
- BITTENCOURT, M. M.; AMADIO, S. A. 2007. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. *Acta Amazônica*. 37(2). 303 – 308p.
- BECKER, B.K. Geopolítica da Amazônia. *Estudos Avançados*, São Paulo, V.19, N.53, P.71-86, 2005.
- BRITO (2014) Seasonal and spatial variations in limnological conditions of a floodplain lake (Lake Catalão) connected to both the Solimões and Negro Rivers, Central Amazonia. *Act Amaz* 44: 121-134. doi:10.1590/S0044-59672014000100012
- CAMPOS, Z.E.S. 1994. *Parâmetros físico-químicos em igarapé de água clara e preta ao longo da rodovia BR-174 entre Manaus e Presidente Figueiredo - AM*. INPA; Dissertação de Mestrado, pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais. 90p.
- CETESB, Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo, 2009.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) Relatório de qualidade das águas litorâneas do estado de São Paulo: balneabilidade das praias 2003. São Paulo: CETESB, 2004. 226p.

CETESB, Controle e garantia da qualidade nas análises microbiológicas de águas para consumo humano: procedimentos e critérios. São Paulo, CETESB 2007, 95p

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."- Data da legislação: 17/03/2005 - *Publicação DOU*: 18/03/2005.

CUNHA, H.B. & PASCOALOTO, D. 2006. *Hidroquímica dos rios da Amazônia*. Manaus: Governo de Estado do Amazonas, Secretaria do Estado da Cultura, Centro Cultural dos Povos da Amazônia. Série Pesquisas, 127p.

DIEGUES, A. C. (Org.) 2002. Povos e águas: inventário de áreas úmidas. 2. ed. São Paulo: NUPAUB-USP, 597pp.

DUPRE, B.; Gaillardet, J.; Rousseau, D.; Allegre, J. 1996. Major and trace elements of river-borne material: The Congo Basin. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60:1301-1321.

ESTEVEZ, A.F. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro. Ed. Interciência, p.602, **1998**.

FILIZOLA, N.; Seyler, F.; Mourão, M. H.; Arruda, W.; Spínola, N.; Guyot, J. L. 2009. Study of the variability in suspended sediment discharge at Manacapuru, Amazon river, Brazil. *Lat A J Sediment B Anal* 16:93–99, <http://www.scielo.org.ar/scielo.php>.

FILIZOLA, N.; Guyot, J.L. 2009. Suspended sediment yields in the Amazon basin: an assessment using the Brazilian national data set. *Hydrological Processes*. 23, 3207 - 3215

FILIZOLA, N.; Guyot, J.L. 2011. Fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Amazônia: *Revista Brasileira de Geociências*, volume 41 (40), 566-576.

FORTI, M.C.; Melfi, A.J.; AMORIM, P.R.N. 1997. Hidroquímica das águas de drenagem de uma pequena bacia hidrográfica no nordeste da Amazônia (Estado do Amapá, Brasil): efeitos da sazonalidade. *Geochimica Brasiliensis*, 11:325-340.

FRANZINELLI, E.; Potter, P.E. 1989. Areias recentes dos rios da Bacia Amazônica: Composições Petrográfica, Textural e Química. *Revista Brasileira de Geociências*, 15: 213 – 220.

FRAXE, T. J. P.; PEREIRA, H. S.; WITKOSKI, A. C. 2007. Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais. Manaus, Brazil, 61 p.

FREIRE, J. R. B., (1991) *A Amazônia colonial (1616-1798)*. Editora Metro Cúbico, Manaus

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. 2014. Saneamento domiciliar, Manual de Instruções de uso das melhorias sanitárias domiciliares, 12.

FURCH, K. Seasonal variation of the major cation content of the varzea-lake lago Camaleão, middle Amazon, Brazil, in 1981 and 1982. *Verhandlung Internationale Vereinigung Limnologie*, v. 22, p. 1288-1293, 1984.

GAILLARDET, J.; Dupré, B.; Allègre, C.; Négrel, P. 1997. Chemical and Physical Denudation in the Amazon River Basin. *Chemical Geology*, 142: 141-173.

GIATTI, L. L.; Cutolo, S. A., 2012. Acesso À Água Para Consumo Humano E Aspectos De Saúde Pública Na Amazônia Legal. *Ambiente & Sociedade*, 15(1), 93–109.

GEUS, 2004. Grundvandsovervagning 1998 e 2003. Geological Survey of Denmark and Greenland Ministry of Environment, Copenhagen, Denmark (In Danish with English Summary).

HARDALO C.; Edberg SC 1997. *Pseudomonas aeruginosa*: Assessment of risk from drinking water. *Critical Reviews in Microbiology*, 23(1): 47-75.

HORBE, A.M.C.; Gomes, I.L.F.; Miranda, S.A.F.; Silva, M.S.R. 2005. Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus – Amazonas. *Acta Amazônica*, 35:119-124.

HORBE, A.M.C.; Paiva, M.R.P.; Motta, M.B.; Horbe, M.A. 2007. Mineralogia e geoquímica dos perfis sobre sedimentos neógenos e quaternários da bacia do Solimões na região de Coari – Amazonas. *Acta Amazônica*, 37: 81-90.

JUNK, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E., (1989). O conceito pulso de inundação em sistemas de rio-planície de inundação. *Proceedings of the Large International Rio Simpósio. Publicação Especial canadense da pesca e Aquático Ciências* 106 , 110-127.

JUNK, W. J. Áreas inundáveis – Um desafio para Limnologia. *Acta Amazonica*. v. 10. p. 775-795, 1980.

KRUSCHE, A. V.; Ballester, M. V. R.; Victoria, R. L.; Bernardes, M. C.; Leite, N. K.; Hanada, L.; Victoria, D. C.; Toledo, A. M.; Ometto, J. P.; Moreira, M. Z.; Gomes, B. M.; Bolson, M. A.; Neto, S. G.; Bonelli, N.; Deegan, L.; Neil, C.; Thomas, S.; Aufdenkampe, A. K.; Richey, J. E. Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água da bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia. *Acta Amazonica*. v. 35. p. 197-205, 2005.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes – Parte II. *Panorama da aquicultura*. v. 8 (46). p.35-41, 1998.

LIMA, H.N.; Teixeira, W.G. & Souza, K.W. Os solos da paisagem da várzea com ênfase no trecho entre Coari e Manaus. In: Fraxe, T.J.P.; Pereira, H.S. & Witkoski, A.C., orgs. Comunidades ribeirinhas amazônicas: Modos de vida e uso dos recursos naturais. Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2007. p.35-52.

MAIER, M.H. 1987. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55' – 48°55'W; 22°30' – 21°55'S – Brasil): qualidade da água do rio principal. *Ciência e Cultura*, 39(2): 164-185.

MELO, E. G. F.; Silva, M. S. R.; Miranda, S. A. F. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus-Amazonas. *Caminhos de geografia*, v.5, p.40-47, **2005**.

MENA, K. D.; Gerba CP. 2009. Risk assessment of *Pseudomonas aeruginosa* in water. *Rev. Environm.Contam. Toxicol.* 201: 71-107.

NOGUEIRA, A.C.R.; Arai, M.; Horbe, A.M.C.; Horbe, M.A.; Silveira, R.R.; Silva, J.S.; Motta, M.B. 2003. A Influência Marinha nos Depósitos da Formação Solimões na Região de Coari (Amazonas): Registro da Transgressão Miocênica na Amazônia Ocidental. *VIII Simpósio de Geologia da Amazônia*, sessão temática: Sedimentologia e Estratigrafia, CR-ROM.

OLIVEIRA, T.C.S., Rodrigues, B.F., e Carneiro, E.F., 2008. Qualidade de Vida de Ribeirinhos na Amazônia em Função do Consumo de Água. IV Encontro Nacional da ANPAS. Brasília.

OLIVEIRA, T.C.S., Silva, L.M., e Vieira, D.O., 2011. A importância da água. Reggo Edições, 20 p. ISBN 978-85-63651-14-3.

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*, vol. 39(4) 2009: 943 – 952.

PÁDUA, V. L. DE; Ferreira, A. C. DA S. Qualidade da água para consumo humano. In: Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: UFMG, 2006. p. 153-221.

PANTOJA, N. G. P., Castro, L. M., Rocha, S. D., Silva, J. A., Ribeiro, J. S. P., Donald, A. R., Silva, L. M., Oliveira, T. C. S., 2015. Quality of the Solimões River water for domestic use by the riverine community situated in Manacapuru-Amazonas-Brazil. DOI 10.1007/s11356-015-5025-2

PICCOLO, A.; Stevenson, F. J. Infrared spectra of Cu²⁺, Pb²⁺ and Ca²⁺ complexes of soil humic substances. *Geoderma*. v. 27, 3, p. 195-208, 1982.

POITRASSON, F.; Vieira, L.C.; Seyler, P.; Pinheiro, G. M. S.; Mulholland, D.S.; Bonnet, M. P.; Martinez, J. M.; Lima, B. A.; Boaventura, G. R.; Chmeleff, J.; Dantas, E. L.; Guyot, J. L.; Mancini, L.; Pimentel, M.M.; Santos, R. V.; Sondag,

F.; Vauchel, P. 2014. Iron isotope composition of the bulk waters and sediments from the Amazon River Basin, *Chemical Geology* 377.

PORTARIA nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

RAMALHO, E. E.; Macedo, J. (2009) Ciclo hidrológico nos ambientes de várzea da reserva de desenvolvimento sustentável Mamirauá – médio rio Solimões , período de 1990 a 2008. *Uak* 5:61-87. doi.org/10.4322/actalb.2011.023

ROSA, C. A.; Rezende, M. A; Barbosa, F. A. R; Morais, P. B; Franzot, S. P. Yeast diversity in a mesotrophic lake on the karstic plateau of Lagoa Santa, MG-Brazil. *Hydrobiologia*, v.308, p.103-108, 1995.

RIOS-VILLAMIZAR, E.A.; Martins, A.F.; Waichman, A. V. Caracterização físico-químicas das águas e desmatamento na Bacia do rio Purus, Amazônia Brasileira Ocidental. *Geogra. Acadêmica*, 2011. v.5, n.2.

ROCHA, P. R. R.; Silva, H. C.; Oliveira, M. C. *et al*, 2009. Determinação de íons metálicos em água de superfície do rio Solimões-AM.

SANTOS, U. M.; Ribeiro, M. N. G. 1988. A Hidroquímica do rio Solimões – Amazonas. *Acta Amazônica*, 18 (3-4): 145 – 172.

SÁNCHEZ, L. S. H.; Horbe, A. M. C.; Moquet, J. S.; Sondag, F.; Guyot, J.L.; 2015. Variação espaço-temporal do material inorgânico dissolvido na bacia Amazônica. *VOL. 45(2) 2015: 175 – 186.*

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

SHANCHEZ-BOTERO, J. I.; Farias, M. L.; Piedade, M. T.; Garcez, D. S. Ictiofauna 97 associada às macrófitas aquáticas *Eichhornia azuzerea* (SW.) Kunth. E *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. no lago Camaleão, Amazônia central, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. v.25(2). p. 369-375, 2003.

SHILLER, A.M. 1997. Dissolved trace elements in the Mississippi River: Seasonal, interannual, and decadal variability. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61:4321-4330.

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

SILVA, L. M., 2012. Estudo da correlação entre o oxigênio dissolvido e a matéria orgânica em diferentes ambientes aquáticos da Região Amazônica. Dissertação (Mestrado em Química. Área de concentração: Química analítica). Universidade Federal do Amazonas.

SILVA, D.F. da; Terra, J.H.; Silva, N. da; Junqueira, V.C.A. Ocorrência de esporos de *Clostridium perfringens* em amostras de águas brutas e tratadas, na cidade de Campinas, São Paulo, Brasil. *Rev. Hig. Alim.* São Paulo, v.20, n. 144, p.106-109, 2006.

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

SIOLI, H. 1951. Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica. Ipe, Belém.

SIOLI, H. 1984. The Amazon and its mains affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. IN: *The Amazon: Limnology and Landscape ecology of a Mighty tropical River and its Basin*, H Sioli, ed. Dordrecht: W. Junk, Cap.05. p. 127-165.

STRUGER, J., Thompson, D., Statznik, B., Martin, P., McDaniel, T., Martin, C., 2008. Occurrence of glyphosate in surface water of Southern Ontario. *Bull. Env. Cont. Tox.* 80 (4), 378 e 384.

TAVARES, A.R. 2005. *Monitoramento da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul e diagnóstico de conservação*. Dissertação de Mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica-ITA, São José dos Campos, São Paulo. 176pp.

TUNDISI, J. G.; Forsberg, B. R.; Devol, A. H.; Zaret, T. M.; Tundisi, T. M.; Santos, A.; ribeiro, J. S.; hardy, E. R. Mixing patterns in amazon lakes. *Hidrobiologia*. v. 108. p. 3-15, 1984.

VAL, A. L.; Almeida-VAL, V. M. F.; Feamside, P. M. *et al.* 2010. Amazônia: Recursos hídricos e sustentabilidade. pp. 95-109. In: Bicudo, C.E.M., Tundisi, J.G. & Scheuenstuhl, M.C.B. (eds.) *Águas do Brasil: Análises Estratégicas*. Instituto de Botânica, São Paulo. 222 pp.

VIEIRA, R. S. 1992. *Varzea Amazonicas e a legislação ambiental brasileira*. IBAMA/INPA/Marx-Planck/UA. Manaus, 39 p.

VIERS, J.; Dupré, B.; Polvé, M.; Schott, J.; Dandurand, J-L.; Braun, J-J. 1997. Chemical weathering in the drainage basin of the tropical watershed (Nsimi-Zoetele site, Cameroon): comparison between organic-poor and organic-rich waters. *Chemical Geology*, 140:181-206.

WHO (World Health Organization), 2011. *Guidelines for drinking-water quality - 4th ed.* 1.Potable water - standards. 2.Water - standards. 3.Water quality - standards. 374p.

WILBERS, GJ, Becker M, Nga LT, Sebesvari Z, Renaud FG (2014) Spatial and temporal variability of surface water pollution in the Mekong Delta, Vietnam. *Sci T Env* 485: 653-665. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.03.049

WISSMAR, R. C.; Richey, J. E.; Stallard, R. F.; Edmond, J. M. Metabolismo do

plâncton e ciclo do carbono no rio Amazonas, seus tributários e águas de várzea, Peru-Brasil, maio-junho. v. 10. p. 823-834, 1980.

ROSA, C. A.; Resende, M. A.; Franzot, S. P.; Morais, P. B.; Barbosa, F. A. R. Distribuição de leveduras e coliformes em um lago do Karst do planalto de Lagoa Santa, MG-Brazil. *Rev. Microbiol.*, v.21, p.19-24, 1990.

Tabela 13. Médias e desvio padrão para os parâmetros físicos e químicos das margens e centro dos rios Solimões e Amazonas.

Parâmetro	Temp.	pH	C.E.	Cor	Turbidez	OD	HCO ₃ ⁻	STS	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Al ³⁺	Ca ²⁺	Fe _{Total}	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Si ⁺
Unidade	°C	-	µS cm ⁻¹	mg Pt L ⁻¹	NTU							mg L ⁻¹						
CONAMA 357	-	6 a 9	-	75	100	5	-	-	250	10	250	0,2	-	0,3	-	-	-	-
MRS1.C	28,40	6,61	62,80	32,60	88,08	1,33	9,50	32,50	1,26	0,25	1,91	0,03	7,32	0,20	0,97	1,06	2,01	3,80
MRS2.C	28,00	6,51	60,00	33,90	83,38	1,27	29,31	27,50	1,22	1,09	1,84	0,03	7,31	0,26	1,01	1,03	2,01	3,84
MRS3.C	28,40	6,60	58,14	32,00	80,06	1,58	28,88	27,50	1,14	7,12	1,74	0,02	6,89	0,14	0,97	0,99	1,89	3,94
MMS1.C	28,40	6,57	51,14	34,00	71,44	1,11	26,70	11,50	0,95	0,31	1,44	0,02	5,85	0,13	0,91	0,93	1,60	3,59
MMS2.C	28,60	6,41	50,40	34,80	80,42	1,05	25,43	20,00	0,91	1,72	1,38	0,03	5,57	0,23	0,91	0,86	1,63	3,55
MMS3.C	28,50	6,56	50,28	33,90	82,24	1,10	27,37	33,50	0,94	0,21	1,43	0,02	5,85	0,15	0,94	0,90	1,61	3,60
Média	28,38	6,54	55,46	33,53	80,94	1,24	24,53	25,42	1,07	1,78	1,62	0,02	6,47	0,18	0,95	0,96	1,79	3,72
DesvPad	0,20	0,07	5,53	1,03	5,48	0,20	7,50	8,33	0,15	2,68	0,23	0,00	0,80	0,05	0,04	0,08	0,20	0,16
MRS1.V	29,50	6,64	58,80	15,00	8,97	5,49	25,43	37,50	1,35	20,86	2,14	0,19	6,15	0,16	0,64	0,60	1,02	3,62
MRS2.V	29,70	6,58	56,70	34,10	14,83	3,95	25,16	45,50	1,26	2,11	1,89	0,02	5,76	0,15	0,62	0,57	0,91	3,56
MRS3.V	29,50	6,55	55,46	14,40	3,00	3,75	24,78	42,50	0,82	0,41	0,93	0,04	8,14	0,25	1,13	0,00	1,81	5,26
MMS1.V	29,50	6,57	54,74	24,40	6,49	4,28	24,40	54,50	1,17	0,69	1,66	0,02	0,00	0,02	1,10	1,15	1,64	5,23
MMS2.V	29,80	6,56	54,82	27,00	16,63	3,51	24,53	45,00	1,12	1,28	1,63	0,02	7,69	0,34	1,06	1,12	1,72	5,06
MMS3.V	29,90	6,58	54,70	13,30	15,30	3,46	24,38	56,00	1,27	1,09	1,84	0,02	7,83	0,23	1,12	1,14	1,73	5,25
Média	29,65	6,58	55,87	21,37	10,87	4,08	24,78	46,83	1,16	4,41	1,68	0,05	5,93	0,19	0,95	0,76	1,47	4,66
DesvPad	0,18	0,03	1,62	8,45	5,54	0,76	0,43	7,13	0,19	8,08	0,41	0,07	3,06	0,11	0,25	0,46	0,40	0,84
MRS1.IE	27,60	6,75	74,70	28,20	79,27	5,20	34,91	253,20	1,27	0,45	2,09	0,08	10,02	0,20	1,32	1,97	3,67	4,42
MRS2.IE	27,60	6,65	72,40	22,53	83,13	5,44	33,50	296,00	1,44	0,55	2,38	0,03	4,49	0,14	0,67	0,87	1,56	2,64
MRS3.IE	27,60	6,54	71,20	21,30	91,30	5,42	32,72	293,20	1,32	0,58	2,43	0,07	4,42	0,39	0,70	0,75	1,36	2,87
MMS1.IE	27,70	6,72	70,14	29,17	91,67	5,40	32,10	297,20	1,19	0,53	2,04	0,05	4,38	0,17	0,61	0,73	1,38	2,29
MMS2.IE	27,70	6,79	70,30	24,70	85,27	5,18	32,09	303,20	0,97	0,51	1,82	0,03	4,43	0,18	0,70	0,75	1,27	3,02
MMS3.IE	28,10	6,54	70,60	20,93	57,30	5,45	32,09	301,20	0,74	0,10	0,56	0,04	5,45	0,27	0,87	0,93	1,59	3,83
Média	27,72	6,66	71,56	24,47	81,32	5,35	32,90	290,67	1,16	0,45	1,88	0,05	5,53	0,23	0,81	1,00	1,80	3,18
DesvPad	0,19	0,11	1,74	3,53	12,70	0,12	1,13	18,70	0,25	0,18	0,69	0,02	2,24	0,09	0,26	0,48	0,92	0,80
MRS1.E	28,10	6,59	65,72	24,10	76,28	2,20	30,62	62,00	1,27	16,75	1,76	0,08	5,02	0,20	1,32	1,97	3,67	4,42
MRS2.E	28,10	6,54	63,28	24,73	62,78	2,22	24,52	52,00	0,35	0,34	0,53	0,03	4,49	0,14	0,67	0,87	1,56	2,64
MRS3.E	28,00	6,51	58,78	25,17	60,70	2,34	27,16	74,40	1,02	0,95	1,53	0,07	4,42	0,39	0,70	0,75	1,36	2,87
MMS1.E	28,10	6,55	53,00	25,87	65,74	2,18	23,67	62,80	1,87	6,62	1,48	0,05	4,38	0,17	0,61	0,73	1,38	2,29
MMS2.E	28,10	6,54	53,20	27,43	71,30	2,16	24,11	64,00	0,98	0,79	1,40	0,03	4,43	0,18	0,70	0,75	1,27	3,02
MMS3.E	28,20	6,39	53,26	26,17	60,38	2,24	22,61	76,40	0,82	0,80	1,10	0,04	5,45	0,27	0,87	0,93	1,59	3,83
Média	28,10	6,52	57,87	25,58	66,20	2,22	25,45	65,27	1,05	4,38	1,30	0,05	4,70	0,23	0,81	1,00	1,80	3,18
DesvPad	0,06	0,07	5,63	1,18	6,38	0,06	2,95	8,96	0,50	6,51	0,43	0,02	0,44	0,09	0,26	0,48	0,92	0,80
IRA1.C	28,70	6,50	50,90	29,40	8,41	1,96	25,62	29,50	1,07	7,20	1,52	0,09	6,68	0,33	0,93	1,02	3,12	3,98
IRA2.C	28,60	6,42	47,88	34,50	6,22	2,00	24,43	25,00	1,08	4,80	1,44	0,10	6,39	0,35	0,95	0,97	2,14	3,88
IRA3.C	28,70	6,36	47,84	35,00	9,36	2,31	24,16	28,00	1,01	0,32	1,38	0,08	6,13	0,26	0,90	0,95	2,01	3,75
IMA1.C	29,10	6,26	30,92	43,80	4,43	1,98	14,44	17,00	1,04	1,16	0,97	0,11	3,76	0,27	0,74	0,61	1,53	2,96
IMA2.C	28,90	6,11	29,96	49,40	12,32	2,15	13,67	35,50	1,06	1,48	0,91	0,10	3,75	0,26	0,64	0,61	1,28	2,79
IMA3.C	29,10	6,18	30,94	46,70	8,66	2,40	13,87	32,00	0,97	0,78	0,97	0,12	3,61	0,25	0,55	0,49	1,17	2,41
Média	28,85	6,31	39,74	39,80	8,23	2,13	19,37	27,83	1,04	2,62	1,20	0,10	5,05	0,29	0,78	0,78	1,88	3,29
DesvPad	0,22	0,15	10,07	7,94	2,71	0,19	5,91	6,39	0,04	2,75	0,28	0,01	1,49	0,04	0,17	0,23	0,72	0,66
IRA1.V	29,80	6,40	38,94	49,80	24,93	4,27	16,56	27,50	1,12	0,69	1,31	0,13	5,47	0,32	1,05	0,71	1,08	3,66
IRA2.V	29,80	6,33	47,86	42,80	28,77	4,82	20,62	29,00	1,17	1,56	1,63	0,12	6,74	0,34	1,07	0,86	1,25	4,19
IRA3.V	29,80	6,27	41,54	49,70	29,03	4,33	17,33	33,50	1,06	0,68	1,38	0,11	6,40	0,37	1,03	0,77	1,09	3,92
IMA1.V	30,10	6,08	26,41	58,10	18,50	4,16	9,46	18,00	0,73	2,00	0,93	0,11	3,70	0,23	0,82	0,35	1,46	3,32
IMA2.V	29,90	6,04	26,40	39,70	9,02	4,34	9,65	22,50	0,77	22,37	0,94	0,12	4,01	0,35	0,88	0,34	3,44	3,44
IMA3.V	30,10	6,06	26,50	57,00	22,80	4,37	9,86	46,00	0,75	0,51	0,97	0,06	3,00	0,20	0,54	0,24	1,00	2,21
Média	29,92	6,19	34,61	49,52	22,18	4,38	13,91	29,42	0,93	4,63	1,19	0,11	4,89	0,30	0,90	0,54	1,55	3,46
DesvPad	0,15	0,16	9,41	7,37	7,55	0,23	4,86	9,73	0,21	8,71	0,29	0,03	1,54	0,07	0,20	0,26	0,94	0,69
IRA1.IE	27,90	6,78	71,88	77,17	105,77	5,76	34,38	190,80	1,62	2,64	2,89	0,12	5,61	0,21	0,87	0,85	1,45	2,73
IRA2.IE	27,90	6,71	71,82	110,73	97,80	5,74	32,97	183,20	0,63	2,79	1,05	0,05	4,45	0,15	0,59	0,71	1,09	2,31
IRA3.IE	27,90	6,72	71,72	88,80	107,20	5,78	33,31	178,00	1,50	0,00	1,96	0,04	5,35	0,11	0,64	0,77	1,24	2,62
IMA1.IE	28,20	6,65	66,10	88,60	105,67	5,96	29,64	174,80	1,51	1,89	1,96	0,06	5,21	0,16	0,63	0,75	1,26	2,72
IMA2.IE	28,20	7,08	66,10	92,20	113,00	5,89	29,94	181,20	1,89	2,01	1,50	0,07	4,66	0,15	0,57	0,71	1,13	2,51
IMA3.IE	28,00	6,98	66,30	85,43	108,33	5,62	29,72	187,20	2,01	1,42	1,53	0,04	4,06	0,13	0,42	0,58	0,85	2,05
Média	28,02	6,82	68,99	90,49	106,29	5,79	31,66	182,53	1,53	1,79	1,82	0,06	4,89	0,15	0,62	0,73	1,17	2,49
DesvPad	0,15	0,17	3,09	11,16	4,96	0,12	2,13	5,88	0,49	1,01	0,63	0,03	0,60	0,03	0,14	0,09	0,20	0,27
IRA1.E	28,60	6,68	66,96	27,23	43,44	3,00	30,13	55,60	1,42	0,76	1,81	0,12	5,61	0,21	0,87	0,85	1,45	2,73
IRA2.E	28,40	6,68	69,74	25,63	42,28	2,94	32,07	50,40	1,49	1,88	1,83	0,05	4,45	0,15	0,59	0,71	1,09	2,31

ANEXO 2

Tabela 14. Teste Kruskal Wallis para os parâmetros de turbidez nos diferentes períodos sazonais.

Turbidez

P-valor	0,00021		
Comparações Múltiplas			
Fatores Comparados	Diferença Observada	Diferença Crítica	Diferença
C.C - C.E	8,33	10,77	Não
C.C - C.IE	6,00	10,77	Não
C.C - C.V	9,67	10,77	Não
C.E - C.IE	14,33	10,77	Sim
C.E - C.V	1,33	10,77	Não
C.IE - C.V	15,67	10,77	Sim
P-valor	0,00237		
Comparações Múltiplas			
Fatores Comparados	Diferença Observada	Diferença Crítica	Diferença
A.C - A.E	6,67	12,74	Não
A.C - A.IE	7,33	12,74	Não
A.C - A.V	4,00	12,74	Não
A.E - A.IE	0,67	9,01	Não
A.E - A.V	10,67	9,01	Sim
A.IE - A.V	11,33	9,01	Sim
P-valor	0,00065		
Comparações Múltiplas			
Fatores Comparados	Diferença Observada	Diferença Crítica	Diferença
M.C - M.E	7,00	10,77	Não
M.C - M.IE	0,50	10,77	Não
M.C - M.V	14,17	10,77	Sim
M.E - M.IE	7,50	10,77	Não
M.E - M.V	7,17	10,77	Não
M.IC - M.V	14,67	10,77	Sim
P-valor	9,814E-05		
Comparações Múltiplas			
Fatores Comparados	Diferença Observada	Diferença Crítica	Diferença
I.C - I.E	11,67	10,77	Sim
I.C - I.IE	17,67	10,77	Sim
I.C - I.V	5,33	10,77	Não
I.E - I.IE	6,00	10,77	Não
I.E - I.V	6,33	10,77	Não
I.IE - I.V	12,33	10,77	Sim

Tabela 15. Teste Kruskal Wallis para os parâmetros de cor nos diferentes períodos sazonais.

Cor

P-valor 0,00397

Comparações Múltiplas			
Fatores Comparados	Diferença Observada	Diferença Crítica	Diferença
C.C - C.E	14,00	10,77	Sim
C.C - C.IE	2,67	10,77	Não
C.C - C.V	4,67	10,77	Não
C.E - C.IE	11,33	10,77	Sim
C.E - C.V	9,33	10,77	Não
C.IE - C.V	2,00	10,77	Não

P-valor 7,865E-05

Comparações Múltiplas			
Fatores Comparados	Diferença Observada	Diferença Crítica	Diferença
A.C - A.E	6,00	10,77	Não
A.C - A.IE	6,00	10,77	Não
A.C - A.V	12,00	10,77	Sim
A.E - A.IE	12,00	10,77	Sim
A.E - A.V	6,00	10,77	Não
A.IE - A.V	18,00	10,77	Sim

P-valor 0,51489

Comparações Múltiplas			
Fatores Comparados	Diferença Observada	Diferença Crítica	Diferença
M.C - M.E	3,83	10,77	Não
M.C - M.IE	0,33	10,77	Não
M.C - M.V	2,17	10,77	Não
M.E - M.IE	4,17	10,77	Não
M.E - M.V	6,00	10,77	Não
M.IE - M.V	1,83	10,77	Não

P-valor 0,00023

Comparações Múltiplas			
Fatores Comparados	Diferença Observada	Diferença Crítica	Diferença
I.C - I.E	6,00	10,77	Não
I.C - I.IE	11,33	10,77	Sim
I.C - I.V	4,67	10,77	Não
I.E - I.IE	17,33	10,77	Sim
I.E - I.V	10,67	10,77	Não
I.IE - I.V	6,67	10,77	Não

Tabela 16. Teste Kruskal Wallis para os parâmetros de STS nos diferentes períodos sazonais.

STS

P-valor 0,00038

Comparações Múltiplas			
Fatores Comparados	Diferença Observada	Diferença Crítica	Diferença
C.C - C.E	9,42	10,77	Não
C.C - C.IE	16,58	10,77	Sim
C.C - C.V	4,33	10,77	Não
C.E - C.IE	7,17	10,77	Não
C.E - C.V	5,08	10,77	Não
C.IE - C.V	12,25	10,77	Sim

P-valor 7,690E-05

Comparações Múltiplas			
Fatores Comparados	Diferença Observada	Diferença Crítica	Diferença
A.C - A.E	6,00	10,77	Não
A.C - A.IE	12,00	10,77	Sim
A.C - A.V	6,00	10,77	Não
A.E - A.IE	6,00	10,77	Não
A.E - A.V	12,00	10,77	Sim
A.IE - A.V	18,00	10,77	Sim

P-valor 0,00025

Comparações Múltiplas			
Fatores Comparados	Diferença Observada	Diferença Crítica	Diferença
M.C - M.E	9,92	10,77	Não
M.C - M.IE	17,58	10,77	Sim
M.C - M.V	6,83	10,77	Não
M.E - M.IE	7,67	10,77	Não
M.E - M.V	3,08	10,77	Não
M.IE - M.V	10,75	10,77	Não

P-valor 0,000221

Comparações Múltiplas			
Fatores Comparados	Diferença Observada	Diferença Crítica	Diferença
I.C - I.E	9,17	10,77	Não
I.C - I.IE	15,17	10,77	Sim
I.C - I.V	0,33	10,77	Não
I.E - I.IE	6,00	10,77	Não
I.E - I.V	8,83	10,77	Não
I.IE - I.V	14,83	10,77	Sim

ANEXO 3

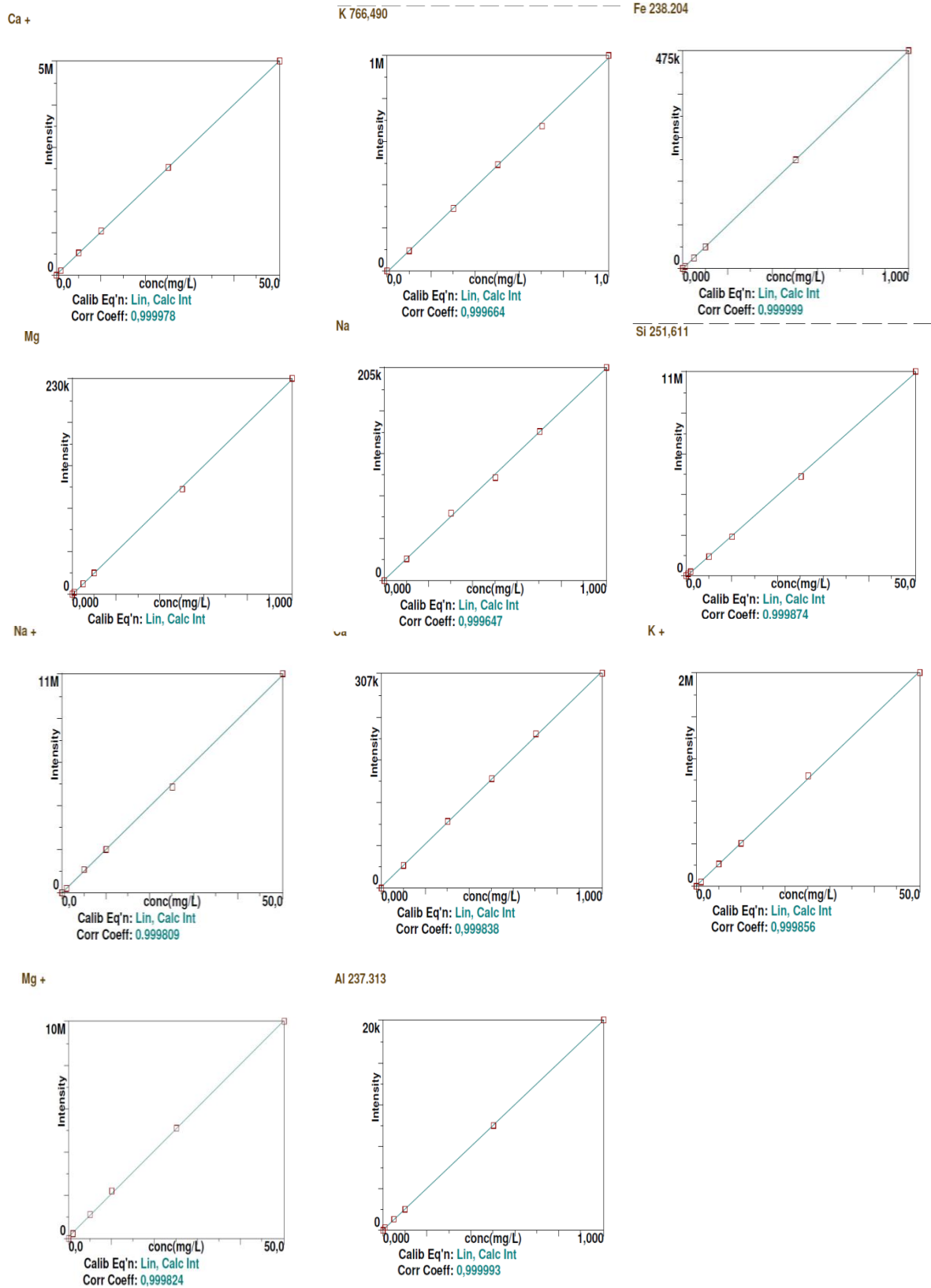


Figura 32. Uma das curvas analíticas que fez parte da análise de metais analisados no ICP-OES 8000.

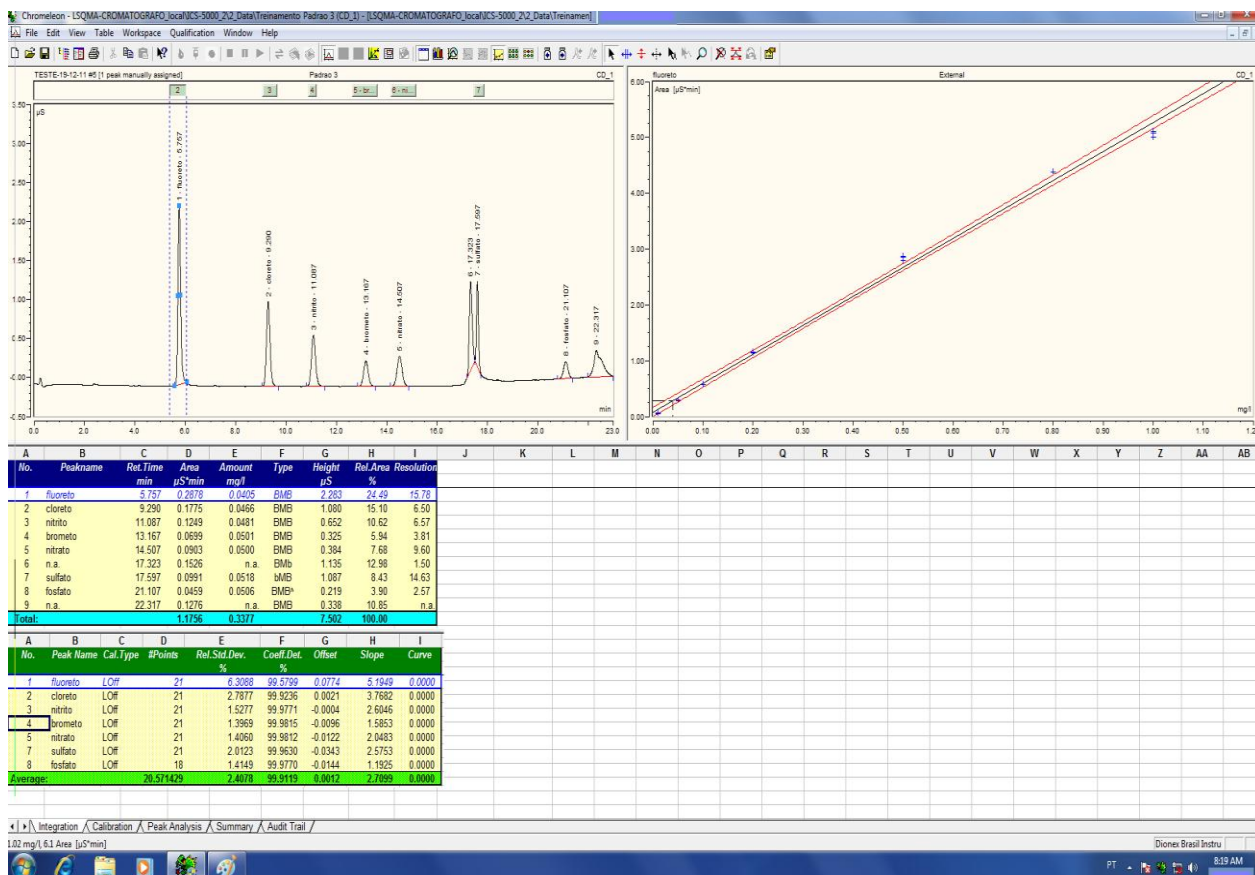


Figura 33. Cromatograma que fez parte da elaboração de uma das curvas analíticas (parte de cima). Espectro com os íons (parte de baixo da figura) analisados no ICS 5000.

ANEXO 4

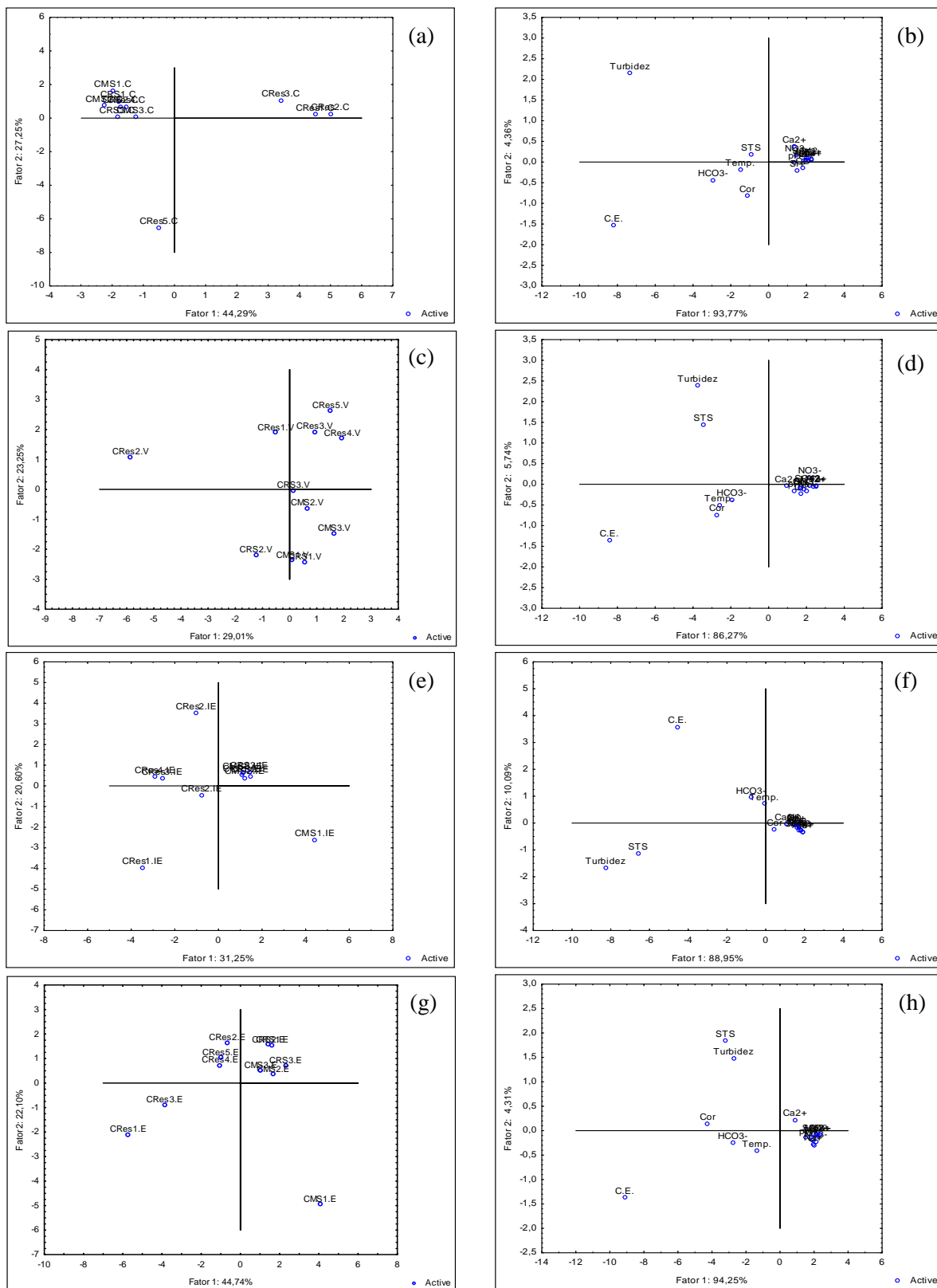


Figura 34. Teste de PCA para os dados do Rio Solimões e residências da comunidade de São José do Mato Grosso – Coari entre as fases hidrológicas: Cheia (a, b); Vazante (c, d); Início da Enchente (e, f) e Enchente (g, h).

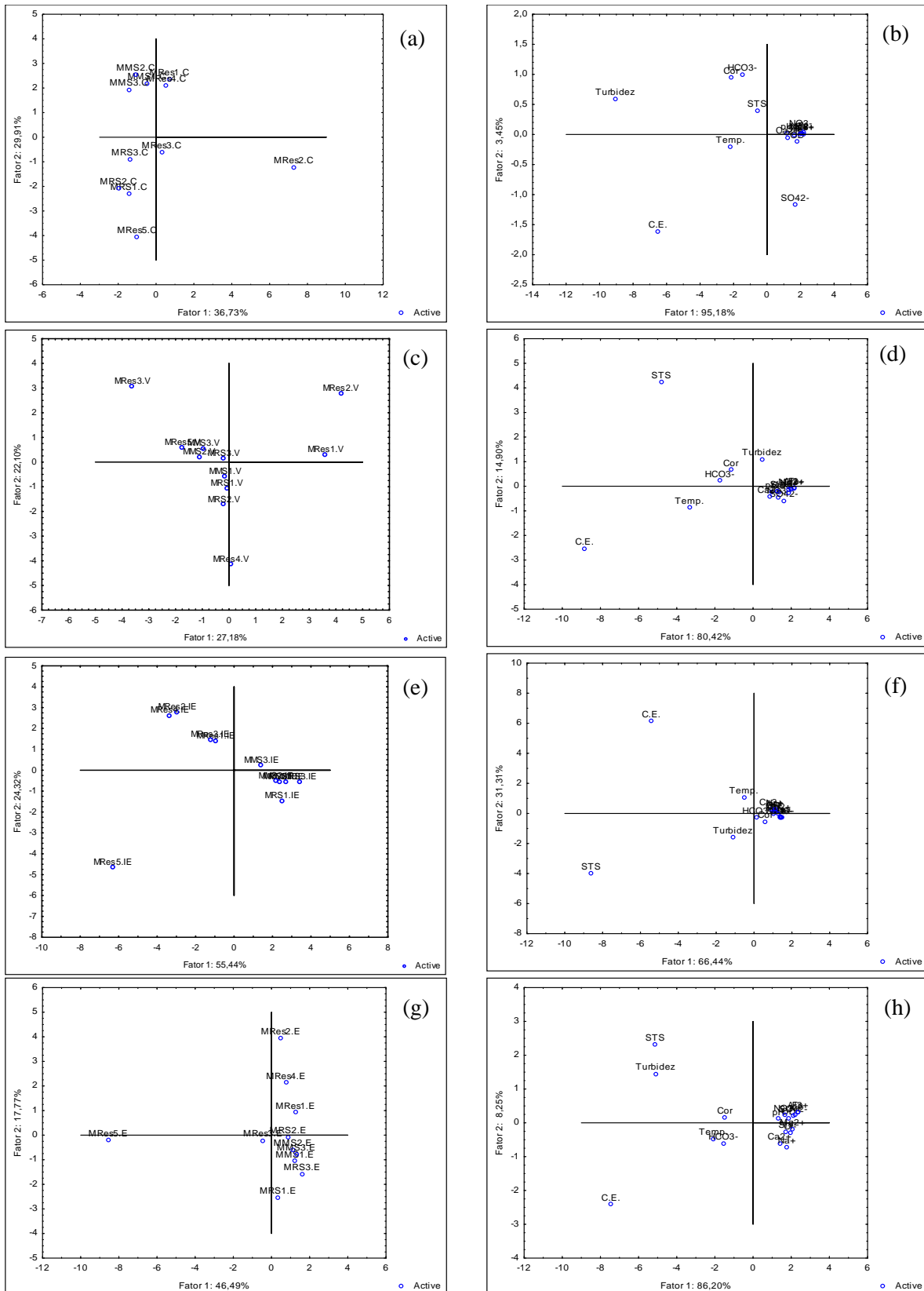


Figura 36. Teste de PCA para os dados do Rio Solimões e residências da comunidade da Costa do Pesqueiro – Manacapuru entre as fases hidrológicas: Cheia (a, b); Vazante (c, d); Início da Enchente (e, f) e Enchente (g, h).

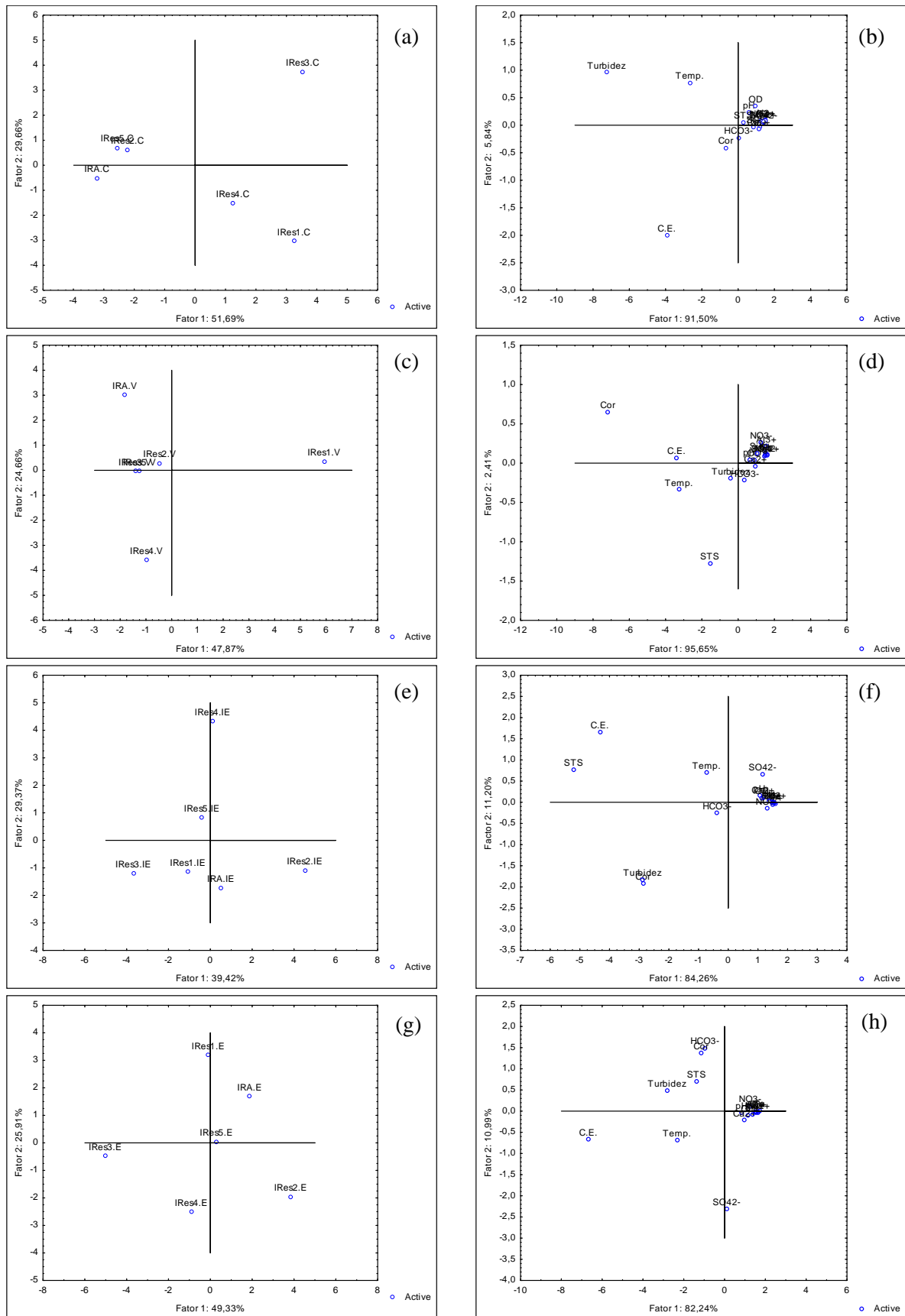


Figura 37. Teste de PCA para os dados do Rio Amazonas e residências da comunidade de Iracema – Itacoatiara entre as fases hidrológicas: Cheia (a, b); Vazante (c, d); Início da Enchente (e, f) e Enchente (g, h).