



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
EMBRAPA – UFPA - MPEG**

LUCIANA GONÇALVES CREÃO DE MENEZES

**QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DAS
MICROBACIAS DO CUMARU E SÃO JOÃO, NORDESTE PARAENSE**

**BELÉM-PA
2018**

LUCIANA GONÇALVES CREÃO DE MENEZES

**QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DAS
MICROBACIAS DOS IGARAPÉS CUMARU E SÃO JOÃO, NORDESTE PARAENSE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi e Embrapa Amazônia Oriental, para obtenção do grau de Doutor (a) em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia.

Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais

Orientador (a): Dra. Aline Maria Meiguins de Lima

Coorientador (es): Dr. Ricardo de Oliveira Figueiredo
Dra. Juliana Feitosa Felizzola

**BELÉM-PA
2018**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

M541q Menezes, Luciana Gonçalves Creão de.
Qualidade das águas superficiais e subterrâneas das microbacias
do cumaru e são João, nordeste paraense / Luciana Gonçalves
Creão de Menezes. — 2021.
195f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Aline Maria Meiguins de Lima
Coorientador(a): Prof. Dr. Ricardo de Oliveira Figueiredo
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de
Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais,
Belém, 2018.

1. Monitoramento ambiental. 2. Poluição ambiental. 3.
Recursos hídricos. I. Título.

CDD 551.48098115

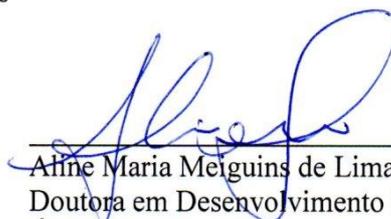
LUCIANA GONÇALVES CREÃO DE MENEZES

**QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DAS
MICROBACIAS DO CUMARU E SÃO JOÃO, NORDESTE PARAENSE**

Tese apresentada para obtenção do grau de Doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA – Amazônia Oriental. Área de concentração em Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia.

Data de aprovação: 31 / 08 / 2018

Banca Examinadora:



Aline Maria Meiguins de Lima - Orientadora
Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico
Úmido
Universidade Federal do Pará



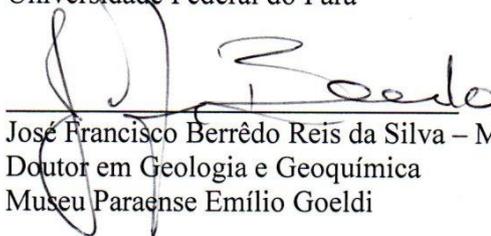
Osvaldo Ryohei Kato – Membro Externo
Doutor em Agricultura Tropical
Universidade Federal Rural da Amazônia



José Augusto Martins Corrêa – Membro Externo
Doutor em Geoquímica
Universidade Federal do Pará



Edson José Paulino da Rocha - Membro Interno
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará



José Francisco Berrêdo Reis da Silva – Membro Interno
Doutor em Geologia e Geoquímica
Museu Paraense Emílio Goeldi

À minha amada filha, Clara.

Que nasceu em meio a este estudo,
trazendo com ela um turbilhão de
emoções e desafios.

Que você tenha sempre coragem para
lutar pelo o que acredita, e que nunca
perca sua Fé!.

Te amo!

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, sobre todas as coisas. Está sempre comigo e nunca me deixa cair! Obrigada Senhor!;

À toda minha família, em especial à minha filhinha Clara e meu esposo Bruno por estarem sempre a meu lado, mesmo nos muitos momentos de ausência;

Aos meus queridos orientadores, Dra. Aline Maria Meiguins de Lima, Dr. Ricardo de Oliveira Figueiredo e Dra. Juliana Feitosa Felizzola por todo o conhecimento transmitido e companheirismo ao longo deste estudo;

À Embrapa Amazônia Oriental, através da Rede AgroHidro "Impactos do uso agrícola e das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos em diferentes ecorregiões brasileiras: diagnose e estratégias mitigadoras - AgroHidro", pela oportunidade de desenvolver este estudo;

Ao Setor de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas, na pessoa do Dr. Marcelo Lima, pela parceria nas análises de água;

À Universidade Federal do Pará pela oportunidade do estudo gratuito;

À Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas - FAPESPA, pela concessão da bolsa de estudos;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pelos conhecimentos transmitidos e apoio;

À incrível equipe de trabalho que me acompanhou do início ao fim desse estudo: Dra. Juliana, Reginaldo Frazão, Cléo Marcelo, Felipe Cruz, Thaís Luz, Yashmin Lisboa, sempre dispostos a realizar o trabalho com êxito, sob sol ou sob chuva, ao PIAL pela perfuração dos poços, aos estagiários do Instituto Federal do Pará, Felipe, Izabelle, Dayenne, Jhonny, Luiz, Jean, Helena e Liandra, que contribuíram muito com todo o apoio no laboratório, e aos motoristas da Embrapa Amazônia Oriental, senhores Malá e Bigode pelo grande apoio no campo. Obrigada meus amigos! Deus os abençoe sempre!;

Ao Projeto Tipitamba, na pessoa do Dr. Osvaldo Ryohei Kato, pela estrutura de apoio à nossa equipe em Igarapé Açu;

À FEIGA-UFRA, na pessoa do Dr. Cristian Faturi, pela estrutura de apoio à nossa equipe em Igarapé Açu;

À Biblioteca do Instituto de Geociências "Geólogo Raimundo M. G. de Montalvão", na pessoa da bibliotecária Sra. Lucia Imbiriba, pela apoio nas adequações às normas deste estudo;

Aos queridos colegas de turma pelos momentos de apoio mútuo e descontração;

Aos membros da banca de qualificação/defesa, Dr. Edson José Paulino da Rocha, Dr. José Francisco Berredo Reis da Silva, Dr. José Augusto Martins Corrêa e Dr. Osvaldo Ryohei Kato, pelas sugestões construtivas;

À todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste estudo.

Muito obrigada!

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo caracterizar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas das microbacias dos igarapés Cumaru e São João, através de parâmetros físico-químicos e biológicos mais importantes, relacionando os resultados com o uso e ocupação do solo na região. Para o monitoramento das águas, foram selecionados 6 sistemas de uso do solo semelhantes para as duas microbacias, sendo Capoeira, Sistema Agroflorestal (SAF), área de plantio preparada com derruba e queima, área de plantio preparada com corte e trituração, Pastagem e Vegetação Ripária. Nestes, foram estabelecidas três estações de coleta de água superficial na microbacia do igarapé Cumaru e quatro estações na microbacia do igarapé São João, assim como, foram perfurados trinta (30) poços de observação (piezômetros). As variáveis analisadas foram: Precipitação, temperatura, vazão, pH, CE, turbidez, OD, Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , COD, CID, NT, Coliformes termotolerantes e DBO. As coletas foram realizadas mensalmente. Posteriormente, foram aplicados 97 questionários socioambientais nas comunidades residentes nas duas microbacias. Os principais resultados obtidos revelaram que as águas das duas microbacias estudadas são caracterizadas ácidas e apresentam baixa dissolução de íons inorgânicos, destacando-se os íons Cl^- e Na^+ , que apresentaram as maiores concentrações observadas ao longo do estudo, caracterizando-as predominantemente como Sódicas Cloretadas e Mistas Cloretadas. As nascentes apresentaram-se menos impactadas em relação aos demais trechos nas duas microbacias, na ordem NasSJ > NasC. A prática do preparo do solo baseado na queima da área, é notadamente, uma das principais fontes de alterações na qualidade da água, seguidos da retirada de fragmentos de vegetação secundária para implantação de pastos e uso da água para outros fins (recreação e despejo de esgoto doméstico). Para as águas superficiais da microbacia ICU, a técnica da AF/ACP gerou três componentes (84,22%), sendo Nutricional (COD, CID, Na^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Cl^- e PO_4^{3-}), biológica (coliformes termotolerantes) e físico-química (pH, CE e OD). Para as águas superficiais da microbacia do ISJ, a técnica gerou duas componentes (85,08%), sendo Nutricional (Na^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Cl^- e PO_4^{3-}) e biológica (coliformes termotolerantes). A percepção das comunidades entrevistadas em torno da qualidade ambiental da área se revela vulnerável, representando potenciais impactos à saúde dos moradores, e ao meio em que vivem.

Palavras-chave: Monitoramento ambiental. Poluição ambiental. Recursos hídricos.

ABSTRACT

The present study aimed to characterize the quality of surface and underground waters of the watersheds of the Cumaru and São João streams, through the most important physical-chemical and biological parameters, relating the results to the use and occupation of the soil in the region. For water monitoring, 6 similar land use systems were selected for the two microbasins, being fallow vegetation, Agroforestry System (SAF), planting area prepared for slash and burn, planting area prepared for cut and crunch, Pasture and Vegetation Ripary. In these, three surface water collection stations were established in the Cumaru stream micro-basin and four stations in the São João stream micro-basin, as well as thirty (30) observation wells (piezometers) were drilled. The variables analyzed were: Precipitation, temperature, flow, pH, EC, turbidity, DO, Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , DOC, DIC, TN, Thermotolerant coliforms and OBD. Collections were carried out monthly. Subsequently, 97 socio-environmental questionnaires were applied to communities living in the two microbasins. The main results obtained revealed that the waters of the two studied watersheds are characterized as acid and have low dissolution of inorganic ions, especially Cl^- and Na^+ ions, which presented the highest concentrations observed throughout the study, characterizing them predominantly as Sodium Chlorinated and Chlorinated Mixed. The springs were less impacted in relation to the other stretches in the two microbasins, in the order NasSJ > NasC. The practice of preparing the soil based on the burning of the area, is notably, one of the main sources of changes in water quality, followed by the removal of fragments of secondary vegetation for implantation of pastures and use of water for other purposes (recreation and dumping of domestic sewage). For the surface waters of the ICU microbasin, the AF/ACP technique generated three components (84.22%), being Nutritional (DOC, DIC, Na^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Cl^- and PO_4^{3-}), biological (thermotolerant coliforms) and physicochemical (pH, CE and DO). For the surface waters of the ISJ microbasin, the technique generated two components (85.08%), being Nutritional (Na^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Cl^- and PO_4^{3-}) and biological (thermotolerant coliforms). The perception of the interviewed communities regarding the environmental quality of the area is revealed to be vulnerable, representing potential impacts on the health of residents, and on the environment in which they live.

Key words: Environmental monitoring. Environmental pollution. Water resources.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-	Precipitação mensal de 2009 a março de 2015.....	30
Figura 2-	Balanço hídrico mensal, considerando retenção de água no solo de 125 mm, para a região de Igarapé-Açu, PA, no período do estudo que abrange os meses de abril de 2014 a março de 2015. Pp: chuva mensal; ETP: evapotranspiração potencial; DEF: deficiência de água no solo e EXC: excedente de água.....	31
Figura 3-	Localização das estações de amostragem de água superficial nas microbacias dos igarapés Cumarú e São João, município de Igarapé Açu, Nordeste Paraense.....	32
Figura 4-	Caracterização do uso e cobertura da terra nas microbacias dos igarapés Cumarú e São João, município de Igarapé Açu, Nordeste Paraense.....	34
Figura 5-	Localização das estações de amostragem de água subterrânea nas microbacias dos igarapés Cumarú e São João, município de Igarapé Açu, Nordeste Paraense.....	38
Figura 6-	Esquema frontal de tubo com meia seção.....	40
Figura 7-	Comportamento chuva x vazão.....	48
Figura 8-	Variação espacial (a) e sazonal (b) das vazões medidas neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumarú (ICU) e São João (ISJ).....	49
Figura 9-	Precipitação diária (mm) ao longo do período de coleta, abril de 2014 a março de 2015.....	51
Figura 10-	Precipitação (mm) acumulada no período de 30 dias, uma semana e 72 h anteriores a medida de vazão (L/s) nos pontos amostrados.....	52
Figura 11-	Variação espacial dos valores de pH medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumarú (ICU) e São João (ISJ).....	59
Figura 12-	Variação sazonal dos valores de pH medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumarú (ICU) e São João (ISJ).....	60

Figura 13- Variação espacial dos valores de Condutividade Elétrica (CE) medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumaru (ICU) e São João (ISJ).....	63
Figura 14- Variação sazonal dos valores de Condutividade Elétrica (CE) medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumaru (ICU) e São João (ISJ).....	64
Figura 15- Variação espacial dos valores de Temperatura (°C) medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumaru (ICU) e São João (ISJ).....	67
Figura 16- Variação sazonal dos valores de Temperatura (°C) medidos nas águas superficiais das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).....	68
Figura 17- Variações espacial (a) e sazonal (b) dos valores de Turbidez medidos nas águas superficiais, das microbacias dos Igarapés cumaru (ICU) e São João (ISJ).....	70
Figura 18- Variação espacial das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).....	73
Figura 19- Variação sazonal das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).....	74
Figura 20- Variação espacial das concentrações de Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e Carbono Inorgânico Dissolvido (CID) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).....	77
Figura 21. Variação sazonal das concentrações de Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e Carbono Inorgânico Dissolvido (CID) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).....	79
Figura 22- Variação espacial dos valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).....	84

Figura 23- Variação sazonal dos valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).....	85
Figura 24. Variação espacial das concentrações de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).....	88
Figura 25- Variação sazonal das concentrações de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).....	89
Figura 26- Variação espacial das concentrações de Nitrogênio total (NT), Amônio (NH_4^+) e Nitrato (NO_3^-) medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumarú (ICU) e São João (ISJ).....	94
Figura 27- Variação sazonal das concentrações de Nitrogênio total (NT), Amônio (NH_4^+) e Nitrato (NO_3^-) medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumarú (ICU) e São João (ISJ).....	96
Figura 28- Variação espacial das concentrações de Sódio (Na^+), Potássio (K^+), Magnésio (Mg^{2+}) e Cálcio (Ca^{2+}) medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumarú (ICU) e São João (ISJ).....	101
Figura 29- Variação sazonal das concentrações de Sódio (Na^+), Potássio (K^+), Magnésio (Mg^{2+}) e Cálcio (Ca^{2+}) medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumarú (ICU) e São João (ISJ).....	103
Figura 30- Variação espacial das concentrações de Cloreto (Cl^-), Fosfato (PO_4^{3-}) e Sulfato (SO_4^{2-}), medidos neste estudo nas microbacias ICU e ISJ.....	108
Figura 31- Variação sazonal das concentrações de Cloreto (Cl^-), Fosfato (PO_4^{3-}) e Sulfato (SO_4^{2-}), medidos neste estudo nas microbacias ICU e ISJ.....	110
Figura 32- Diagrama de piper para os trechos de nascente (NasC), médio (TmC) e confluência (ConC) da microbacia do Igarapé Cumarú (ICU) nos períodos (a) chuvoso e (b) seco.....	114

Figura 33- Balanço iônico nos trechos de nascente (NasC), médio (TmC) e confluência (ConC), nos períodos (a) chuvoso e (b) seco, na microbacia do Igarapé Cumarú (ICU).....	115
Figura 34- Diagrama de piper para os trechos de nascente (NasSJ), médio (TmSJ), balneário (BalSJ) e confluência (ConSJ) da microbacia do Igarapé São João (ISJ) nos períodos (a) chuvoso e (b) seco.....	116
Figura 35- Balanço iônico nos trechos de nascente (NasSJ), médio (TmSJ), balneário (BalSJ) e confluência (ConSJ), nos períodos (a) chuvoso e (b) seco, na microbacia do Igarapé São João (ISJ).....	117
Figura 36- Diagrama de piper para as águas subterrâneas das áreas de pasto (PasC), SAF (SafC), capoeira (CapC), vegetação ripária (VRipC), queima (QueC) e trituração (TritC) da microbacia do Igarapé Cumarú (ICU), nos períodos (a) chuvoso e (b) seco.....	118
Figura 37- Balanço iônico das águas subterrâneas nas áreas de pasto (PasC), SAF (SafC) e capoeira (CapC) nos períodos (a) chuvoso e (b) seco, na microbacia do Igarapé Cumarú (ICU).....	119
Figura 38- Balanço iônico das águas subterrâneas nas áreas de vegetação ripária (VRipC), queima (QueC) e trituração (TritC) nos períodos chuvoso e seco, na microbacia do Igarapé Cumarú (ICU).....	120
Figura 39- Diagrama de piper para as águas subterrâneas das áreas de pasto (PasSJ), SAF (SafSJ), capoeira (CapSJ), vegetação ripária (VRipSJ), queima (QueSJ) e trituração (TritSJ) da microbacia do Igarapé São João (ISJ), nos períodos (a) chuvoso e (b) seco.....	121
Figura 40- Balanço iônico das águas subterrâneas nas áreas de pasto (PasSJ), SAF (SafSJ) e capoeira (CapSJ) nos períodos (a) chuvoso e seco, na microbacia do Igarapé São João (ISJ).....	122
Figura 41- Balanço iônico das águas subterrâneas nas áreas de vegetação ripária (VRipSJ), queima (QueSJ) e trituração (TritSJ) nos períodos (a) chuvoso e (b) seco, na microbacia do Igarapé São João (ISJ).....	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Pontos de amostragem de água superficial nas duas microbacias estudadas, com respectivas localizações no mapa.....	33
Tabela 2-	Percentual das formas de uso de cobertura do solo – áreas de captação superficial.....	33
Tabela 3-	Localização e distribuição dos poços para coleta de água subterrânea nas duas microbacias estudadas.....	37
Tabela 4-	Percentual das formas de uso de cobertura do solo – áreas de captação subterrânea.....	37
Tabela 5-	Valores referentes de erro prático para os dois cálculos de balanço iônico....	43
Tabela 6-	Classificação para aplicação da Análise Fatorial pela medida KMO.....	45
Tabela 7-	Precipitação medida na estação meteorológica de Igarapé Açu/Embrapa Amazônia Oriental e vazões medidas nos pontos amostrados.....	47
Tabela 8-	Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Vazão ($L.s^{-1}$), nos trechos analisados, nas duas microbacias.....	50
Tabela 9-	Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Vazão ($L.s^{-1}$), nos períodos (chuvoso e seco) analisados, nas duas microbacias.....	50
Tabela 10-	Matriz de correlação de Spearman entre a precipitação acumulada no período de 30 dias, uma semana e 72 h anteriores à medida de vazão e as vazões medidas nos pontos amostrados nas microbacias ICU e ISJ.....	55
Tabela 11-	Precipitação total mensal, acumulada no período de 30 dias, uma semana e 72 horas anteriores às medidas de vazão, período de coleta e vazões de todos os pontos medidos.....	56
Tabela 12-	Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável pH nos trechos analisados, nas duas microbacias.....	61
Tabela 13-	Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável pH nos poços analisados, nas duas microbacias.....	61

Tabela 14- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável pH nos períodos analisados, nas duas microbacias.....	62
Tabela 15- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Condutividade Elétrica (CE) nos trechos analisados, nas duas microbacias.....	65
Tabela 16- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Condutividade Elétrica (CE) nos poços analisados, nas duas microbacias.....	66
Tabela 17- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Condutividade Elétrica (CE) nos períodos analisados, nas duas microbacias.....	66
Tabela 18- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Temperatura nos trechos analisados, nas duas microbacias.....	69
Tabela 19- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Temperatura nos poços analisados, nas duas microbacias.....	69
Tabela 20- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Temperatura nos períodos analisados, nas duas microbacias.....	69
Tabela 21- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Turbidez (NTU) nos trechos analisados, nas duas microbacias.....	71
Tabela 22- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Turbidez (NTU) nos períodos analisados, nas duas microbacias.....	71
Tabela 23- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Oxigênio Dissolvido (OD) nos trechos analisados, nas duas microbacias.....	75
Tabela 24- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Oxigênio Dissolvido (OD) nos poços analisados, nas duas microbacias.....	76
Tabela 25- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Oxigênio Dissolvido (OD) nos períodos analisados, nas duas microbacias.....	76
Tabela 26- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e Carbono Inorgânico Dissolvido (CID), nos trechos analisados, nas duas microbacias.....	82

Tabela 27- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e Carbono Inorgânico Dissolvido (CID), nos poços analisados, nas duas microbacias.....	82
Tabela 28- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e Carbono Inorgânico Dissolvido (CID), nos períodos analisados, nas duas microbacias.....	83
Tabela 29- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nos trechos analisados, nas duas microbacias.....	86
Tabela 30- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nos poços analisados, nas duas microbacias.....	87
Tabela 31- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nos períodos analisados, nas duas microbacias.....	87
Tabela 32- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Coliformes Termotolerantes, nos trechos analisados, nas duas microbacias.....	91
Tabela 33- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Coliformes Termotolerantes, nos poços analisados, nas duas microbacias.....	92
Tabela 34. Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Coliformes Termotolerantes, nos períodos analisados, nas duas microbacias.....	92
Tabela 35- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Nitrogênio total (NT), Amônio (NH_4^+) e Nitrato (NO_3^-), nos trechos analisados, nas duas microbacias.....	98
Tabela 36- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Nitrogênio total (NT), Amônio (NH_4^+) e Nitrato (NO_3^-), nos poços analisados, nas duas microbacias.....	99
Tabela 37- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Nitrogênio total (NT), Amônio (NH_4^+) e Nitrato (NO_3^-), nos períodos analisados, nas duas microbacias.....	100

Tabela 38- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Sódio (Na ⁺), Potássio (K ⁺), Magnésio (Mg ²⁺) e Cálcio (Ca ²⁺), nos trechos analisados, nas duas microbacias.....	105
Tabela 39- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Sódio (Na ⁺), Potássio (K ⁺), Magnésio (Mg ²⁺) e Cálcio (Ca ²⁺), nos poços analisados, nas duas microbacias.....	105
Tabela 40- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Sódio (Na ⁺), Potássio (K ⁺), Magnésio (Mg ²⁺) e Cálcio (Ca ²⁺), nos períodos analisados, nas duas microbacias.....	106
Tabela 41- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Cloreto (Cl ⁻), Fosfato (PO ₄ ³⁻) e Sulfato (SO ₄ ²⁻), nos trechos analisados, nas duas microbacias.....	111
Tabela 42- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Cloreto (Cl ⁻), Fosfato (PO ₄ ³⁻) e Sulfato (SO ₄ ²⁻), nos poços analisados, nas duas microbacias.....	112
Tabela 43- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Cloreto (Cl ⁻), Fosfato (PO ₄ ³⁻) e Sulfato (SO ₄ ²⁻), nos períodos analisados, nas duas microbacias.....	112
Tabela 44- Matriz de correlação para as variáveis físico-químicas referentes às águas superficiais da microbacia do ICU.....	125
Tabela 45- Matriz de correlação para as variáveis físico-químicas referentes às águas superficiais da microbacia do ISJ.....	125
Tabela 46- Matriz de Correlação Anti-imagem para as variáveis físico-químicas referentes às águas superficiais da microbacia do ICU.....	125
Tabela 47- Matriz de Correlação Anti-imagem para as variáveis físico-químicas referentes às águas superficiais da microbacia do ISJ.....	126
Tabela 48- Resultado da Medida de Kaiser-Meyer-Olkin e do Teste de Esfericidade de Bartlett para as variáveis físico-químicas referentes às águas superficiais das microbacias ICU e ISJ.....	127
Tabela 49- Autovalor e Percentual de Variância Explicada pelos Fatores para as variáveis físico-químicas referentes às águas superficiais das microbacias dos ICU e ISJ.....	127

Tabela 50- Matriz de Cargas Fatoriais após Rotação Ortogonal pelo método <i>Varimax</i> para as variáveis físico-químicas referentes às águas superficiais das microbacias dos ICU e ISJ.....	128
Tabela 51- Caracterização dos moradores das comunidades entrevistadas, nas duas microbacias estudadas.....	130
Tabela 52- Caracterização dos diferentes usos da água pelos moradores das comunidades entrevistadas, nas duas microbacias estudadas.....	131
Tabela 53- Caracterização das atividades agropecuárias desenvolvidas pelos moradores das comunidades entrevistadas, nas duas microbacias estudadas.....	135

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	20
1.1	Qualidade da água.....	21
1.2	Indicadores de qualidade da água.....	24
1.3	Uso do solo.....	25
2	OBJETIVOS.....	28
2.1	Geral.....	28
2.2	Específicos.....	28
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1	Área de estudo.....	29
3.2	Caracterização do experimento.....	31
3.2.1	Monitoramento de água superficial.....	31
3.2.2	Caracterização dos pontos de amostragem de água superficial na microbacia do Igarapé Cumaru.....	33
3.2.3	Caracterização dos pontos de amostragem de água superficial na microbacia do Igarapé São João.....	35
3.2.4	Monitoramento de água subterrânea.....	36
3.3	Avaliação do comportamento das vazões.....	39
3.4	Caracterização físico-química das águas superficiais e subterrâneas.....	40
3.5	Variáveis analisadas.....	40
3.6	Análise estatística.....	41
3.6.1	Estatística descritiva, Correlações e Análise de Variância.....	41
3.6.2	Classificação iônica das águas.....	42
3.6.3	Análise fatorial.....	43
3.7	Análise socioambiental.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1	Comportamento da precipitação e vazão.....	47
4.2	Análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos das águas superficiais e subterrâneas das microbacias dos Igarapés Cumaru E São João.....	57
4.2.1	Potencial Hidrogeniônico.....	57
4.2.2	Condutividade Elétrica.....	62
4.2.3	Temperatura.....	66
4.2.4	Turbidez.....	69

4.2.5	Oxigênio dissolvido (OD).....	72
4.2.6	Carbono orgânico dissolvido (COD) e carbono inorgânico dissolvido (CID).....	76
4.2.7	Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....	83
4.2.8	Coliformes Termotolerantes.....	87
4.2.9	Nitrogênio total (NT), Amônio (NH ₄ ⁺) e Nitrato (NO ₃ ⁻).....	92
4.2.10	Sódio (Na ⁺), Potássio (K ⁺), Magnésio (Mg ²⁺) e Cálcio (Ca ²⁺).....	100
4.2.11	Cloreto (Cl ⁻), Fosfato (PO ₄ ³⁻) e Sulfato (SO ₄ ²⁻).....	106
4.3	Classificação iônica das águas superficiais e subterrâneas das microbacias dos Igarapés Cumaru e São João.....	113
4.4	Indicadores de qualidade das águas superficiais das microbacias dos Igarapés Cumaru e São João.....	124
4.4.1	Análise Fatorial para as águas superficiais das microbacias do ICU e ISJ.....	124
4.5	Análise dos condicionantes socioambientais.....	129
4.5.1	Caracterização dos entrevistados.....	129
4.5.2	Usos da água pelas comunidades.....	131
4.5.3	Atividade agropecuária e os usos da água.....	134
5	CONCLUSÕES.....	138
	REFERÊNCIAS	141
	APÊNDICE A - VARIÁVEIS ANALISADAS PARA TODO O PERÍODO DO ESTUDO, REFERENTES ÀS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA MICROBACIA DO IGARAPÉ CUMARU - ICU.....	151
	APÊNDICE B - VARIÁVEIS ANALISADAS PARA TODO O PERÍODO DO ESTUDO, REFERENTES ÀS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA MICROBACIA DO IGARAPÉ SÃO JOÃO - ISJ.....	157
	APÊNDICE C- VARIÁVEIS ANALISADAS PARA TODO O PERÍODO DO ESTUDO, REFERENTES ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA MICROBACIA DO IGARAPÉ CUMARU – ICU.....	165
	APÊNDICE D- VARIÁVEIS ANALISADAS PARA TODO O PERÍODO DO ESTUDO, REFERENTES ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA MICROBACIA DO IGARAPÉ SÃO JOÃO - ISJ.....	177
	APÊNDICE E- MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE TODAS AS VARIÁVEIS MEDIDAS PARA AS ÁGUAS SUPERFICIAIS E	

AS PORCENTAGENS DE USO E COBERTURA DA TERRA NAS DUAS MICROBACIAS.....	189
APÊNDICE F- MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE TODAS AS VARIÁVEIS MEDIDAS PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E AS PORCENTAGENS DE USO E COBERTURA DA TERRA NA MICROBACIA DO CUMARU.....	190
APÊNDICE G - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE TODAS AS VARIÁVEIS MEDIDAS PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E AS PORCENTAGENS DE USO E COBERTURA DA TERRA NA MICROBACIA DO SÃO JOÃO.....	191
ANEXO A- DETALHAMENTO DOS LOCAIS DE AMOSTRAGEM.....	192

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, embora a água seja considerada recurso abundante, existem áreas muito carentes a ponto de transformá-la em um bem limitado às necessidades da sociedade (DONADIO et al., 2005). Normalmente, a sua escassez é muito mais grave em regiões onde o desenvolvimento ocorreu de forma desordenada, provocando a deterioração dos recursos hídricos, devido ao lançamento indiscriminado de esgotos domésticos, despejos industriais, agrotóxicos e outros poluentes (MOITA; CUDO, 1991).

No Brasil, como um todo, cabe ao Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA estabelecer normas de qualidade ambiental, dentre as quais podemos citar as resoluções do CONAMA N° 357/05 para águas superficiais, e 396/08 para águas subterrâneas, as quais dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e dão outras providências. Destaca-se também, a Portaria 2.914/11, lançada pelo Ministério da Saúde, a qual dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

No estado do Pará, a garantia da oferta hídrica depende, a médio e longo prazos, do monitoramento de suas águas, pois os dados quali-quantitativos são escassos e não permitem ao gestor público avaliar o real volume de água utilizado por setor e como esta água retorna ao sistema em termos de sua qualidade (LIMA et al., 2010).

Para os mesmos autores, as dificuldades de implementação da política hídrica da região norte do país estão relacionadas, em diversos segmentos, seja no social ou institucional, a falta de cultura da gestão preventiva da oferta hídrica. Realizá-la, portanto, implica em definir um conjunto de ações que direcione o rumo das intervenções que o território sofrerá em termos de políticas públicas e investimentos econômicos. Ainda, ressaltam que a questão hídrica está intimamente relacionada a diversos conflitos econômicos e sofre uma pressão constante em direção a problemas de oferta de qualidade e de quantidade de água.

De modo geral, as bacias hidrográficas do estado do Pará têm sofrido grande perda da biodiversidade, relacionada à crescente necessidade das populações por água, alimentos, madeira, fibras, minérios e todos os outros produtos advindos da exploração dos recursos naturais (SILVA; COSTA; PEREIRA, 2006). Esta situação agrava-se ainda mais quando se considera a importância das bacias hidrográficas amazônicas, que correspondem a cerca de 45,8% das bacias do país, sendo o aporte hídrico continental do Estado do Pará responsável por 62% dessas águas (PARÁ, 2004).

A microrregião Nordeste Paraense abriga a maior densidade demográfica do estado do Pará e possui investimentos intensivos em agropecuária, além de ser caracterizado como o local de colonização mais antiga da Amazônia, datada do século XVII (ROSÁRIO, 2000), o que contribui para a intensa exploração que os recursos naturais vêm sofrendo nessa região.

Embora não seja o único agente responsável pela perda da qualidade da água, a agricultura, direta ou indiretamente, contribui como fonte difusa de poluentes para a degradação dos mananciais. Isso pode dar-se por meio da contaminação dos corpos d'água por substâncias orgânicas ou inorgânicas, naturais ou sintéticas e, ainda, por agentes biológicos. Amplamente empregadas, muitas vezes de forma inadequada, as aplicações de defensivos, de fertilizantes e de resíduos derivados da criação intensiva de animais são tidos como as principais atividades relacionadas à perda da qualidade da água nas áreas rurais (RESENDE, 2002). Toledo e Nicolella (2002) ressaltam que a poluição oriunda das práticas agrícolas tem sido objeto de atenção em muitos países devido à dificuldade de se estabelecer procedimentos de avaliação de impactos ambientais e de adoção de padrões aceitáveis.

Neste estudo, será dado enfoque as microbacias dos igarapés Cumaru e São João, tributárias da Bacia do Rio Maracanã e localizadas no município de Igarapé-Açu. A principal atividade neste município é a agricultura familiar, cujas principais culturas são o milho, o caupi, e a mandioca, além de cultivos industriais, como o maracujá e a pimenta-do-reino (SILVA et al., 1999).

Estes cultivos constituem importantes elementos da paisagem, ocasionando, via de regra, a degradação dos solos, e envolvendo o uso de elevadas quantidades de agrotóxicos, notadamente na cultura do maracujá. Além desta cobertura vegetal agrícola, existem muitas áreas de florestas secundárias em diferentes estágios sucessionais, as quais ocupam também os setores marginais aos cursos de água, servindo como vegetação ripária. No entanto, estas matas ripárias vêm sendo retiradas no processo de expansão das áreas de cultivo e devido à escassez de madeira para as pequenas propriedades rurais da região (ROSA, 2007).

1.1 Qualidade da água

Conceitualmente, a bacia hidrográfica pode ser definida como a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema aberto, em que cada um dos elementos, matérias e energia presentes no sistema apresentam uma função própria e estão estruturados e relacionados entre si (CHRISTOFOLETTI, 1981). Sendo assim, esta se

apresenta como uma unidade natural básica para o desenvolvimento de estudos que almejam compreender e analisar a dinâmica de seus componentes (CHRISTOFOLETTI et al., 2015).

Para Odum (1998), a bacia hidrográfica é um sistema aberto, cujo funcionamento e estabilidade relativa refletem as taxas de influxo, bem como os ciclos de energia da água e materiais ao longo do tempo, logo a qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Assim, mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas é regulada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação pluviométrica.

O motivo principal para se estudar e monitorar os recursos hídricos é a premissa básica de que a qualidade da água reflete a natureza dinâmica da bacia hidrográfica, espelhando, também, as contínuas inter-relações entre os processos geoquímicos, hidrológicos e sedimentológicos naturais e aquelas atividades associadas com a ocupação e uso humanos (CUNHA, 2000).

Quando se utiliza o termo "qualidade de água", é necessário compreender que esse termo não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas, e que, conforme essas características, são estipuladas diferentes finalidades para a água (MERTEN; MINELLA, 2002).

Os fatores que controlam a qualidade da água de uma determinada microbacia, segundo Arcova et al. (1998) fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual alterações de ordem física, química ou biológica, podem modificar a qualidade da água de uma microbacia hidrográfica.

Para Lima (2008), a qualidade da água deve ser definida em termos de suas características físicas, químicas e biológicas. A descrição quantitativa destas características é feita através dos chamados parâmetros de qualidade de água. Assim, têm-se:

- a) parâmetros físicos: cor, odor, sabor, turbidez, temperatura, pH, condutividade, dureza, alcalinidade, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido;
- b) parâmetros químicos: referentes à presença de elementos, íons e substâncias em solução na água, tais como cálcio, magnésio, ferro, alumínio, fósforo, nitrogênio, compostos orgânicos etc.;
- c) parâmetros biológicos: presença de microrganismos.

Lima (2008), cita ainda que, o significado relativo do termo qualidade da água deve estar associado ao uso, em outras palavras, o conhecimento dos danos fisiológicos e psicológicos que podem ser causados pela presença dos constituintes, medidos pelos parâmetros de qualidade da água, permite o estabelecimento dos critérios de qualidade de água

para um dado uso. Desta forma, têm-se os critérios de qualidade da água potável, critérios de qualidade da água para irrigação, critérios de qualidade da água para usos industriais, etc.

Para Lima (2001) e Brito (2003) a poluição dos recursos hídricos pode resultar de duas grandes fontes: pontual e difusa. Os resíduos domésticos e industriais constituem o grupo das fontes pontuais por se restringirem a um simples ponto de lançamento, o que facilita o sistema de coleta através de rede ou canais. Em geral, a fonte de poluição pontual pode ser reduzida ou eliminada por meio de tratamento apropriado para posterior lançamento em um corpo receptor. As fontes pontuais dão origem a concentrações elevadas, localizadas em plumas que podem permanecer estratificadas em um aquífero por longo tempo.

Já as fontes difusas caracterizam-se por apresentarem múltiplos pontos de descarga resultantes do escoamento em áreas urbanas e/ou agrícolas e ocorrem durante os períodos de chuva, atingindo concentrações bastante elevadas dos poluentes. A redução dessas fontes geralmente requer mudanças nas práticas de uso da terra e na melhoria de programas de educação ambiental.

Embora não seja o único agente responsável pela perda da qualidade da água, a agricultura, direta ou indiretamente, contribui como fonte difusa de poluentes para a degradação dos mananciais. Isso pode dar-se por meio da contaminação dos corpos d'água por substâncias orgânicas ou inorgânicas, naturais ou sintéticas e, ainda, por agentes biológicos. Amplamente empregadas, muitas vezes de forma inadequada, as aplicações de defensivos, de fertilizantes e de resíduos derivados da criação intensiva de animais são tidos como as principais atividades relacionadas à perda da qualidade da água nas áreas rurais (RESENDE, 2002). Toledo e Nicolella (2002) ressaltam que a poluição oriunda das práticas agrícolas tem sido objeto de atenção em muitos países devido à dificuldade de se estabelecer procedimentos de avaliação de impactos ambientais e de adoção de padrões aceitáveis.

Embora a poluição das fontes hídricas esteja diretamente relacionada às atividades antrópicas, a presença de alguns constituintes em altas concentrações nas águas naturais, muitas vezes ocorre como resultado de processos físicos, químicos e climáticos na área de abrangência destas fontes, contribuindo para mudanças na qualidade de suas águas. Contudo, conforme Faust e Aly (1981), a natureza destes constituintes normalmente é função do tipo de geologia e de sua distribuição no espaço e dos processos físico-químicos atuantes, definindo a qualidade das águas naturais.

A maioria das bacias hidrográficas está comprometida por esgotos domésticos não tratados, dejetos de animais sem destino adequado (suinocultura, avicultura, piscicultura, bovinocultura de leite), agrotóxicos, poluição industrial, poluição acidental, poluição por

mineração, lixo urbano e rural, produtos químicos em geral e falta de proteção dos mananciais superficiais e subterrâneos (CARNIATTO, 2007).

1.2 Indicadores de qualidade da água

Para Donadio et al. (2005) o uso de indicadores físico-químicos da qualidade da água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam essas de origem antrópica ou natural. Na visão de Eschrique et al. (2011), os indicadores constituem-se em instrumentos de avaliação, que devem ser adequados às diferentes realidades ambientais e socioeconômicas da região a ser avaliada.

Definir indicadores ambientais é compor um método para avaliação e desempenho de políticas públicas não somente para as questões de meio ambiente, mas também para revelar as dimensões econômicas (VEIGA, 2010).

Não há um indicador de qualidade de água único e padronizável para qualquer sistema hídrico. Uma forma de avaliar objetivamente essas variações é a combinação de parâmetros de diferentes dimensões, em índices que os reflitam conjuntamente em uma distribuição amostral no espaço e no tempo (TOLEDO; NICOLELLA, 2002).

Os indicadores e índices de qualidade das águas são úteis quando existe a necessidade de sintetizar informações sobre vários parâmetros físicos, químicos e biológicos, visando informar o público leigo e orientar as ações de gestão da qualidade da água (ANA, 2005). Entre as vantagens do uso de indicadores e índices, destacam-se a facilidade de comunicação com o público não técnico e o fato de representar uma média de diversas variáveis em um único número. Em contrapartida, a principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da interação entre elas (CETESB, 2009).

Bollmann e Marques (2000) citam que o problema mais significativo apresentado na utilização e até mesmo na criação de um indicador é que o destino da água é diversificado, prevendo usos múltiplos. Em geral, para cada uso, podem ser elencados padrões individuais de qualidade provocando o surgimento de escalas de valores diferenciadas para uma mesma variável ambiental. Assim, a função homogeneizadora dos indicadores deve ser considerada.

A análise integrada dos indicadores pode contribuir para a gestão sustentável dos recursos ambientais, além de orientar a formulação de políticas e fornecer informações valiosas. Para tanto a Unesco (1987) classificou os indicadores em diferentes níveis de estruturação (estruturação multinível), sendo:

- Indicadores de nível primário: classifica-se toda e qualquer informação medida diretamente do meio físico ou qualquer propriedade matemática ou estatística que descreva diretamente o elemento natural. Neste grupo encontram-se as determinações físico-químicas e biológicas do meio ou de qualquer de seus componentes (pH, DBO, ensaios de toxicidade, etc.) bem como as propriedades matemáticas ou estatísticas de seus elementos (Número mais Provável de Coliformes, número de espécies em extinção, descritores estatísticos básicos e de distribuição populacional, similaridade ou dissimilaridade de populações, etc.);
- Indicadores de nível secundário: são aqueles derivados da consideração conjunta de dois ou mais indicadores primários (Índice de Qualidade das Águas envolvendo vários parâmetros físico-químicos e biológicos, Índice de Toxicidade considerando vários metais pesados, etc.). Progressivamente, pode-se estruturar indicadores Terciários como agregadores de informação derivada de indicadores secundários e assim por diante.

1.3 Uso do solo

Para Gorayeb et al. (2009), bacias hidrográficas apresentam-se como unidades fundamentais para o gerenciamento dos recursos hídricos e para o planejamento ambiental, mostrando-se extremamente vulneráveis às atividades antrópicas. Os uso e ocupação que são conferidos a determinado espaço dependem de suas características físicas (solo, relevo, clima, geologia), associados à disponibilidade tecnológica no decorrer dos anos. Os fatores físicos ora podem ser vistos como uma limitação para a sociedade e ora como impulsionante do processo de ocupação e exploração de uma região (COLAVITE, 2009).

Conforme Coutinho et al. (2013), o processo histórico de ocupação do território no Brasil, consistiu na substituição da cobertura florestal nativa por atividades agropecuárias, frequentemente baseando-se na exploração excessiva dos recursos naturais, desconsiderando sua importância ambiental e a sustentabilidade. Tal processo foi responsável por diversos problemas ambientais, destacando-se a significativa redução da qualidade dos solos e a intensificação da erosão hídrica, associados à diminuição da disponibilidade quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos.

Soares et al. (2011) e Coutinho et al. (2013) destacam que a supressão da vegetação nativa para a expansão da fronteira agropecuária – ou a sua substituição por outros tipos de uso da terra – tem agravado o processo da fragmentação florestal e provocado consequências negativas nos diferentes compartimentos da natureza, afetando, conseqüentemente, muitas espécies da fauna e da flora, além de afetar, também, o próprio homem.

Gonçalves e Rocha (2016) ressaltam que, a qualidade das águas em mananciais é influenciada diretamente pelos padrões de uso das terras nas bacias hidrográficas. Ressaltam também que, a conservação das áreas ripárias é de fundamental importância, uma vez que, os fluxos de nutrientes e agrotóxicos nas águas de percolação e de escoamento passam por filtragem química e por processamento microbiológico, reduzindo a presença de contaminantes.

As zonas ripárias são áreas de saturação hídrica da microbacia, encontradas principalmente ao longo das margens e nas cabeceiras da rede de drenagem, mas podendo ocorrer também em partes mais elevadas da encosta, dependendo da topografia e das condições de transmissividade do solo (ATTANASIO et al., 2012).

Segundo os mesmo autores, o ecossistema ripário, em sua integridade, inclui a dinâmica da zona ripária, sua vegetação e suas interações e desempenha funções relacionadas à geração do escoamento direto em microbacias, ao aumento da capacidade de armazenamento e à manutenção da qualidade da água (efeito-tampão), além de promover estabilidade das margens dos rios, equilíbrio térmico da água e formação de corredores ecológicos.

Menezes et al. (2016) apontam que os modelos de uso do solo têm importante influência sobre a qualidade da água (superficial e subterrânea) e os ecossistemas aquáticos dentro de uma bacia hidrográfica. Inúmeros problemas relacionados com a qualidade da água são causados pelo mau uso do solo, como urbanização, atividades industriais e agrícolas. Geralmente, o uso e o manejo das terras agrícolas têm forte influência sobre as concentrações de nutrientes na água, como o nitrogênio e o fósforo.

Em nível regional - Estado do Pará - na década de 80 teve início o processo de mudança de base produtiva da agricultura familiar, através da implantação de culturas permanentes nas estruturas familiares de produção (VILAR; COSTA, 2000). Atualmente a agricultura familiar na região Norte abrange 82% do total de estabelecimentos agrícolas, e sua importância está pautada fortemente na geração de emprego e na produção de alimentos (MATOS, 2005).

A agricultura de derruba e queima, praticada há mais de 100 anos no nordeste paraense, apresenta sua sustentabilidade comprometida, em virtude da baixa fertilidade do solo, associada às perdas de nutrientes durante a queima no processo tradicional de preparo de área, à redução do período de pousio e à mecanização (aração e gradagem) (KATO et al., 2002).

Kato (2004) destaca que as práticas agrícolas utilizadas pelos agricultores na Amazônia evidenciam, ainda, o uso do fogo para preparo de área para plantio. À primeira vista, além de ser de baixo custo, facilita a limpeza da área e torna os nutrientes da vegetação, através das cinzas, disponíveis para as plantas. Mas, o uso desta técnica preocupa, pois, a queima da vegetação aumenta a quantidade de gás carbono liberado para atmosfera, bem como a perda de

nutrientes retidos na biomassa, comprometendo assim o sistema de produção dos pequenos produtores rurais e conseqüentemente a sua sustentabilidade.

De acordo com (SÁ et al., 2007, p. 92):

“No sistema de agricultura familiar, a queima ocorre no final do período de pousio, entre dois períodos de cultivo, quando a vegetação secundária que cresce após o período de cultivo (capoeira) é cortada, seca e queimada, para disponibilizar ao solo, como fertilizante e corretivo de acidez, as cinzas resultantes da queimada, que contêm nutrientes acumulados pela vegetação secundária. Essa prática, por ser de baixo custo e de fácil adoção, vem persistindo em função da baixa fertilidade da maioria dos solos da região, do elevado custo de fertilizantes e corretivos, particularmente calcário, e da insuficiência de políticas adequadas de fomento e assistência técnica a esse relevante segmento de produtores.”

Os mesmos autores ressaltam que, as razões para não se utilizar a queima abrangem, não apenas, aos aspectos diretamente associados à atividade agrícola, mas também, a um bem estar comum. A prática da queimada pode ter efeito ainda muito mais amplo, particularmente, considerando o impacto de partículas liberadas pela queimada sobre os mecanismos de formação de nuvens e de seu efeito no potencial de ocorrência de chuvas.

Rangel-Vasconcelos et al. (2009), destacam a tecnologia de corte e trituração que foi desenvolvida pela Embrapa Amazônia Oriental através do projeto Tipitamba, a qual promove o aumento na produção pela intensificação do uso da terra; maior aproveitamento de nutrientes pelo solo; maior estoque de carbono; maior diversidade e elevado número de espécies com fase de sucessão da vegetação e representa maior acúmulo de biomassa, pois não há perdas de nutrientes provocados pelo uso do fogo.

Kato et al. (2010), ressaltam que a trituração do componente vegetal mantém os nutrientes no solo pelo processo de decomposição da matéria orgânica, reduz também a emissão de CO₂, bem como outros gases danosos para a atmosfera e agravantes do efeito estufa, conservando as raízes e impactando minimamente a regeneração de espécies, viabilizando uma promissora sucessão ecológica para a regeneração da mata secundária, bem como a inserção imediata da semente no solo com o uso do tico - tico.

Essa técnica vem sendo repassada aos agricultores familiares da região de estudo como alternativa para o melhor aproveitamento do solo, juntamente com a introdução de sistemas agroflorestais, bem como, a tentativa de conservação das áreas ripárias, as quais são, para algumas comunidades, as principais fontes de água para os diversos fins.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Realizar a avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas das microbacias dos igarapés Cumaru e São João, através de parâmetros físico-químicos e biológicos mais importantes, relacionando os resultados com o uso e ocupação do solo na região.

2.2 Específicos

- Avaliar as variações espaço-temporais dos parâmetros físico-químicos, das concentrações de cátions e ânions inorgânicos e de variáveis biológicas nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias estudadas;
- Relacionar as mudanças no uso da terra e o manejo do solo com possíveis alterações na qualidade da água;
- Caracterizar o uso dos recursos hídricos nas bacias, bem como, conhecer quais são as percepções dos moradores sobre os problemas das bacias estudadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

As microbacias dos igarapés Cumaru, com aproximadamente 4135 ha (1°11' S, 47°34' W) e São João com 2654 ha (01° 10' S, 47° 32' W), estão situadas a cerca de 12 km de distância da sede do município de Igarapé-Açu-PA. Essas microbacias são tributárias da bacia do rio Maracanã, rio este que serve de limite entre os municípios de Santa Maria e Nova Timboteua, a cerca de aproximadamente 100 km de Belém-PA.

O município de Igarapé-Açu tem sua geologia representada por unidades cenozoicas. Estratigraficamente a região é composta por sedimentos terciários - Formação Pirabas e Grupo Barreiras, e sedimentos quaternários - Formação Pós-Barreiras. No nordeste paraense, em levantamentos pedológicos foram caracterizados sete tipos de solos: Latossolo Amarelo Distrófico, Argissolo Amarelo Distrófico Típico, Argissolo Amarelo Distrófico Epiáquico, Argissolo Amarelo Distrófico Abrúptico, Neossolos Quartzarênicos e Gleissolos Háptico (COSTA FILHA, 2005).

De acordo com Lima, Souza e Figueiredo. (2007) e Silva et al. (2009) os solos das áreas das bacias são do tipo Argissolo Amarelo Distrófico, de textura arenosa/média, ácidos, profundos e bem drenados. Ocorrem sedimentos inconsolidados, arenosiltosos e areno-argilosos. Esses sedimentos apresentam coloração creme, amarela e amarelo-alaranjada, são pobremente selecionados, e contêm algumas vezes grãos esparsos de quartzo. As características litológicas desses sedimentos, aliadas à análise da geologia regional, permitem associá-los aos Sedimentos Pós-Barreiras (GÓES; TRUCKENBRODT, 1980).

Sotopostos a estes, a partir de aproximadamente 12 m de profundidade, ocorrem sedimentos com grandes variações litológicas, indo de argilas até arenitos grosseiros, do Grupo Barreiras. O contexto geológico da área define duas unidades aquíferas, denominadas de Aquífero Barreiras e Aquífero Quaternário (SILVA et al. 2009). Segundo os mesmos autores, o Aquífero Quaternário é constituído por areias de granulometria fina a média, moderadamente selecionadas, e apresenta cerca 12 m de espessura. Nas áreas com cotas topográficas mais elevadas o nível estático encontra-se com 13 m de profundidade, enquanto que nas mais baixas não ultrapassa 3 m.

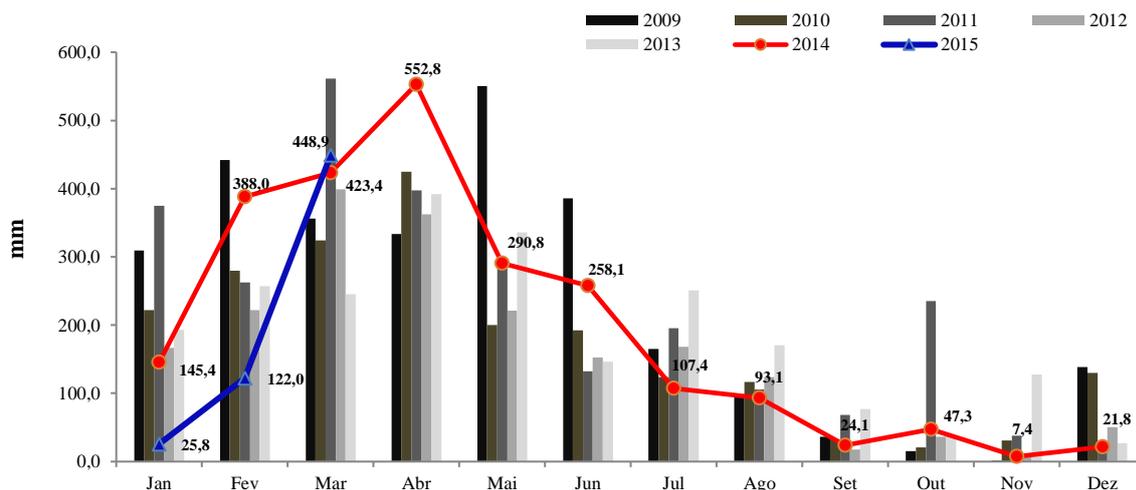
A região Bragantina é tida como um exemplo de fronteira agrícola antiga na Amazônia, tendo sido ocupada por colonos há mais de 120 anos, estando atualmente dominada por paisagens geradas pela ação antropogênica, com poucos remanescentes da vegetação original – floresta primária de terra firme, várzea, e igapós, assim como campinas inundáveis.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima é predominantemente do tipo climático *Ami* e do sub-tipo climático *Am2* (Köppen) com temperatura média anual em torno de 26,5 °C. A amplitude térmica é mínima e o clima é amenizado pela proximidade do oceano, sendo que a variação climática nesta região está associada com a distribuição das chuvas (MARTORANO et al., 1993; PACHÊCO; BASTOS, 2006).

De uma maneira geral, as precipitações na região são relativamente elevadas, com cerca de 2500-3000 mm entre os meses de janeiro a junho. Ocorre um período de estiagem característico entre os meses de julho a dezembro, caracterizado por baixas precipitações (inferiores a 60 mm) (SUDAM, 1984). A umidade relativa do ar situa-se entre 80-85% (média anual), associada ao regime de chuvas (MARTORANO et al., 1993).

Contudo, o período do estudo, que abrange os meses de abril de 2014 a março de 2015, apresentou uma diminuição no volume de chuvas em relação aos anos anteriores no mesmo período (Figura 1). Esta diminuição deve-se, possivelmente, a ocorrência do fenômeno *El Niño*, o qual ocorreu em 2014 e se estendeu até meados de 2016. Este fenômeno se caracteriza pela redução das chuvas nas porções leste e norte da Floresta Amazônica, ocasionando algumas estiagens cíclicas na região.

Figura 1- Precipitação mensal de 2009 a março de 2015.



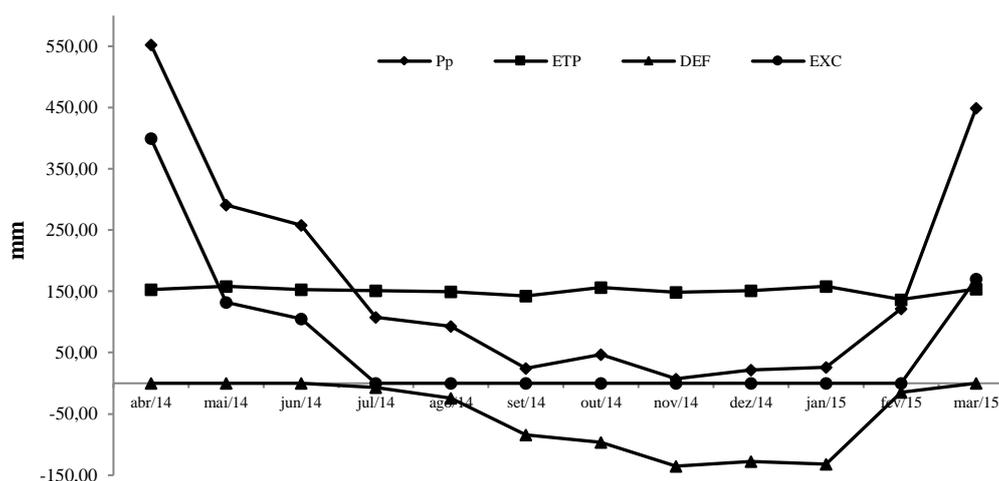
Legenda: Estação meteorológica de Igarapé Açu/Embrapa Amazônia Oriental (01°11'S e 047°35'W).

Foram utilizados dados de precipitações oriundos da estação meteorológica convencional em Igarapé Açu, a qual registrou total precipitado de 1999,50 mm para o período de estudo, sendo que os meses mais chuvosos foram os de abril, maio, junho e julho de 2014 e fevereiro e março de 2015, totalizando 1780,00 mm. O período menos chuvoso abrangeu os

meses de agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro/2014 e janeiro/2015, totalizando 219,50 mm.

A Figura 2 apresenta o balanço hídrico mensal que mostra a ocorrência de excesso e *déficit* de água durante o período do estudo. Observou-se que os maiores excedentes hídricos foram registrados nos meses de abril de 2014 (399,59 mm) e março de 2015 (170,49 mm), enquanto os maiores déficits, nos meses de novembro (-135,19 mm), dezembro (-127,78 mm) e janeiro (-131,83mm).

Figura 2- Balanço hídrico mensal, considerando retenção de água no solo de 125 mm, para a região de Igarapé-Açu, PA, no período do estudo que abrange os meses de abril de 2014 a março de 2015. Pp: chuva mensal; ETP: evapotranspiração potencial; DEF: deficiência de água no solo e EXC: excedente de água.



3.2 Caracterização do experimento

3.2.1 Monitoramento de água superficial

Para o monitoramento de água superficial foram estabelecidas, na microbacia do igarapé Cumaru (ICU), três estações de amostragem, sendo uma nascente (NasC) e dois canais principais, trecho médio (TmC) e confluência (ConC), respectivamente, pontos 1, 2 e 3, enquanto que na microbacia do igarapé São João (ISJ), quatro estações de amostragem, sendo uma nascente (NasSJ) e três canais principais, trecho médio (TmSJ), balneário (BalSJ) e confluência (ConSJ), respectivamente, pontos 4, 5, 6 e 7 (Figura 3), totalizando sete pontos de coleta de água superficial (Tabela 1).

Figura 3- Localização das estações de amostragem de água superficial nas microbacias dos igarapés Cumaru e São João, município de Igarapé Açu, Nordeste Paraense.

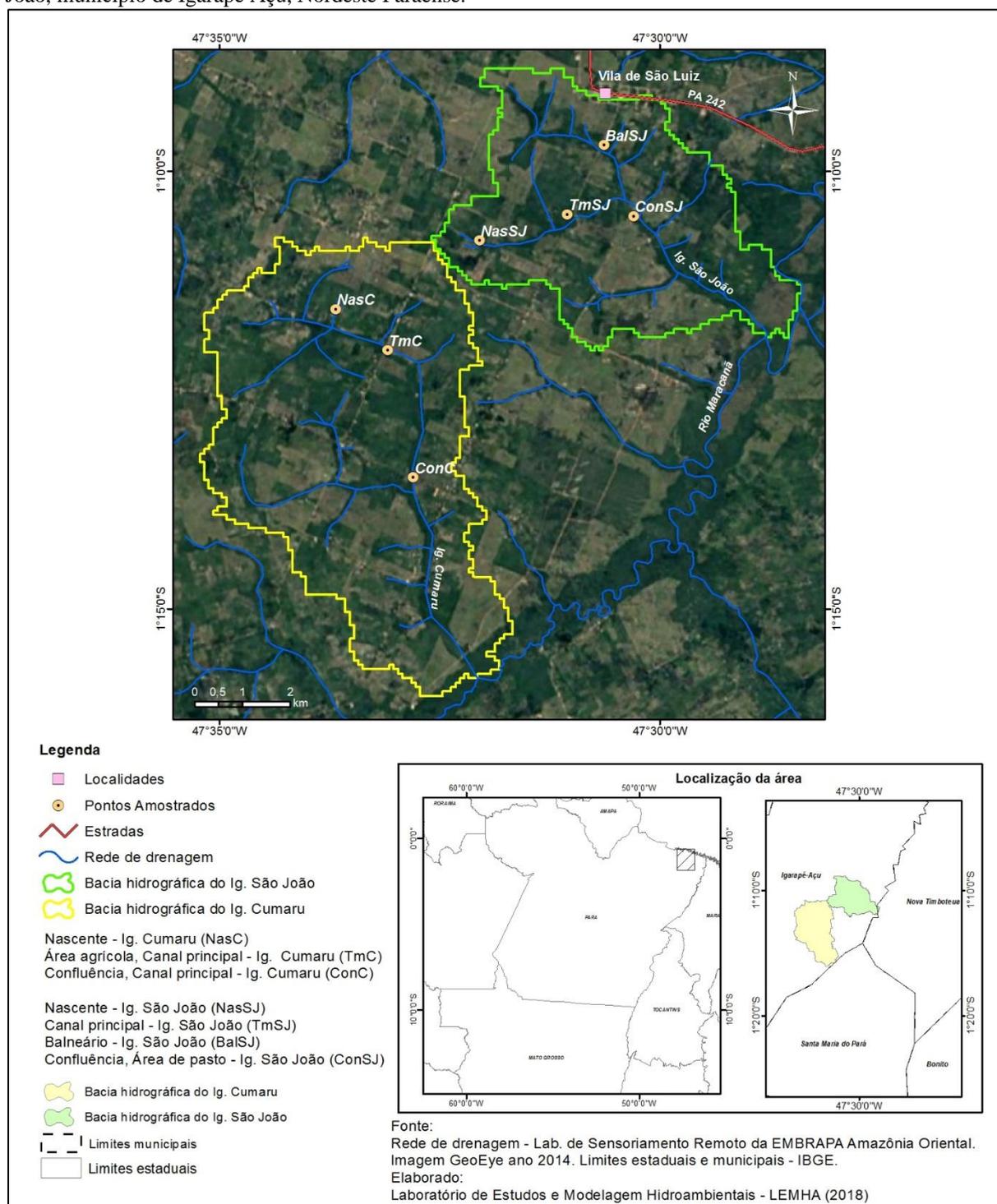


Tabela 1- Pontos de amostragem de água superficial nas duas microbacias estudadas, com respectivas localizações no mapa.

Microbacia	Estação de Amostragem	Ponto no mapa	Coordenadas		Altitude
ICU	NasC	1	S 1° 11' 34.3"	W 47° 33' 40.9"	40 m
	TmC	2	S 1° 12' 02.6"	W 47° 33' 05.3"	24 m
	ConC	3	S 1° 13' 29.6"	W 47° 32' 48.1"	22 m
ISJ	NasSJ	4	S 1° 10' 47.1"	W 47° 32' 02.9"	34 m
	TmSJ	5	S 1° 10' 29.6"	W 47° 30' 55.7"	25 m
	BalSJ	6	S 1° 09' 41.8"	W 47° 30' 38.2"	26 m
	ConSJ	7	S 1° 10' 30.5"	W 47° 30' 17.7"	21 m

A Figura 4 ilustra a distribuição de uso e cobertura da terra segundo o Projeto TerraClass (2014). Tendo sido realizada uma classificação de detalhe no Laboratório e Sensoriamento Remoto da EMBRAPA Amazônia Oriental, a partir dos dados de campo, onde determinou-se as porcentagens de uso e cobertura da terra no entorno de cada ponto de coleta, com o objetivo de relacionar estes diferentes tipos de uso e cobertura do solo com os resultados obtidos das análises das variáveis estudadas. Para isso, assumiu-se como área de abrangência de cada ponto, um raio de 300 m, os quais totalizam aproximadamente 28,5 ha de área de influência de cada ponto de coleta (Tabela 2, ANEXO A).

Tabela 2- Percentual das formas de uso de cobertura do solo – áreas de captação superficial.

Localização		Percentual de uso e cobertura da terra (%)						
		Vegetação ripária	Agricultura de derruba e queima	Agricultura de corte e trituração	Pastagem	SAF	Capoeira	Solo exposto
ICU	NasC	9,70	9,10	0,50	0,00	0,00	80,70	0,00
	TmC	27,22	2,58	0,00	31,30	1,00	37,90	0,00
	ConC	26,07	2,30	0,00	40,83	0,00	30,80	0,00
ISJ	NasSJ	16,16	28,87	0,00	0,00	0,00	54,97	0,00
	TmSJ	70,93	0,00	0,00	5,76	4,16	19,15	0,00
	BalSJ	49,42	3,14	0,00	5,10	0,00	42,34	0,00
	ConSJ	46,90	0,00	0,00	31,10	0,00	21,20	0,80

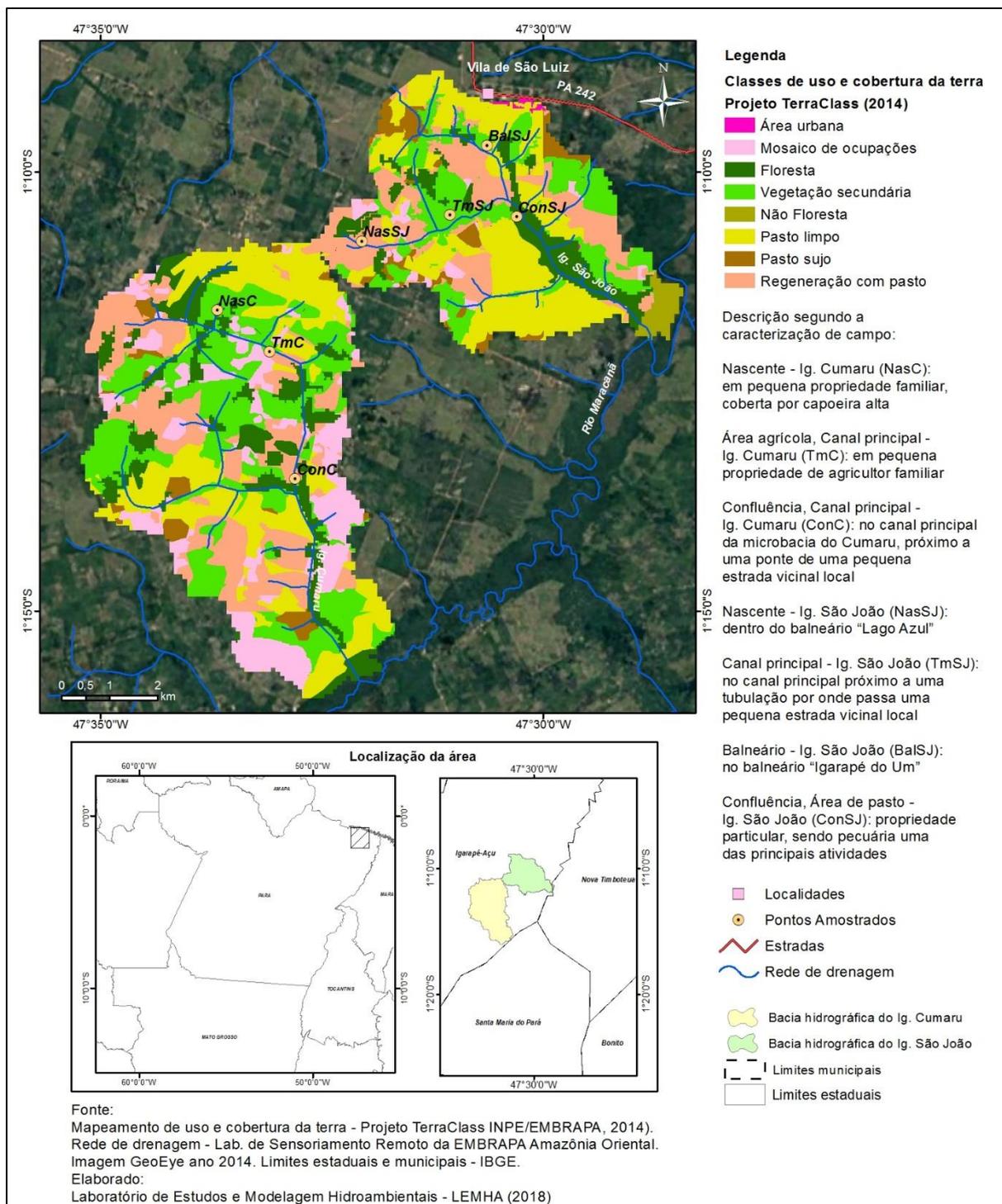
Onde: Nascente - Igarapé Cumaru (NasC); Área agrícola - Igarapé Cumaru (TmC); Canal principal - Igarapé Cumaru (ConC); Nascente - Igarapé São João (NasSJ); Canal principal - Igarapé São João (TmSJ); Balneário - Igarapé São João (BalSJ); Área de pasto - Igarapé São João (ConSJ).

3.2.2 Caracterização dos pontos de amostragem de água superficial na microbacia do Igarapé Cumaru

O primeiro ponto de coleta na microbacia ICU, localiza-se em área de nascente (NasC) dentro de uma pequena propriedade familiar, coberta por capoeira alta, onde a água mina para formação dessa nascente (Figura 4). O entorno nesta estação de amostragem do igarapé Cumaru é caracterizado por uma abertura no dossel, conferindo-o uma boa luminosidade, além de duas áreas distintas, as quais foram preparadas para plantio através que derruba e queima e corte e

trituração. Seu leito é constituído principalmente por areia e suas margens apresentam vegetação rasteira.

Figura 4- Caracterização do uso e cobertura da terra nas microbacias dos igarapés Cumaru e São João, município de Igarapé Açu, Nordeste Paraense.



O segundo ponto de coleta (TmC) localiza-se, também, próximo a uma pequena propriedade de agricultor familiar, junto a uma ponte, a cerca de 1300 m a jusante do primeiro ponto de coleta. A água é utilizada pela família para uso doméstico, e lazer da família e moradores das proximidades. A cobertura do solo é de capoeira alta, com cobertura aberta. A jusante do ponto de coleta há a presença de áreas de pasto de aproximadamente 440 m². O leito é constituído principalmente de areia, matacões e alguns troncos. Durante as campanhas, notou-se um aumento gradativo de macrófitas aquáticas próximas às margens.

O terceiro ponto de coleta (ConC) localiza-se no canal principal da microbacia do Cumaru, próximo a uma ponte de uma pequena estrada vicinal local. O principal uso da água neste local é o lazer dos moradores dos arredores. À montante do curso d'água e nas margens dessa estação predomina a floresta densa, com margens de aproximadamente 60 m propiciando cobertura fechada ao trecho. Contudo, o entorno do ponto também apresenta áreas de pasto de aproximadamente 230 m². O fundo é constituído por areia, matacões, blocos e troncos.

3.2.3 Caracterização dos pontos de amostragem de água superficial na microbacia do Igarapé São João

O primeiro ponto de coleta na microbacia ISJ, localiza-se em área de nascente (NasSJ) dentro de um balneário denominado “Lagoa Azul”, bastante conhecido na região (Figura 4). As coletas foram realizadas, aproximadamente, a 100m de distância à montante do local utilizado como balneário, a qual possui uma extensa área de capoeira alta as margens da nascente. O habitat neste local é pouco sombreado e apresenta baixa velocidade. O substrato é arenoso com vegetação aquática, como macrófitas submersas e com folhas flutuantes.

O segundo ponto de coleta (TmSJ) localiza-se no canal principal dessa bacia, junto a uma tubulação por onde passa uma pequena estrada vicinal local. O principal uso da água nesse local é o lazer dos moradores dos arredores. Contudo, algumas famílias que residem próximo utilizam a água para uso doméstico. À montante do curso d'água e nas margens dessa estação predomina capoeira alta e floresta densa. O local apresenta-se pouco sombreado e com um considerável aumento na velocidade da água em relação ao primeiro ponto. O leito é constituído por areia e matacões, vegetação enraizada com folhas flutuantes.

O terceiro ponto de coleta é um balneário (BalSJ) conhecido como “Igarapé do Um”, localiza-se no mesmo canal principal do ponto anterior, junto a uma tubulação por onde passa a pequena estrada vicinal local. O principal uso da água nesse local é o lazer dos moradores dos arredores. À montante do curso d'água predomina capoeira alta e poucos fragmentos de floresta

densa. O leito do rio apresenta-se pouco sombreado, com substrato arenoso e presença de vegetação aquática.

O último ponto de coleta (ConSJ) localiza-se dentro de uma propriedade particular, na qual a pecuária é uma das principais atividades. Este trecho do rio sofre drenagem de grandes áreas de pasto, de aproximadamente 100 ha que ficam no entorno. Nas margens deste trecho predomina capoeira alta e floresta densa. Contudo, à montante do ponto de amostragem existe uma área de solo exposto de aproximadamente 2000 m², que também escoam para o leito do rio. O local apresenta pouco sombreamento e, também, possui tubulações onde o fluxo da água apresenta um considerável aumento na velocidade em relação aos pontos anteriores. O leito é constituído por areia e cascalhos, e presença de vegetação aquática.

3.2.4 Monitoramento de água subterrânea

Para o monitoramento da água subterrânea foram perfurados trinta (30) poços de observação (piezômetros) construídos com tubo PVC de 2” de diâmetro que variaram de 1,70m a 16,94m de profundidade e distribuídos nos sistemas conforme a Tabela 3.

Na escolha dos locais foram selecionados 6 sistemas de uso do solo semelhantes para as duas microbacias, sendo Capoeira, Sistema Agroflorestal (SAF), área de plantio preparada com derruba e queima, área de plantio preparada com corte e trituração, Pastagem e Vegetação Ripária. Para a análise dos resultados foram obtidas as médias dos poços de cada área.

Como os pontos de amostragem foram definidos segundo critérios topográficos e pedogeoquímicos, buscando contemplar os tipos de usos e cobertura da terra mais frequentes nas duas microbacias, em áreas sob diferentes graus de impacto antrópico e, considerando também, a facilidade de acesso da equipe de pesquisa, admitiu-se o mesmo critério para determinação das porcentagens de uso e cobertura da terra feitos para os pontos de coleta de água superficial, para os pontos de coleta de água subterrânea.

Desse modo, para a microbacia do Igarapé Cumaru, as áreas preparadas com queima e trituração, além da área de capoeira e, conseqüentemente, vegetação ripária estão localizadas no entorno da área de nascente selecionada para o estudo da microbacia. Portanto, estão na mesma área de abrangência da nascente, admitindo-se as mesmas porcentagens de uso e cobertura do solo. Para a microbacia do Igarapé São João, seguiu-se o mesmo critério para as áreas de vegetação ripária e capoeira (Tabela 4, Figura 5).

Tabela 3- Localização e distribuição dos poços para coleta de água subterrânea nas duas microbacias estudadas.

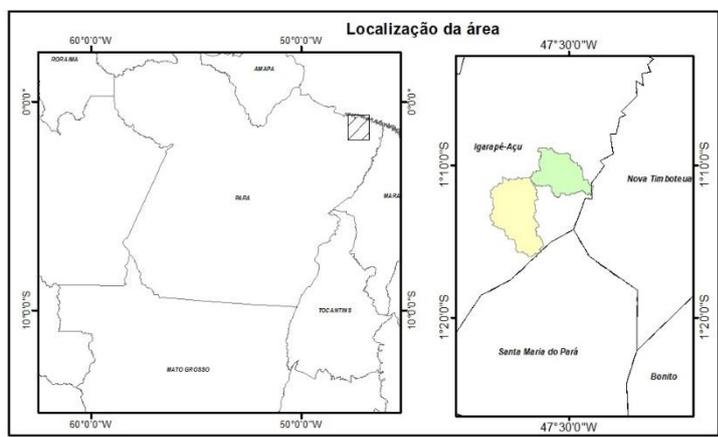
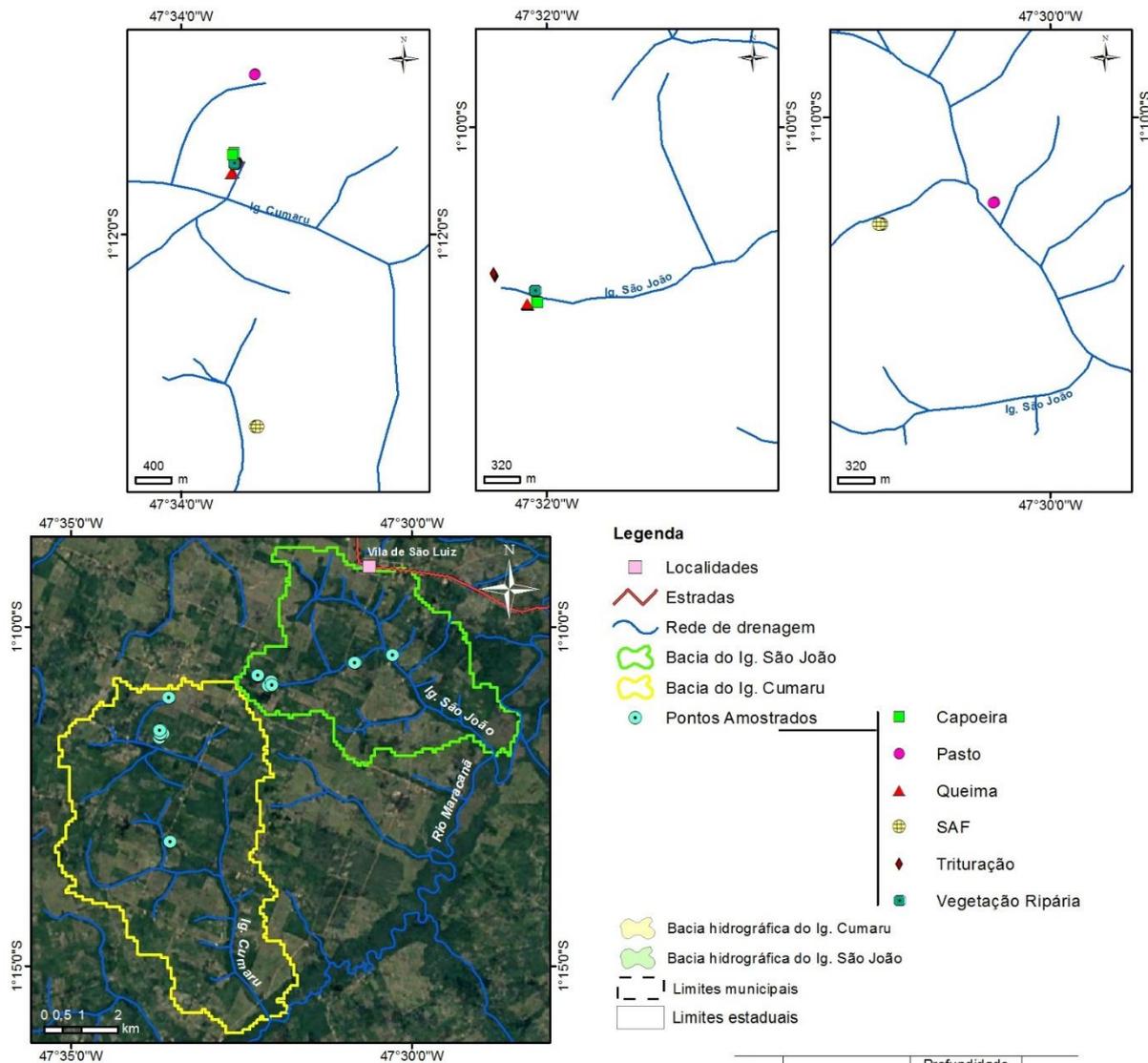
Microbacia	Área	Profundidade dos poços (m) - nível do solo	Coordenadas	Altitude
ICU	Pastagem	8,57	S 1° 11' 02.0" W 47° 33' 33.0"	49 m
		8,9	S 1° 11' 02.3" W 47° 33' 33.3"	48 m
	Vegetação Ripária	1,7	S 1° 11' 34.7" W 47° 33' 40.6"	41 m
		4,32	S 1° 11' 34.4" W 47° 33' 40.6"	40 m
	Capoeira	9,71	S 1° 11' 30.4" W 47° 33' 40.6"	52 m
		10,58	S 1° 11' 31.3" W 47° 33' 41.2"	50 m
	Agricultura de derruba e queima	6,33	S 1° 11' 37.9" W 47° 33' 40.9"	40 m
		5,92	S 1° 11' 38.1" W 47° 33' 41.3"	40 m
		6,74	S 1° 11' 38.2" W 47° 33' 41.6"	40 m
	Agricultura de corte e trituração	7,39	S 1° 11' 34.4" W 47° 33' 39.1"	45 m
		6,76	S 1° 11' 34.4" W 47° 33' 38.8"	45 m
		6,25	S 1° 11' 34.3" W 47° 33' 38.4"	46 m
	SAF	9,73	S 1° 13' 10.0" W 47° 33' 32.7"	40 m
		10,29	S 1° 13' 10.1" W 47° 33' 32.3"	41 m
10,14		S 1° 13' 10.0" W 47° 33' 32.0"	41 m	
ISJ	Pastagem	4,44	S 1° 10' 24.7" W 47° 30' 16.1"	20 m
		5,14	S 1° 10' 24.8" W 47° 30' 16.4"	20 m
	Vegetação Ripária	6,25	S 1° 10' 47.8" W 47° 32' 03.5"	38 m
		3,36	S 1° 10' 47.8" W 47° 32' 03.3"	36 m
	Capoeira	7,87	S 1° 10' 51.0" W 47° 32' 02.9"	43 m
		7,72	S 1° 10' 51.1" W 47° 32' 02.6"	42 m
	Agricultura de derruba e queima	12,73	S 1° 10' 52.0" W 47° 32' 05.3"	45 m
		12,23	S 1° 10' 51.8" W 47° 32' 05.5"	45 m
		13,1	S 1° 10' 51.5" W 47° 32' 05.6"	45 m
	Agricultura de corte e trituração	16,94	S 1° 10' 43.4" W 47° 32' 15.0"	51 m
		16,32	S 1° 10' 43.0" W 47° 32' 15.2"	51 m
		16,44	S 1° 10' 42.6" W 47° 32' 15.3"	51 m
	SAF	5,1	S 1° 10' 31.1" W 47° 30' 48.8"	28 m
		5,34	S 1° 10' 31.2" W 47° 30' 49.2"	28 m
4,95		S 1° 10' 31.1" W 47° 30' 49.6"	28 m	

Tabela 4- Percentual das formas de uso de cobertura do solo – áreas de captação subterrânea.

Localização	Percentual de uso e cobertura da terra (%)						
	Vegetação ripária	Agricultura de derruba e queima	Agricultura de corte e trituração	Pastagem	SAF	Capoeira	Solo exposto
ICU	PasC	16,49	15,73	0,00	67,78	0,00	0,00
	SafC	6,58	14,69	0,00	12,99	5,92	59,82
	CapC	9,66	9,12	0,51	0,00	0,00	80,71
	VRipC	9,66	9,12	0,51	0,00	0,00	80,71
	QueC	9,66	9,12	0,51	0,00	0,00	80,71
	TritC	9,66	9,12	0,51	0,00	0,00	80,71
ISJ	PasSJ	51,50	0,00	0,00	29,90	0,00	17,81
	SafSJ	55,94	1,25	0,00	21,07	4,15	17,59
	CapSJ	16,16	28,87	0,00	0,00	0,00	54,97
	VRipSJ	16,16	28,87	0,00	0,00	0,00	54,97
	QueSJ	16,35	45,14	0,00	0,00	0,00	38,51
	TritSJ	0,00	25,04	0,89	0,00	0,00	74,07

Onde: Pastagem - Igarapé Cumaru (PasC); SAF - Igarapé Cumaru (SafC); Capoeira - Igarapé Cumaru (CapC); Vegetação Ripária - Igarapé Cumaru (VRipC); Agricultura de derruba e queima - Igarapé Cumaru (QueC); Agricultura de corte e trituração - Igarapé Cumaru (TritC); Pastagem - Igarapé São João (PasSJ); SAF - Igarapé São João (SafSJ); Capoeira - Igarapé São João (CapSJ); Vegetação Ripária - Igarapé São João (VRipSJ); Agricultura de derruba e queima - Igarapé São João (QueSJ); Agricultura de corte e trituração - Igarapé São João (TritSJ).

Figura 5- Localização das estações de amostragem de água subterrânea nas microbacias dos igarapés Cumaru e São João, município de Igarapé Açu, Nordeste Paraense.



Fonte: Mapeamento de uso e cobertura da terra - Projeto TerraClass INPE/EMBRAPA, (2014). Rede de drenagem - Lab. de Sensoriamento Remoto da EMBRAPA Amazônia Oriental. Imagem GeoEye ano 2014. Limites estaduais e municipais - IBGE. Elaborado: Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais - LEMHA (2018)

Micro-bacia	Área	Profundidade dos poços (m) – nível do solo	Altitude
ICU	Pastagem	8,57	49 m
	Vegetação Ripária	8,9	48 m
	Vegetação Ripária	1,7	41 m
	Capoeira	4,32	40 m
	Capoeira	9,71	52 m
	Agricultura de derruba e queima	10,58	50 m
	Agricultura de derruba e queima	6,33	40 m
	Agricultura de derruba e queima	5,92	40 m
	Agricultura de corte e trituração	6,74	40 m
	Agricultura de corte e trituração	7,39	45 m
ISJ	Agricultura de corte e trituração	6,76	45 m
	Agricultura de corte e trituração	6,25	46 m
	SAF	9,73	40 m
	SAF	10,29	41 m
	SAF	10,14	41 m
	Pastagem	4,44	20 m
	Pastagem	5,14	20 m
	Vegetação Ripária	6,25	38 m
	Vegetação Ripária	3,36	36 m
	Capoeira	7,87	43 m
Capoeira	7,72	42 m	
ISJ	Agricultura de derruba e queima	12,73	45 m
	Agricultura de derruba e queima	12,23	45 m
	Agricultura de derruba e queima	13,1	45 m
	Agricultura de corte e trituração	16,94	51 m
	Agricultura de corte e trituração	16,32	51 m
	Agricultura de corte e trituração	16,44	51 m
SAF	SAF	5,1	28 m
	SAF	5,34	28 m
SAF	SAF	4,95	28 m

A metodologia adotada foi adaptada para este estudo e tem por base metodologia do Raio Fixo Arbitrário (HIRATA; REBOUÇAS, 1999; FOSTER et al., 2006), que embora possa parecer simplista por não levar em conta as variáveis hidrodinâmicas do aquífero, considera-se possível sua utilização em escala de detalhe e, principalmente, porque os poços estudados situam-se em áreas baixas, onde o lençol freático é menos profundo (MENEZES et al., 2014).

3.3 Avaliação do comportamento das vazões

As vazões foram medidas a partir da velocidade da corrente de água e da seção transversal do canal fluvial/tubo de cada ponto nas duas microbacias estudadas. As profundidades dos igarapés foram medidas uma vez a cada dia de amostragem, assim como a velocidade de corrente.

Para o cálculo da vazão nos canais livres, a batimetria dos igarapés para a medida de profundidade foi tomada a cada 50 cm, desde uma a outra margem do canal fluvial. Em cada subsecção foi calculada a área da seção molhada e a vazão. A vazão total em cada secção foi tomada pela somatória das subsecções. O aparelho utilizado para obtenção da velocidade foi um correntômetro digital da marca Global Water, modelo FP201, que consiste em uma haste acoplada a um visor digital e um tubo, onde a água passa fazendo com que as hélices girem registrando a velocidade da corrente.

Os perfis verticais de cada igarapé foram desenhados em papel milimetrado tamanho A2 para facilitar o cálculo de área de cada subsecção do perímetro molhado. O cálculo da vazão foi realizado através da equação 01. Para calcular a vazão em meia seção (tubos), o manual de instrução do correntômetro utilizado, fornece a tabela com valores da vazão, precisando fornecer apenas as variáveis: diâmetro do tubo (D) e nível da lâmina d'água (H) (Figura 6). Com a divisão destes valores (H/D) encontra-se a variável B, sendo que para cada valor de B há uma vazão já pré-definida (equação 02, equação 03), conforme Rosa (2007).

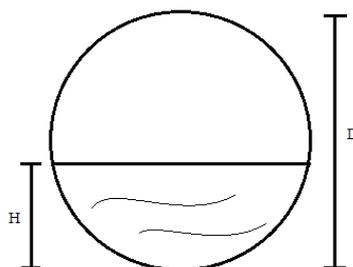
$$Q = A * V * 1000 \quad \text{eq. 01}$$

$$A_c = R^2 \quad \text{eq. 02}$$

$$B = H/D \quad \text{eq. 03}$$

Onde: Q é a vazão em L.s⁻¹; A é a área da seção transversal em m²; e V é a velocidade da corrente em m.s⁻¹ (CORREA, 2008). A_c = Área do círculo (m²); R = Raio do círculo; H = Nível do perímetro molhado (m); D = Diâmetro do círculo (m).

Figura 6- Esquema frontal de tubo com meia seção.



Fonte: Adaptado de Rosa (2007).

3.4 Caracterização físico-química das águas superficiais e subterrâneas

As coletas de água superficial foram realizadas em triplicata por meio da imersão a 20-25 cm da coluna d'água de frascos de polipropileno de 250 mL (boca larga; $\text{Ø} = 4$ cm) (ABNT, 2001), devidamente esterilizados, e as amostras de água subterrânea foram realizadas por meio de amostrador de água subterrânea de aço inoxidável (Bailer), ambas com intervalo de amostragem mensal.

3.5 Variáveis analisadas

Foram analisadas concentrações dos íons cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), amônio (NH_4^+), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), nitrato (NO_3^-) e fosfato (PO_4^{3-}), por meio de cromatografia líquida por troca iônica (cromatógrafo de íons Dionex DX-120, acoplado ao amostrador automático Dionex AS-40, com coluna supressora Dionex ASRS-ULTRA II 4 mm). As espécies químicas após interação com coluna analítica específica (AS22 - ânions) foram medidas por meio de um detector de condutividade que compõe o sistema de análise. Utilizou-se o *Software Chromeleon*, como ferramenta analítica de automação. Todas as soluções, incluindo eluente, regenerante, solução-estoque e solução-padrão foram preparadas com água ultrapura (*Milli-Q®* – marca *Millipore*), de baixa condutividade ($0,054 \mu\text{S}$ a 25°C).

Para a determinação da concentração de carbono orgânico dissolvido (COD), carbono inorgânico dissolvido (CID) e, nitrogênio total (NT), as amostras foram filtradas em um kit de filtração de vidro (*Millipore*) e membranas de microfibras de vidro *Millipore* ($\text{Ø} = \approx 0,7 \mu\text{m}$), posteriormente, essas serão armazenadas em frascos (calcinados) de quartzo (40 ml), conservadas com 1 ml de ácido fosfórico (H_3PO_4 10%) (p.a.) e retidas sob refrigeração até a realização das análises de carbono em um analisador TOC-V CSN Shimadzu. As amostras para

a determinação do CID, foram acidificadas (HCl 2N) no próprio sistema do TOC-V CSN Shimadzu, para a conversão das espécies de carbono inorgânico em CO₂. A concentração de nitrogênio total (NT) foi determinada, do mesmo modo, através do analisador TOC-V CSN combinado ao TNM-1 (módulo de nitrogênio - Shimadzu).

As análises das concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Coliformes foram realizadas, em parceria, pelo Instituto Evandro Chagas, onde: as análises das concentrações de DBO foram realizadas pelo método manométrico/respirométrico (SMEWW 5210B), através do equipamento BOD TRAK da HACH®, e as concentrações de coliformes foram determinadas através do número mais provável NMP/100ml de Coliformes Termotolerantes, utilizando o método de substrato cromogênico COLLILERT 18/QUANT-TRAY®, da IDEXX Laboratories, Inc.© seguindo as recomendações do fabricante e do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

As medidas de pH, temperatura, condutividade elétrica, turbidez e concentrações de oxigênio dissolvido nas águas superficiais e subterrâneas foram realizadas *in loco* através de sonda multiparamétrica HORIBA (HI 9828) portátil.

3.6 Análise estatística

3.6.1 Estatística descritiva, Correlações e Análise de Variância

Os dados coletados foram, inicialmente, submetidos a análise descritiva para obtenção de média, desvio-padrão, valores máximos e mínimos, por meio do programa Microsoft Office Excel 2010. Posteriormente, foram submetidos aos teste de normalidade (Shapiro-wilk, $p > 0,05$) e homocedasticidade (Testes de Bartlett e Levene's, $p > 0,05$) com o auxílio do *software* estatístico Minitab versão 14, para cada variável em cada ponto amostrado e para cada período.

Como os dados não atenderam os pressupostos de normalidade e/ou homocedasticidade, os mesmos foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, ao nível de significância de $p < 0,05$, seguido do teste de comparações múltiplas, bem como, aplicou-se a correlação de Spearman ($p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$) em todas as variáveis através do *software* estatístico SPSS versão 20.

Os fatores foram definidos da seguinte forma: variação espacial, correspondendo ao comportamento das variáveis nos trechos e poços analisados nas duas microbacias; e variação sazonal, correspondendo ao comportamento das variáveis no períodos definidos como chuvoso e seco.

As hipóteses a serem testadas são as seguintes: Hipóteses nulas: H_0 - não há diferença significativa na concentração das variáveis analisadas entre os trechos e/ou poços (espacialidade), bem como, não há diferença significativa na concentração das variáveis analisadas entre os períodos chuvoso e seco (sazonalidade). As hipóteses alternativas (H_1), afirmam que há diferença significativa em cada um dos casos. Este teste de hipóteses é para cada uma das variáveis analisadas, considerando um nível de significância de 95%.

A vazão foi correlacionada com a precipitação acumulada nos períodos de 30 dias, uma semana e 72 h anteriores à medida de vazão. Para a composição dos gráficos de correlação entre vazão e precipitação, de todas as variáveis para cada ponto e, para os gráficos do tipo boxplot, foi utilizado o pacote Microsoft Office Excel 2010 e *software* estatístico Minitab versão 14.

3.6.2 Classificação iônica das águas

A interpretação das análises químicas pode ser simplificada através da utilização de gráficos e diagramas sendo uma ferramenta útil para fazer comparação entre várias análises de água de um mesmo ponto em épocas diferentes, ressaltando a relação entre íons de uma mesma amostra e variações temporais (ROCHA, 2008).

Para a classificação química das águas das microbacias dos igarapés cumaru e são João, utilizou-se o Diagrama de Piper devido a um grande número de análises químicas e por classificar e comparar os distintos grupos de águas quanto aos íons dominantes (expresso em meq/L), além do balanço iônico para todos os pontos amostrados.

Desse modo, conforme Möbus (2002), em uma análise hidroquímica completa, a concentração total, expressa em meq/L, de íons positivos (cátions), deve ser aproximadamente igual à concentração de íons negativos (ânions). O desvio percentual desta igualdade é determinado pelo coeficiente de erro da análise. O cálculo do erro prático ($Ep\%$) foi feito por duas técnicas:

- Considerando os valores da Condutividade Elétrica (CE) da água, de acordo com a Equação 4.

$$Ep(\%) = \left| \frac{r \sum \hat{a}nions - r \sum \hat{c}átions}{r \sum \hat{a}nions + r \sum \hat{c}átions} \right| \times 200 \quad \text{eq. 04}$$

- Considerando os valores dos somatórios dos cátions ou ânions, de acordo com a Equação 5.

$$Ep(\%) = \left| \frac{r\sum\hat{a}nions - r\sum\hat{c}at\hat{i}ons}{r\sum\hat{a}nions + r\sum\hat{c}at\hat{i}ons} \right| \times 100 \quad \text{eq. 05}$$

A Tabela 5 apresenta os respectivos valores de erro prático em relação aos valores de condutividade elétrica e somatórios de cátions ou ânions para as duas equações. Todas as análises foram realizadas no software livre *Qualigraf*®, disponível na Fundação Cearense de Metrologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

Tabela 5- Valores referentes de erro prático para os dois cálculos de balanço iônico

Balanço iônico I	Cond. Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	50	200	500	2000	> 2000		
	Erro permitido (%)	30	10	8	4	< 4		
Balanço iônico II	$\sum\hat{c}at\hat{i}ons$ ou $\sum\hat{a}nions$	< 1	1	2	6	10	30	> 30
	Erro permitido (%)	15	10	6	4	3	2	1

3.6.3 Análise fatorial

Utilizou-se a técnica da análise fatorial, com objetivo de explicar a correlação entre as variáveis observáveis, de forma mais simples, através da redução do número de variáveis necessárias para descrevê-las (PESTANA; GAGEIRO, 2005), e com isso, caracterizar possíveis indicadores de qualidade de água para a região.

Para Donadio et al. (2005) o uso de indicadores físico-químicos da qualidade da água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam essas de origem antrópica ou natural. Para Eschrique *et al.* (2011), os indicadores constituem-se em instrumentos de avaliação, que devem ser adequados às diferentes realidades ambientais e socioeconômicas da região a ser avaliada.

Definir indicadores ambientais é compor um método para avaliação e desempenho de políticas públicas não somente para as questões de meio ambiente, mas também para revelar as dimensões econômicas (VEIGA, 2010).

Segundo Reis (2001), o modelo fatorial padronizado (média 0 e desvio padrão 1) pode ser expresso conforme a equação 06.

$$X_i = ai_1F_1 + ai_2F_2 + \dots + aimF_m + \varepsilon_i \quad (i = 1, \dots, p) \quad \text{eq. 06}$$

Onde,

X_i = representa as variáveis padronizadas;

a_i = denominado de *loading* ou cargas fatoriais, representa o peso da variável i no fator j , ou seja, o grau de correlação entre as variáveis originais e os fatores;

F_k = representa os fatores comuns, que são independentes (ortogonais) e igualmente distribuídos, com média 0 e variância 1 ($k = 1, \dots, m$);

ε_i = representa os fatores específicos, que são independentes e igualmente distribuídos, com média 0 e variância ψ_i , $\text{Var}(\varepsilon_i) = \psi_i$.

A extração dos fatores foi realizada através do método da componente principal, o qual permite transformar um conjunto de variáveis quantitativas iniciais correlacionadas entre si (x_1, x_2, \dots, x_p), noutro conjunto com um menor número de variáveis não correlacionadas (ortogonais) e designadas por componentes principais (y_1, y_2, \dots, y_p), que resultam de combinações lineares das variáveis iniciais, reduzindo a complexidade de interpretação dos dados (PESTANA; GAGEIRO, 2005).

O número de fatores necessários para descrever os dados pode ser obtido a partir do procedimento denominado Critério da Raiz Latente ou Critério de Kaiser, no qual se escolhem fatores que tem autovalores (*eigenvalues*) - exprimem a variância explicada por cada fator - maiores que 1, descartando-se os fatores com autovalores menores que 1. A relação entre os fatores e as variáveis individuais é definida pela matriz das componentes obtidas na fase de extração, decorrente dos valores atribuídos ao fator. Caso os fatores que compõem a matriz apresentem valores de difícil interpretação, é indicado o uso do procedimento de transformação ortogonal (rotação da matriz dos pesos fatoriais), o qual gera uma nova matriz, de mais fácil interpretação sem alterar a variância total (GIRÃO et al., 2007).

Segundo Hair Jr. et al. (2009), esse procedimento maximiza a variância entre os fatores, alterando a raiz característica sem afetar a proporção da variância total explicada pelo conjunto. Dessa forma, após a rotação, as variáveis passam a apresentar pesos próximos a um ou a zero, eliminando valores intermediários que dificultam a interpretação dos fatores. Neste estudo, utilizou-se o modelo de rotação ortogonal *Varimax* devido sua facilidade de interpretação e emprego frequente em estudos de qualidade de água e processos hidrológicos, conforme Helena et al. (2000), Andrade et al. (2003) e Palácio (2004).

A medida denominada Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), é uma estatística que varia entre zero e um, e compara as correlações de ordem zero com as correlações parciais observadas entre as variáveis (PESTANA; GARNEIRO, 2005). Esta medida é dada pela equação 07.

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum r^{2ij}}{\sum_{i \neq j} \sum r^{2ij} + \sum_{i \neq j} \sum a^{2ij}} \quad \text{eq. 07}$$

Onde, r_{ij} = coeficiente de correlação entre as variáveis; a_{ij} = coeficiente de correlação parcial.

A estatística KMO, cujos valores variam de 0 a 1, avalia a adequação da amostra quanto ao grau de correlação parcial entre as variáveis, que deve ser pequeno; o valor de KMO próximo de 0 indica que a AF pode não ser adequada, pois existe uma correlação fraca entre as variáveis (REIS, 2001). Por outro lado, quanto mais próximo de 1 o seu valor, mais adequada é a utilização da técnica. A Tabela 6 apresenta os valores de KMO e suas respectivas recomendações para a aplicação da Análise Fatorial.

Tabela 6. Classificação para aplicação da Análise Fatorial pela medida KMO.

Valor do KMO	Recomendação
$KMO > 0,90$	Excelente
$0,90 > KMO > 0,80$	Boa
$0,80 > KMO > 0,70$	Média
$0,70 > KMO > 0,60$	Razoável
$0,60 > KMO > 0,50$	Ruim, mas aceitável
$KMO < 0,50$	Inaceitável

Fonte: Adaptado de Reis (2001).

Uma forma de examinar a matriz de correlações e verificar a AF consiste na aplicação do teste de esfericidade de Bartlett. Utiliza-se tal teste com o intuito de avaliar a hipótese de que a matriz das correlações pode ser a matriz identidade com determinante igual a 1 (REIS, 2001).

Se a matriz de correlações for igual a matriz identidade, isso significa que as inter-relações entre as variáveis são iguais a 0 e, neste caso, deve-se reconsiderar a utilização da análise fatorial. Assim, as hipóteses testadas são: $H0$: a matriz de correlações é uma matriz identidade contra $H1$: a matriz de correlações não é uma matriz identidade.

Todas as análises estatísticas foram realizadas através do programa estatístico SPSS, versão 20.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*), e pacote MS Excel. A seleção do número de componentes extraídos seguiu os preceitos apresentados por Norusis (1990), que considera somente componentes com variância superior a um. Esse critério fundamenta-se no fato de que qualquer fator deve explicar uma variância superior àquela apresentada por uma simples variável.

3.7 Análise socioambiental

Esta etapa do estudo teve por objetivo levantar o maior número de informações a cerca das diversas formas de uso da água pela comunidade, bem como, suas condições de saneamento e saúde, uma vez que, as condições do saneamento ambiental caracterizaram-se como um dos principais problemas observados durante as campanhas de coleta das amostras de água, principalmente no que concerne a falta de tratamento dos esgotos sanitários e à disposição final dos resíduos sólidos, expondo a população local ao risco à saúde e contribuindo para a degradação ambiental.

Portanto, foram aplicados 97 questionários fechados com 26 perguntas compondo três tópicos (características pessoais dos entrevistados, diferentes usos da água e atividades agropecuárias e os usos da água). Tomou-se por base os domicílios mais próximos dos pontos de coleta e cursos ou fontes de água nas duas microbacias estudadas, sendo 75 questionários nas comunidades do Igarapé Cumaru e 22 questionários nas comunidades do Igarapé São João, nos períodos de 15 a 18/06/15 e 29 e 30/06/2016.

A maior dificuldade para o levantamento dessas informações, inicialmente, ocorreu na definição da população e amostra. Isto porque, as duas microbacias possuem uma extensa área, e as comunidades residem, geralmente, ao longo dos rios. Portanto, definiu-se como estratégia de pesquisa considerar os moradores próximos aos pontos de coleta de água superficial e subterrânea (poços).

Todas as residências visitadas foram georreferenciadas com o auxílio de um GPS, tomando sempre como referência de marcação a frente da residência do morador. Esta estratégia tem por finalidade perceber a diferença espacial entre os possíveis pontos de poluição e o leito do rio ou poço mais próximo, o que pode permitir um melhor delineamento do impacto da poluição na qualidade das águas, associado às características socioambientais peculiares de cada família, núcleo familiar ou tipo de propriedade existente na região.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comportamento da precipitação e vazão

A Tabela 7 apresenta o total de chuva mensal e anual, assim como as vazões os pontos de nas microbacias ICU e ISJ nos meses de abril de 2014 a março de 2015, além de valores máximo, mínimo, média e desvio padrão dos mesmos. A precipitação total para o período do estudo foi de 1999,50 mm, sendo que nos meses mais chuvosos, abril de 2014 e março de 2015, a precipitação foi de 552,80 mm e 448,90 mm, respectivamente, enquanto que no mês de novembro de 2014, menos chuvoso, a precipitação foi de 7,40 mm.

Tabela 7- Precipitação medida na estação meteorológica de Igarapé Açu/Embrapa Amazônia Oriental e vazões medidas nos pontos amostrados.

Mês	Precipitação (mm)	Vazão (L.s ⁻¹)						
		ICU			ISJ			
		NasC	TmC	ConC	NasSJ	TmSJ	BalSJ	ConSJ
abr/14	552,8	7,35	149,65	401,13	3,24	128,96	121,11	249,52
mai/14	290,8	5,88	233,06	264,75	3,15	175,10	117,55	520,22
jun/14	258,1	4,08	101,40	236,69	2,10	136,64	92,72	232,15
jul/14	107,4	4,47	116,68	178,12	2,24	128,79	55,28	183,24
ago/14	93,1	1,62	96,88	177,12	3,50	83,23	51,83	175,91
set/14	24,1	1,91	71,20	128,13	4,30	122,91	40,68	155,87
out/14	47,3	1,98	18,44	126,64	4,50	89,13	23,80	117,75
nov/14	7,4	1,22	33,00	49,78	3,00	108,23	25,45	138,71
dez/14	21,8	1,97	29,18	40,16	4,37	96,40	28,61	107,06
jan/15	25,8	1,49	39,87	72,84	3,10	93,94	21,56	88,73
fev/15	122	1,40	48,93	63,57	3,97	88,18	23,38	78,53
mar/15	448,9	1,10	43,03	57,86	3,84	101,08	28,73	79,57
Máx.	552,8	7,35	233,06	401,13	4,50	175,10	121,11	520,22
Mín.	7,4	1,10	18,44	40,16	2,10	83,23	21,56	78,53
Total	1999,5							

Onde: Nascente - Igarapé Cumaru (NasC); Área agrícola - Igarapé Cumaru (TmC); Canal principal - Igarapé Cumaru (ConC); Nascente - Igarapé São João (NasSJ); Canal principal - Igarapé São João (TmSJ); Balneário - Igarapé São João (BalSJ); Área de pasto - Igarapé São João (ConSJ)

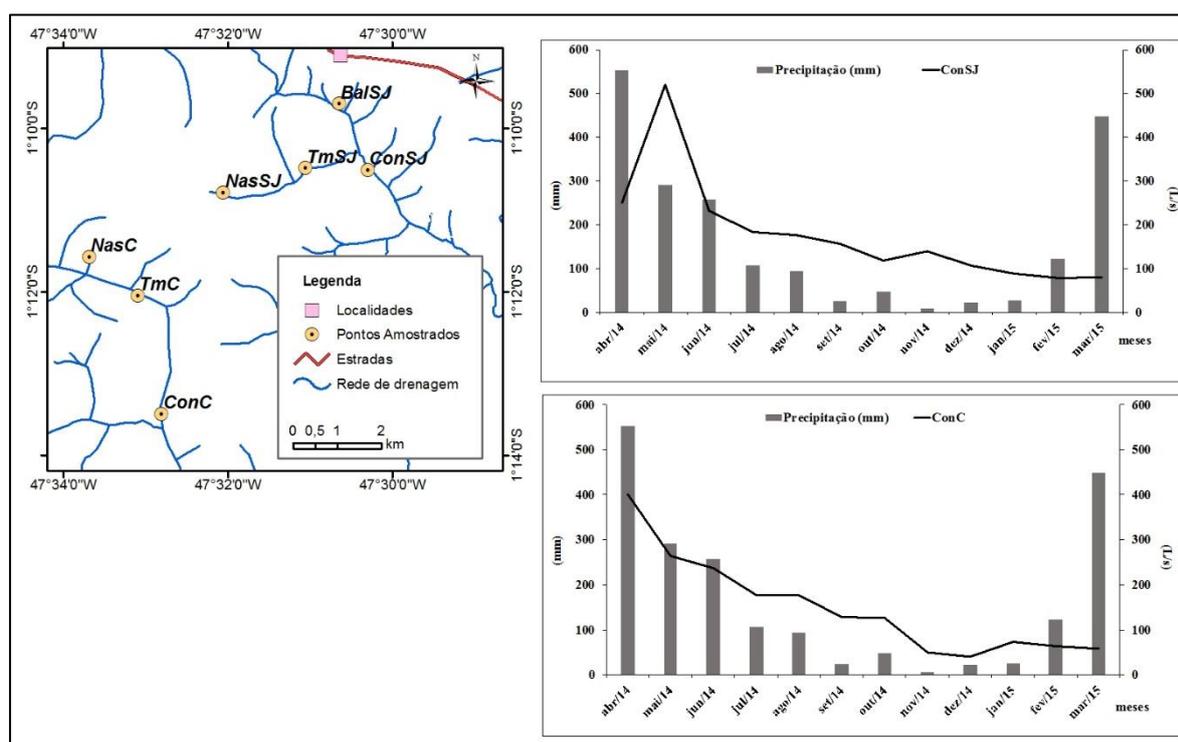
Fonte: Dados de precipitação oriundos do Laboratório de Climatologia CPATU. Dados de vazão oriundos do estudo.

Observou-se que a distribuição de chuvas durante o período de estudo foi bastante heterogênea, sendo que a precipitação dos meses de abril de 2014 e março de 2015, 552,80 mm e 448,90 mm, respectivamente, somam mais da metade do total precipitado durante todo o período de estudo. Em contrapartida, os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, somam um pouco mais de 100,00 mm de chuva.

Quanto ao comportamento das vazões, o ponto mais a jusante das duas microbacias (ConC e ConSJ) representam as vazões de referência do comportamento hidrológico para o

período avaliado. No Igarapé São João existe uma particularidade importante, a contribuição do canal de drenagem onde se localiza TmSJ é maior do que onde está localizado BalSJ, sendo que estes dois são influenciados por ações antrópicas de intervenção: em BalSJ tem-se o Balneário “Igarapé do Um”; e próximo a TmSJ é observada a ocorrência de tubulação por onde passa uma pequena estrada vicinal local e a montante (em NasSJ) existe um outro balneário (“Lago Azul”). A presença deste balneário em NasSJ é um elemento que pode ter influenciado nas vazões diferenciais observadas durante o período menos chuvoso, indicando que o mesmo deve realizar alguma forma de regularização do fluxo neste período (Figura 7).

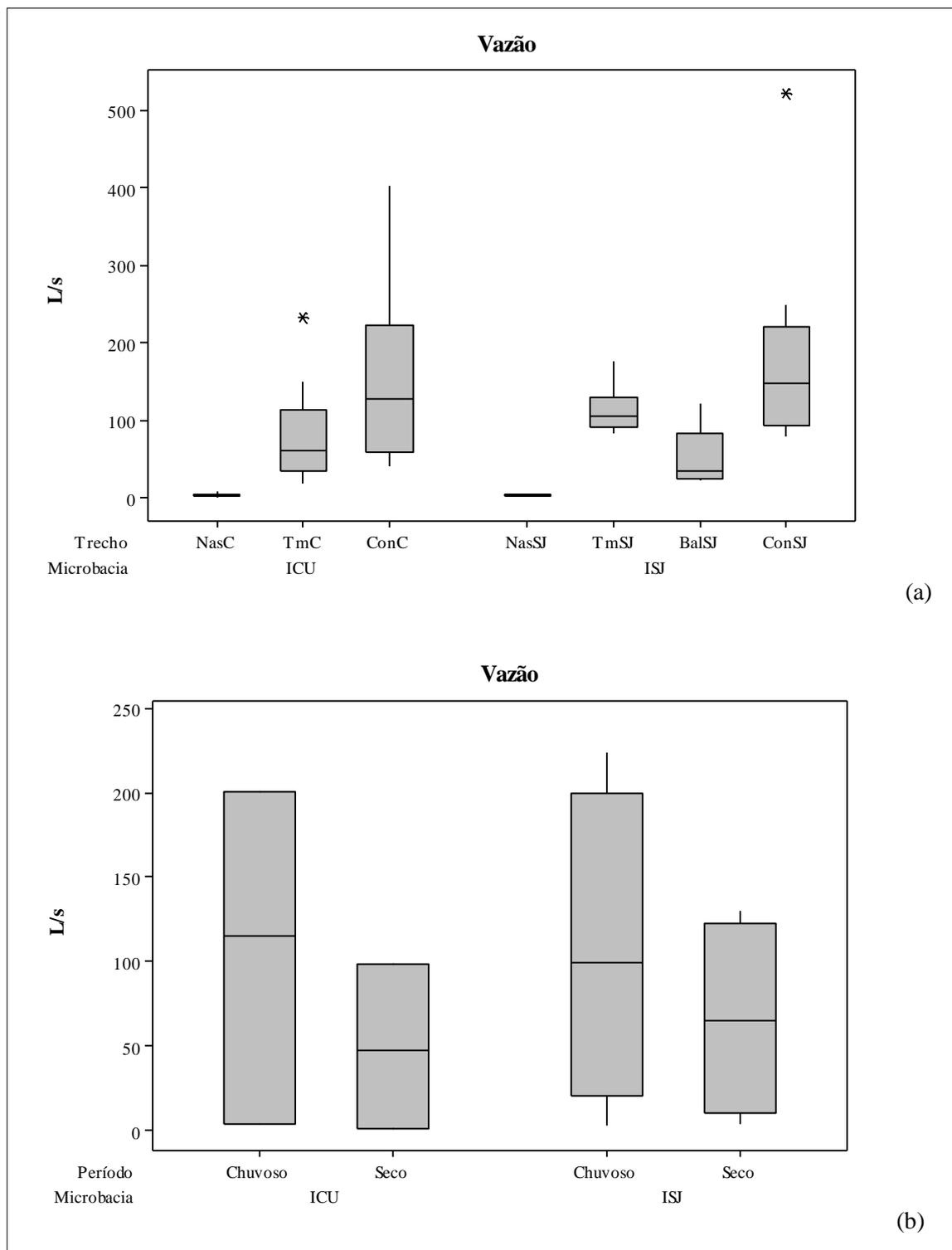
Figura 7- Comportamento chuva x vazão.



Nota-se que a microbacia do Igarapé São João tem seu comportamento influenciado pelas ações de alteração da paisagem existentes, tanto que de janeiro a março de 2015 observou-se uma redução do fluxo em ConSJ, possivelmente influenciada pelas atividades de manejo da área de pasto que influencia diretamente esta.

A Figura 8 apresenta as distribuições das vazões medidas nas microbacias ICU e ISJ, ao longo dos meses de abril de 2014 a março de 2015. Observou-se que as menores vazões registradas foram observadas nos pontos de nascente das duas microbacias, com médias de 2,87 L.s⁻¹ para NasC e 3,44 L.s⁻¹ para NasSJ.

Figura 8- Variação espacial (a) e sazonal (b) das vazões medidas neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumaru (ICU) e São João (ISJ).



Onde: Nascente - Igarapé Cumaru (NasC); Área agrícola - Igarapé Cumaru (TmC); Canal principal - Igarapé Cumaru (ConC); Nascente - Igarapé São João (NasSJ); Canal principal - Igarapé São João (TmSJ); Balneário - Igarapé São João (BalSJ); Área de pasto - Igarapé São João (ConSJ).

O teste de Kruskal-Wallis revelou que existe diferença significativa no comportamento da vazão entre os trechos analisados, nas duas microbacias, conforme a Tabela 8. No entanto, em relação à sazonalidade, o teste não evidenciou diferença entre os períodos estudados – Chuvoso e Seco (Tabela 9).

Tabela 8- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Vazão ($L.s^{-1}$), nos trechos analisados, nas duas microbacias.

Vazão ($L.s^{-1}$)	ICU	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
				Comparação de pares	Sig.
		$[X^2 (2) = 25,191; p < 0,01]$	H_1	NasC-TmC	0,001
				NasC-ConC	0,000
Vazão ($L.s^{-1}$)	ISJ	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
				Comparação de pares	Sig.
		$[X^2 (3) = 35,526; p < 0,01]$	H_1	NasSJ-TmSJ	0,000
				NasSJ-ConSJ	0,000
				BalSJ-ConSJ	0,021

Tabela 9- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Vazão ($L.s^{-1}$), nos períodos (chuvoso e seco) analisados, nas duas microbacias.

Vazão ($L.s^{-1}$)	ICU	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
			$[X^2 (1) = 3,266; p > 0,05]$
Vazão ($L.s^{-1}$)	ISJ	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
			$[X^2 (1) = 0,715; p > 0,05]$

Estes resultados apresentam-se coerentes, uma vez que, as áreas de drenagem e captação de chuva aumentam de montante para jusante. Os resultados das análises estatísticas apresentam correlação significativa ao nível de $p \leq 0,01$ e inversa entre a vazão e o percentual de área com atividade de agricultura de derruba e queima ($c = -0,901$, sig. = 0,006) e área coberta por capoeira ($c = -0,893$, sig. = 0,007). E correlação direta com o percentual de área de pasto ($c = 0,811$, sig. = 0,027), ao nível de significância de $p \leq 0,05$.

Dessa maneira, para fins de caracterização hidrogeoquímica das águas fluviais, considerou-se como período mais chuvoso os meses de abril, maio, junho e julho de 2014 e fevereiro e março de 2015, e os meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2014 e janeiro de 2015 como o período menos chuvoso. Diante disso, pode-se dizer que as microbacias ICU e ISJ apresentaram, durante o período do estudo, comportamento hidrológico atipicamente mais seco (Figura 9). A Figura 10 apresenta a variação da vazão medida a cada mês em relação a precipitação acumulada ao longo do período de 30 dias, de uma semana e de 72 horas anteriores à medida de vazão nos ICU e ISJ.

Figura 9- Precipitação diária (mm) ao longo do período de coleta, abril de 2014 a março de 2015.

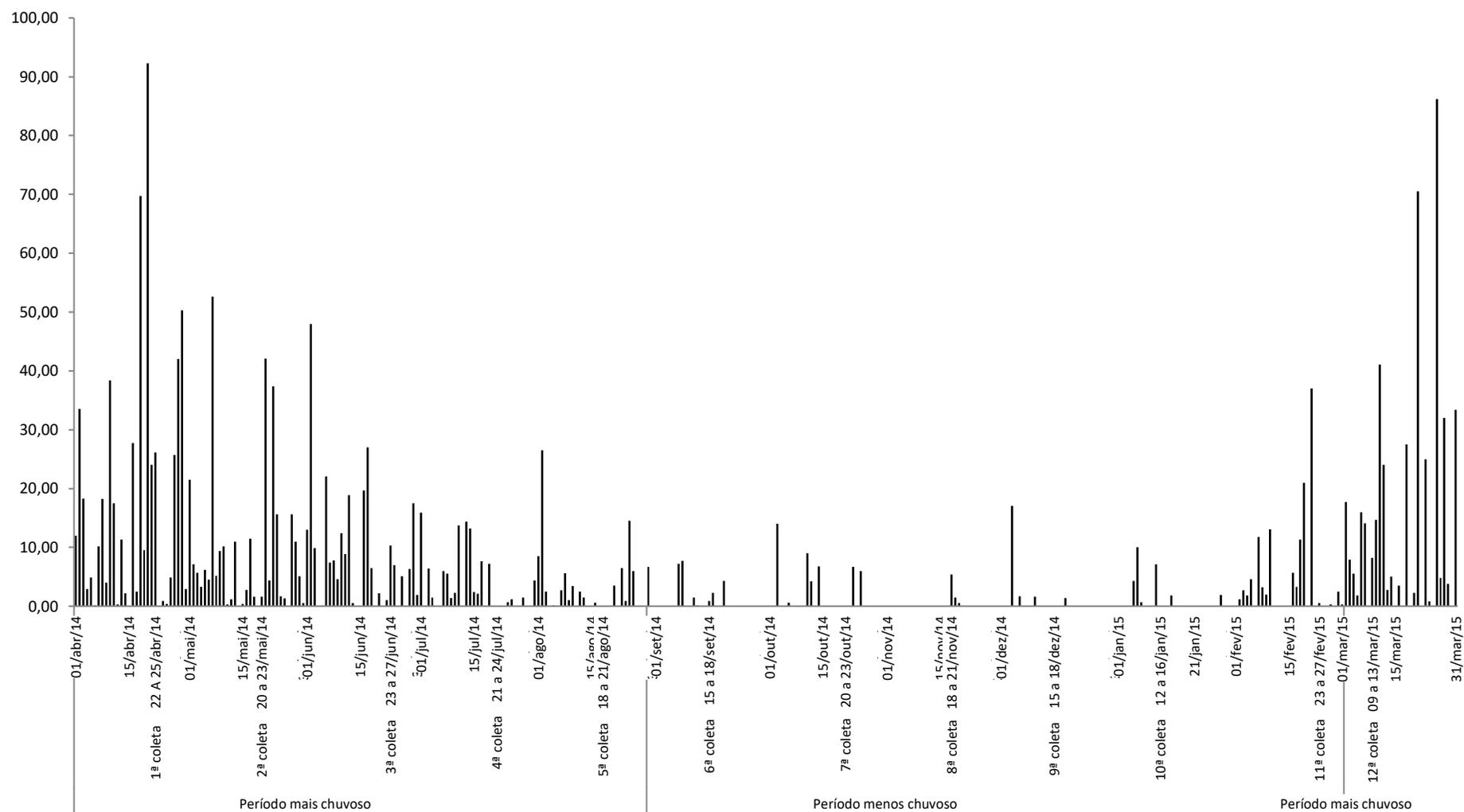
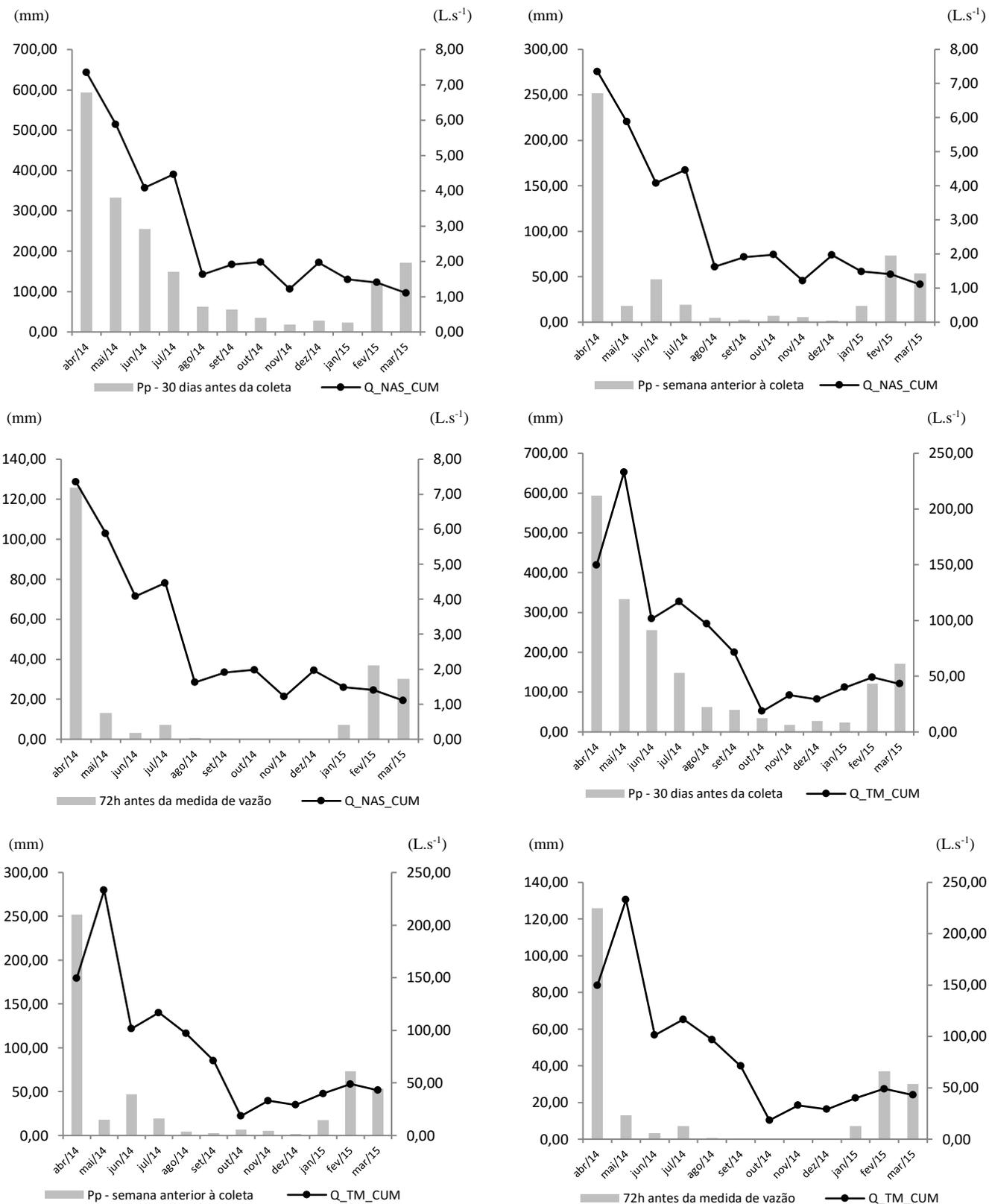
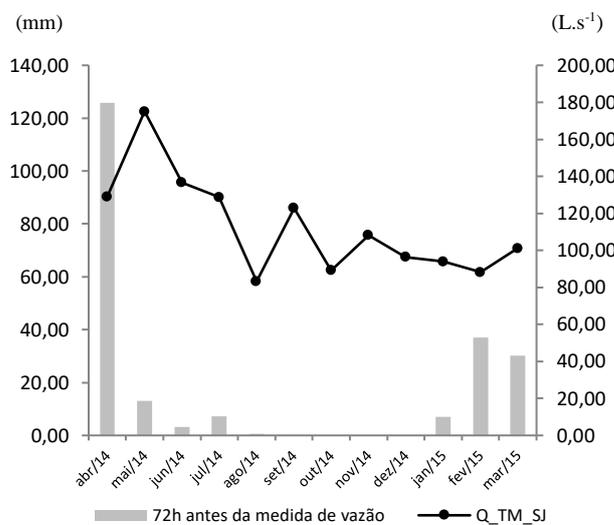
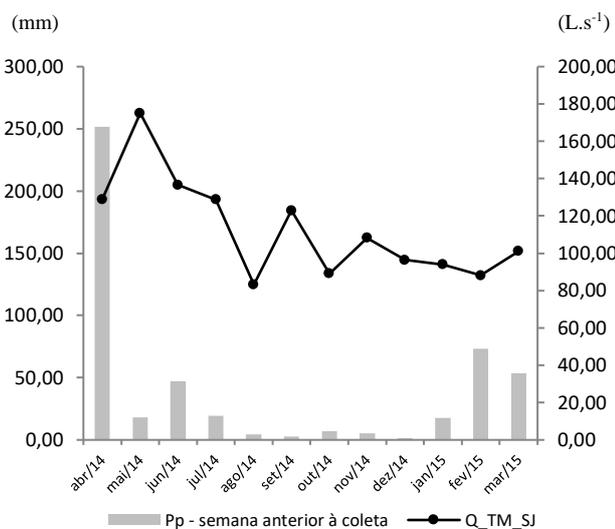
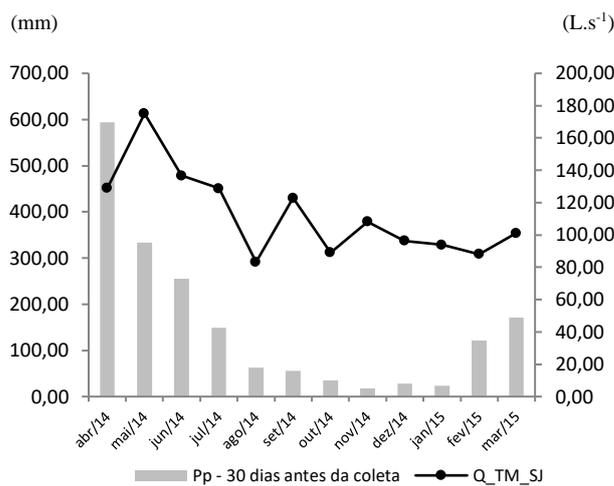
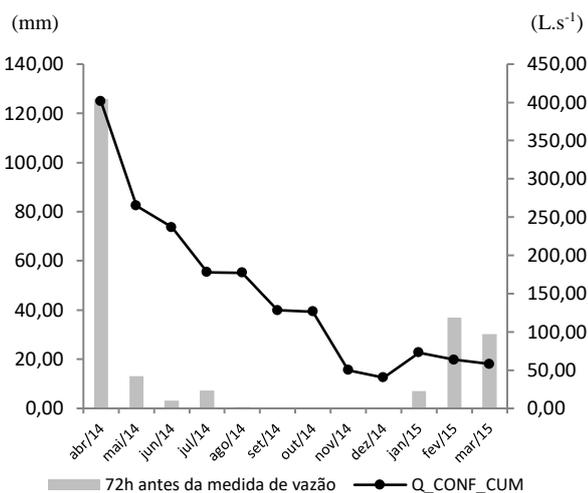
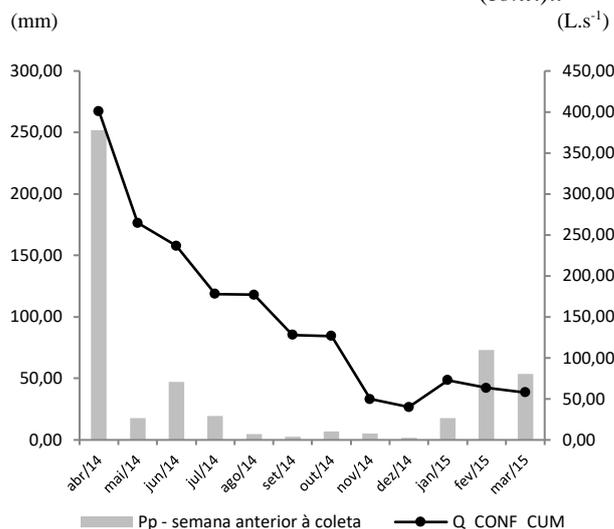
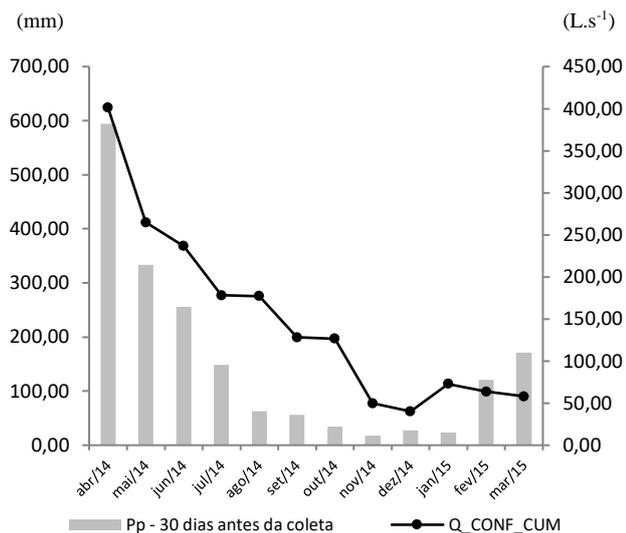


Figura 10- Precipitação (mm) acumulada no período de 30 dias, uma semana e 72 h anteriores a medida de vazão ($L.s^{-1}$) nos pontos amostrados.



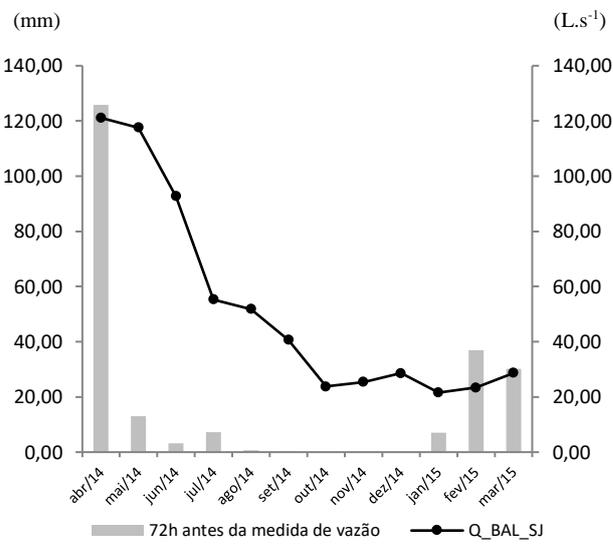
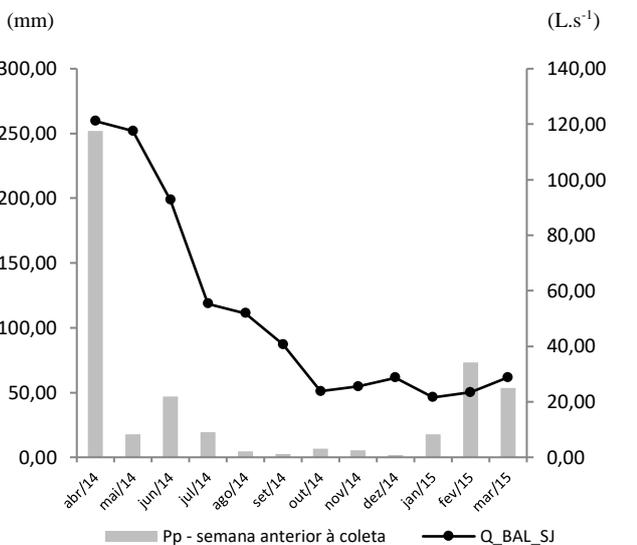
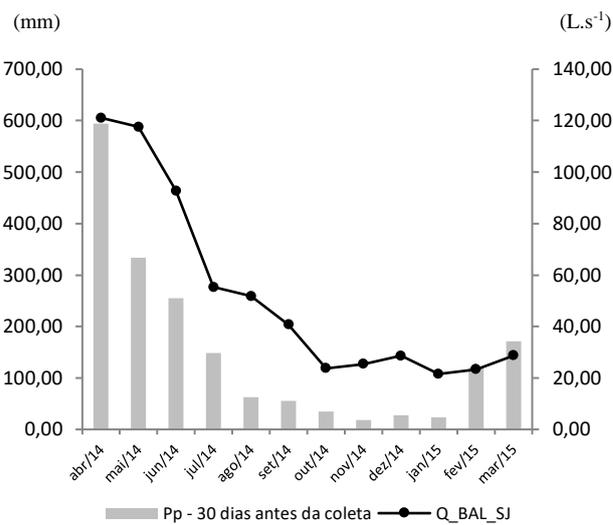
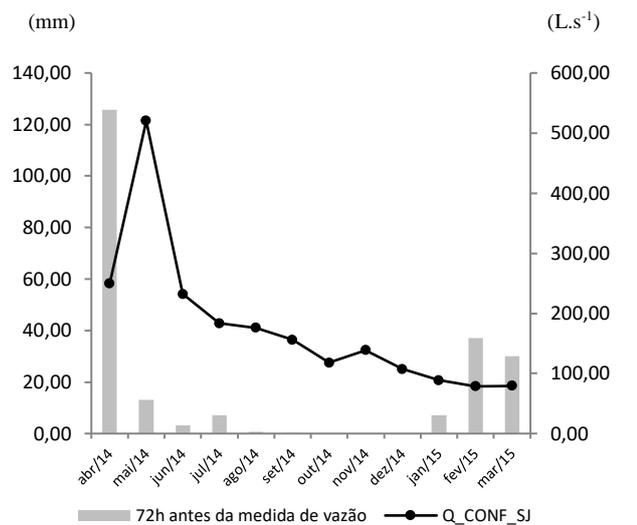
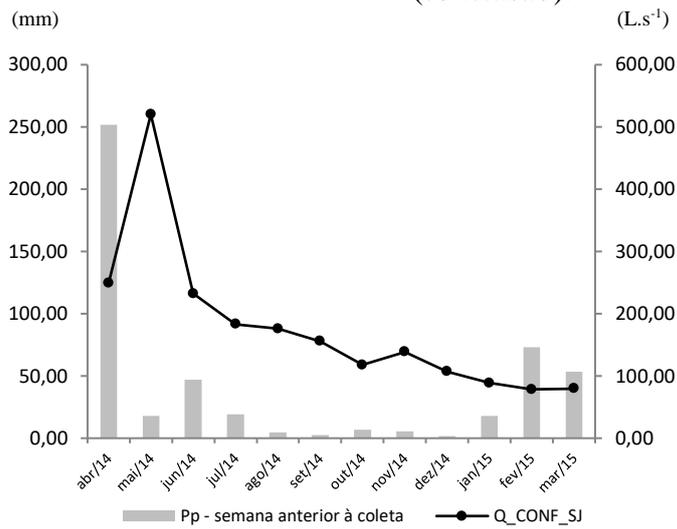
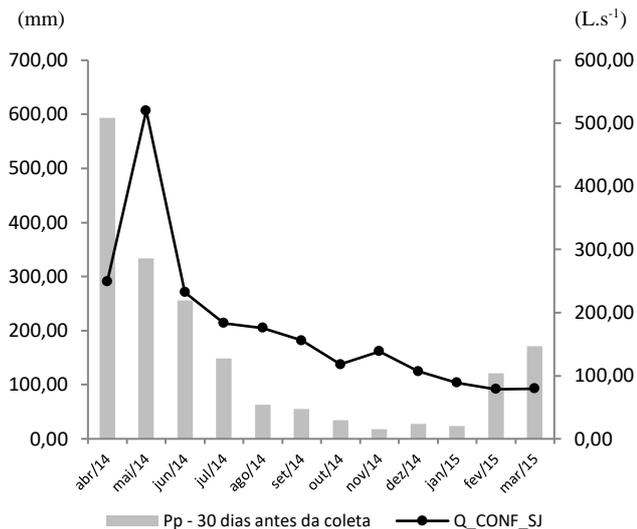
Onde: Nascente - Igarapé Cumaru (NAS_CUM); Área agrícola - Igarapé Cumaru (TM_CUM); Canal principal (confluência) - Igarapé Cumaru (CONF_CUM). Canal principal - Igarapé São João (TM_SJ); Balneário - Igarapé São João (BAL_SJ); Área de pasto - Igarapé São João (COM_SJ).

(cont)..



Onde: Nascente - Igarapé Cumaru (NAS_CUM); Área agrícola - Igarapé Cumaru (TM_CUM); Canal principal (confluência) - Igarapé Cumaru (CONF_CUM). Canal principal - Igarapé São João (TM_SJ); Balneário - Igarapé São João (BAL_SJ); Área de pasto - Igarapé São João (COM_SJ).

(conclusão).



Onde: Nascente - Igarapé Cumaru (NAS_CUM); Área agrícola - Igarapé Cumaru (TM_CUM); Canal principal (confluência) - Igarapé Cumaru (CONF_CUM). Canal principal - Igarapé São João (TM_SJ); Balneário - Igarapé São João (BAL_SJ); Área de pasto - Igarapé São João (COM_SJ).

A Tabela 10 apresenta as correlações entre as precipitações acumuladas nos períodos de 30 dias, uma semana e 72 horas anteriores às medidas de vazões e as vazões medidas nos pontos amostrados nas microbacias ICU e ISJ. Nota-se que a precipitação acumulada no período de 30 dias anteriores à medida de vazão apresentou correlações significativas ao nível de $p \leq 0,01$ e direta entre os pontos do TmC (0,825), ConC (0,748) e o BalSJ (0,797), e significativas ao nível de $p \leq 0,05$ e direta no TmSJ (0,580).

Tabela 10- Matriz de correlação de Spearman entre a precipitação acumulada no período de 30 dias, uma semana e 72 h anteriores à medida de vazão e as vazões medidas nos pontos amostrados nas microbacias ICU e ISJ.

		Pp - uma		
		Pp - 30 dias	semana	Pp - 72h
NasC	C.C	,566	,168	,169
	Sig.	,055	,602	,599
TmC	C.C	,825**	,469	,641*
	Sig.	,001	,124	,025
ConC	C.C	,748**	,399	,444
	Sig.	,005	,199	,149
NasSJ	C.C	-,245	-,336	-,239
	Sig.	,443	,286	,454
TmSJ	C.C	,580*	,287	,254
	Sig.	,048	,366	,427
BalSJ	C.C	,797**	,266	,345
	Sig.	,002	,404	,272
ConSJ	C.C	,566	,077	,106
	Sig.	,055	,812	,744

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

Onde: NasC (Nascente igarapé cumaru); TmC (trecho médio igarapé cumaru); ConC (confluência igarapé cumaru); NasSJ (nascente igarapé são joão); TmSJ (trecho médio igarapé são joão); BalSJ (“Igarapé do um” – Balneário igarapé são joão) e ConSJ (confluência igarapé São João).

Em relação à precipitação acumulada de uma semana anterior e de 72 h anteriores à medida de vazão, não houve correlação, exceto TmC que apresentou correlação significativa ao nível do $p \leq 0,05$ e direta (0,641) em relação ao acumulado de chuva de 72 h. Esta quase ausência de correlação pode ser justificada pela resposta da vazão à precipitação ser imediata e pouco prolongada nas microbacias, como citado por Barroso (2011) para microbacias do nordeste paraense. Os totais acumulados na semana anterior, com exceção do mês de abril de 2014, foram significativamente baixos como pode ser observado na Tabela 11.

Tabela 11- Precipitação total mensal, acumulada no período de 30 dias, uma semana e 72 horas anteriores às medidas de vazão, período de coleta e vazões de todos os pontos medidos.

Mês	Precipitação (mm)				Período de coleta Dias	Vazão (L.s ⁻¹)						
	Mensal*	Mensal acumulado**	Semanal***	72 h****		ICU			ISJ			
						NasC	TmC	ConC	NasSJ	TmSJ	BalSJ	ConSJ
abr/14	552,80	593,80	251,80	125,80	22/04 a 25/04	7,35	149,65	401,13	3,24	128,96	121,11	249,52
mai/14	290,80	333,30	17,90	13,10	20/05 a 23/05	5,88	233,06	264,75	3,15	175,10	117,55	520,22
jun/14	258,10	255,50	47,00	3,20	23/06 a 27/06	4,08	101,40	236,69	2,10	136,64	92,72	232,15
jul/14	107,40	148,70	19,30	7,20	21/07 a 24/07	4,47	116,68	178,12	2,24	128,79	55,28	183,24
ago/14	93,10	62,80	4,60	0,60	18/08 a 21/08	1,62	96,88	177,12	3,50	83,23	51,83	175,91
set/14	24,10	55,60	2,60	0,20	15/09 a 18/09	1,91	71,20	128,13	4,30	122,91	40,68	155,87
out/14	47,30	34,60	6,80	0,00	20/10 a 23/10	1,98	18,44	126,64	4,50	89,13	23,80	117,75
nov/14	7,40	18,10	5,40	0,00	18/11 a 21/11	1,22	33,00	49,78	3,00	108,23	25,45	138,71
dez/14	21,80	27,80	1,60	0,00	15/12 a 18/12	1,97	29,18	40,16	4,37	96,40	28,61	107,06
jan/15	25,80	23,50	17,80	7,10	12/01 a 16/01	1,49	39,87	72,84	3,10	93,94	21,56	88,73
fev/15	122,00	121,10	73,10	37,00	23/02 a 27/02	1,40	48,93	63,57	3,97	88,18	23,38	78,53
mar/15	448,90	171,40	53,50	30,10	09/03 a 13/03	1,10	43,03	57,86	3,84	101,08	28,73	79,57
Máxima	552,80	-	-	-	-	7,35	233,06	401,13	4,50	175,10	121,11	520,22
Mínima	7,40	-	-	-	-	1,10	18,44	40,16	2,10	83,23	21,56	78,53
Média	166,63	-	-	-	-	2,87	81,78	149,73	3,44	112,71	52,56	177,27
Desvio	181,96	-	-	-	-	2,07	62,47	108,84	0,79	26,79	37,18	121,89

* Precipitação mensal total de cada mês; ** Precipitação acumulada no período de 30 dias; *** Precipitação acumulada no período de uma semana; **** Precipitação acumulada no período de 72 horas.

4.2 Análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos das águas superficiais e subterrâneas das microbacias dos Igarapés Cumaru e São João

O detalhamento dos resultados obtidos tanto para as águas superficiais quanto subterrâneas – média, desvio padrão, valores máximo e mínimo, bem como, correlação de Spearman - estão presentes nos apêndices. Sendo a seguir apresentado os resultados dos principais aspectos observados na análise das variáveis, considerando: pH – Potencial hidrogeniônico; CE – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); Turb. – Turbidez (NTU); COD – Carbono orgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); NT – Nitrogênio total ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); CID – Carbono inorgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml); DBO – Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); Sódio - Na^+ ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); Amônio - NH_4^+ ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); Potássio - K^+ ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); Magnésio - Mg^{2+} ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); Cálcio - Ca^{2+} ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); Cloreto - Cl^- ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); Nitrato - NO_3^- ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); Fosfato - PO_4^{3-} ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); e Sulfato - SO_4^{2-} ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), e posteriormente, as análises de variância para o conjunto de dados (Análise de Variância de Kruskal-Wallis) ao nível de significância de 5%, seguido de teste de comparações múltiplas, com o intuito de identificar o comportamento das variáveis nos trechos/poços e períodos analisados.

4.2.1 Potencial Hidrogeniônico

As Figuras 11 e 12 apresentam as variações dos valores de pH ao longo de todo o estudo, nas duas microbacias avaliadas. Para as águas superficiais, os menores valores observados foram nos trechos de nascentes (NasC = 4,54; NasSJ = 4,42), e para as águas subterrâneas, os poços das áreas de SAF (SafC = 4,43) e de queima (QueSJ = 4,28), apresentaram as menores médias ao longo do estudo (APÊNDICES, A e C).

Cabe destaque para o trecho médio (TmC = 2,52) da microbacia ICU, o qual apresentou o menor valor observado nas águas superficiais, no mês de março/2015. Para As águas subterrâneas, destacam-se os poços das áreas de capoeira (CapSJ = 3,93) e queima (QueSJ = 3,98, em dezembro/2014 e QueSJ = 3,71 em janeiro/2015), os quais apresentaram os menores valores de pH observados nas águas subterrâneas (APÊNDICE, D).

Os poços da área de queima (QueC = 6,56) (APÊNDICE, C) da microbacia ICU, apresentaram a maior média observada ao longo do período estudado, esse resultado pode ser explicado devido essa área sofrer intenso manejo (preparo e troca regulares de culturas), o que proporciona um incremento na entrada de nutrientes tanto pela correção do solo, quanto pela prática da queima. Essa atividade ainda é muito utilizada pela agricultura familiar na região.

Kato et al. (1999), estudando o método de preparo de área sem queima, nesta mesma região de estudo, observaram que após a prática da queima em cultivos típicos da agricultura familiar, o pH na camada superficial de 0-10cm aumentou aproximadamente 1,5 unidade, atingindo valores próximos de 6,5 devido à solubilização de cátions e ao efeito corretivo das cinzas.

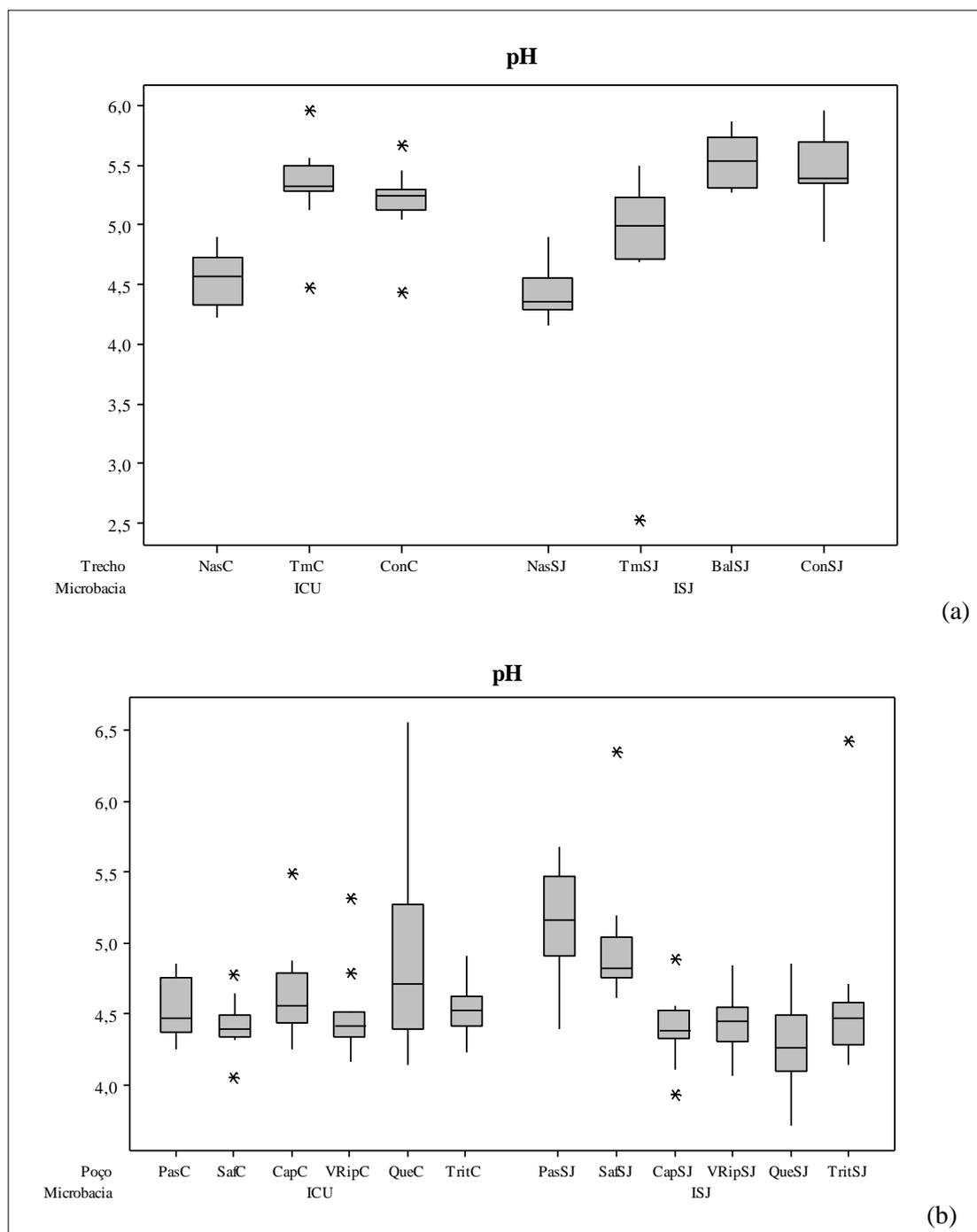
De maneira geral, os valores de pH observados permitem caracterizar as águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias estudadas como ácidas. Essa característica, possivelmente se deve à presença de solos ácidos e de fontes de ácidos orgânicos nas áreas de vegetação ripária e de nascentes, onde, via de regra, os valores de pH são menores. Ressalta-se, também, o incremento de acidez pela água da chuva, que pode ter ocasionado os menores valores nas águas subterrâneas, acima citados.

Estudos feitos por Silva et al. (2007), Rosa (2007), Figueiredo et al. (2010) e Barroso (2011), no nordeste paraense, também observaram que o pH de áreas de nascentes, ocupadas por vegetação ripária densa, são menores e tendem a aumentar a jusante do canal principal da microbacia. Segundo Esteves (1998), esse comportamento do pH já era esperado, pois a água que lixivia nas áreas de nascentes carrega ácidos orgânicos provenientes de solos florestais mais acidificados, ricos em matéria orgânica, provocando, assim, a diminuição do pH.

Conforme Souza (1996), no processo de decomposição da matéria orgânica, ocorre a liberação de compostos simples que, em geral, são solúveis, dos quais, parte pode ser mineralizada, sendo absorvida ou não pelas plantas, enquanto outra parte origina o conjunto de moléculas complexas denominada húmus. O húmus, por sua vez, juntamente com os argilominerais, exercem o principal controle sobre a capacidade de troca iônica dos solos, como já visto em estudos dos solos da Amazônia central. As frações solúveis do húmus constituem os ácidos húmicos (solúveis a $\text{pH} > 2$) e fúlvicos (solúveis a qualquer pH), que tem um papel importante no processo de intemperismo químico.

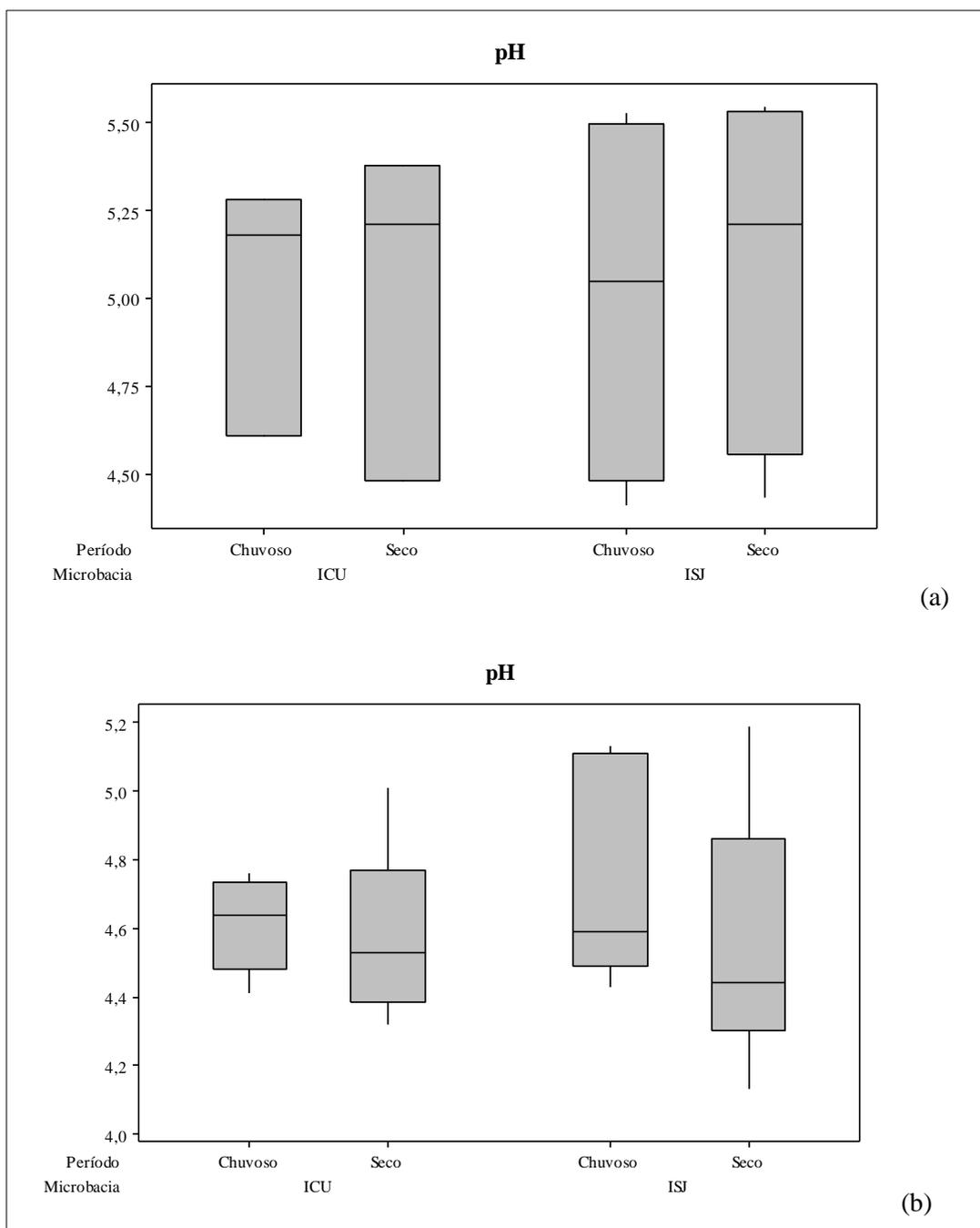
Observou-se, ainda, que a média de pH foi maior nos pontos que apresentam proximidade com áreas de pastagem. Wickel (2004), destaca que áreas de pastagem quando preparadas com uso do fogo promovem entradas adicionais de cálcio, magnésio e potássio nos seus solos, os quais exportam estes nutrientes via escoamento superficial e sub-superficial até as drenagens de suas bacias, o que poderá redundar em tamponamento da acidez das águas pela elevação do pH (BARROSO, 2011).

Figura 11- Variação espacial dos valores de pH medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumaru (ICU) e São João (ISJ).



* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

Figura 12- Variação sazonal dos valores de pH medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumaru (ICU) e São João (ISJ).



* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

De acordo com Sioli (1975), na Amazônia, os valores mais baixos de pH são encontrados nos corpos d'água localizados na região de sedimentos da Formação Barreiras, da terra firme, que apresentam valores variando entre 4,0 e 5,5. Estes valores de pH fornecem indício da ausência de substâncias tamponadoras (bicarbonato e carbonato) em solução.

A cerca das correlações entre os percentuais de usos do solo e as variáveis analisadas, apenas as áreas de pasto (PasSJ) e queima (QueSJ) da microbacia do ISJ apresentaram correlações significativas com o pH, sendo PasSJ-pH $c = 0,845$, sig. = 0,034 e QueSJ-pH $c = -0,986$, sig. = 0,000, corroborando os resultados acima citados (APÊNDICE, G).

O teste de Kruskal-Wallis mostrou que existe diferença significativa para os valores de pH medidos entre os trechos analisados, nas duas microbacias, conforme as Tabelas 12 e 13. O teste de comparação de pares revelou diferença significativa a $p < 0,01$ entre os trechos de nascente em relação aos demais trechos, na microbacia do Igarapé Cumaru (ICU), e entre os trechos de nascente e médio em relação aos trechos de confluência e “balneário”, na microbacia do Igarapé São João (ISJ). No entanto, em relação à sazonalidade, o teste não evidenciou diferença entre os períodos estudados – Chuvoso e Seco (Tabela 14).

Tabela 12- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável pH nos trechos analisados, nas duas microbacias.

	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
			Comparação de pares	Sig.
ICU	$[X^2 (2) = 20,827; p < 0,01]$	H_1	NasC-ConC	0,006
			NasC-TmC	0,000
pH	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
			Comparação de pares	Sig.
ISJ	$[X^2 (3) = 33,751; p < 0,01]$	H_1	NasSJ-ConSJ	0,000
			NasSJ-BalSJ	0,000
			TmSJ-ConSJ	0,034
			TmSJ-BalSJ	0,011

Tabela 13- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável pH nos poços analisados, nas duas microbacias.

	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
			Comparação de pares	Sig.
ICU	$[X^2 (5) = 8,699; p > 0,05]$	H_0	-	-
pH	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
			Comparação de pares	Sig.
ISJ	$[X^2 (5) = 38,997; p < 0,01]$	H_1	QueSJ-SafSF	0,001
			QueSJ-PasSJ	0,000
			CapSJ-SafSJ	0,010
			CapSJ-PasSJ	0,001
			VRipSJ-SafSJ	0,026
			VRipSJ-PasSJ	0,002
			TritSJ-PasSJ	0,012

Tabela 14- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável pH nos períodos analisados, nas duas microbacias.

		Superficial		
pH	ICU	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	
		$[X^2 (1) = 0,023; p > 0,05]$	H ₀	
	ISJ	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	
		$[X^2 (1) = 0,021; p > 0,05]$	H ₀	
			Subterrânea	
	ICU	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	
		$[X^2 (1) = 1,874; p > 0,05]$	H ₀	
	ISJ	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	
$[X^2 (1) = 1,920; p > 0,05]$		H ₀		

4.2.2 Condutividade Elétrica

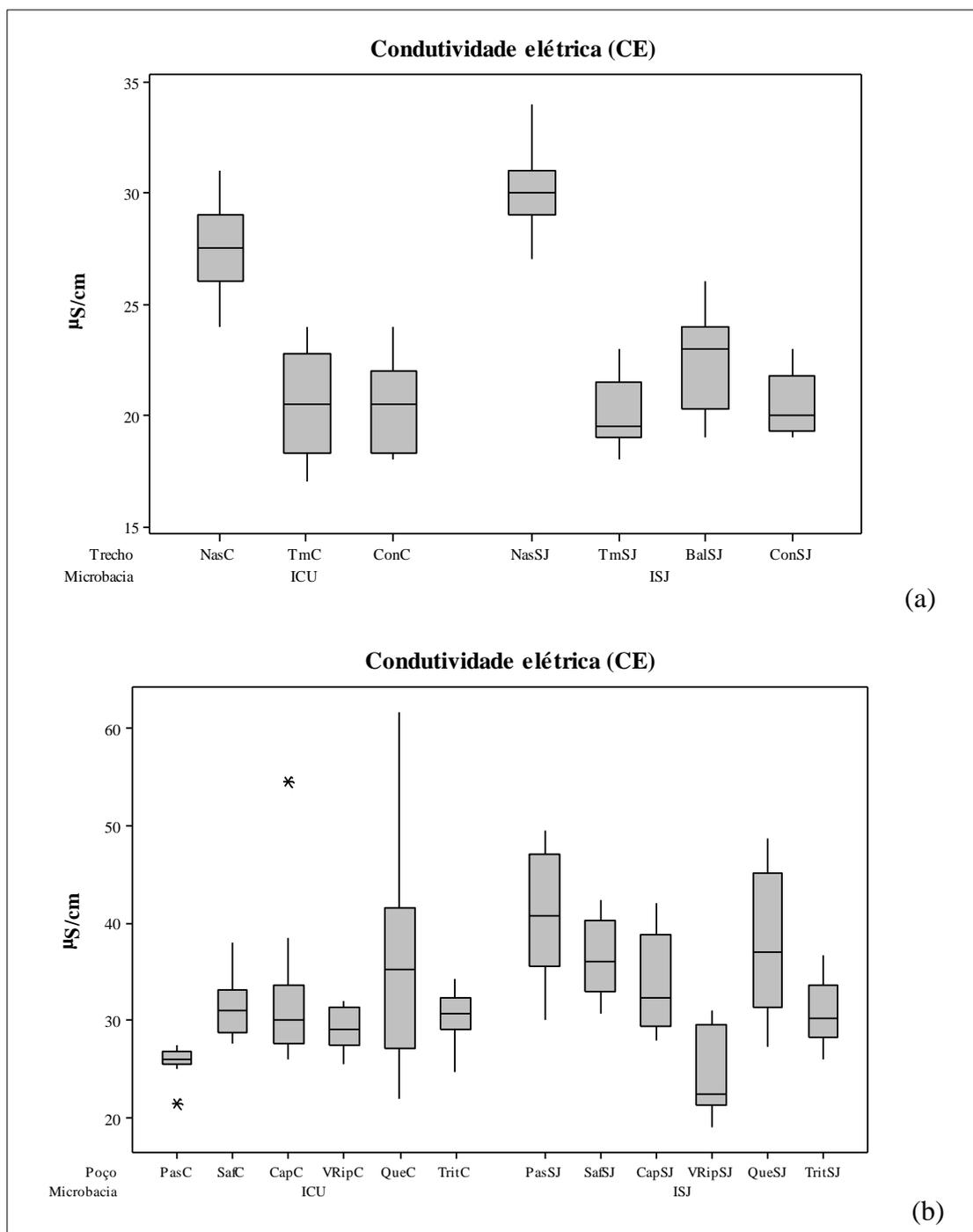
Os maiores valores obtidos neste estudo para a condutividade elétrica (CE), para as águas superficiais foram nos pontos de nascente, sendo de 34,00 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para NasSJ, no mês de junho de 2014 e de 31,00 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para NasC, no mês de março de 2015, e o menores valores foram observados no TmC, 17,00 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ nos meses de agosto e setembro de 2014 e, no TmSJ, 18,00 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, no mês de abril de 2014 (APÊNDICE, A e B). As Figuras 13 e 14 apresentam as variações dos valores de condutividade elétrica, nas duas microbacias ao longo de estudo.

Os elevados valores de CE nos pontos de nascente das duas microbacias em estudo, podem ser explicados pela decomposição de material vegetal, ocasionando, maior entrada de nutrientes via escoamento superficial e sub-superficial pela água das chuvas. Rosa (2007), em estudo da dinâmica do carbono na microbacia do igarapé cumaru, também observou maiores valores de CE nas nascentes, relacionando-os à maior liberação de íons provenientes da mineralização da matéria orgânica, que tende a concentrar-se nas nascentes.

Estes resultados apresentam-se coerentes com os valores de pH obtidos nos pontos de nascente das duas microbacias, os quais foram os menores valores observados, uma vez que, segundo Esteves (1998), a presença de íons H^+ nas águas são o principal preditor de CE em águas ácidas com pH abaixo de 5,00.

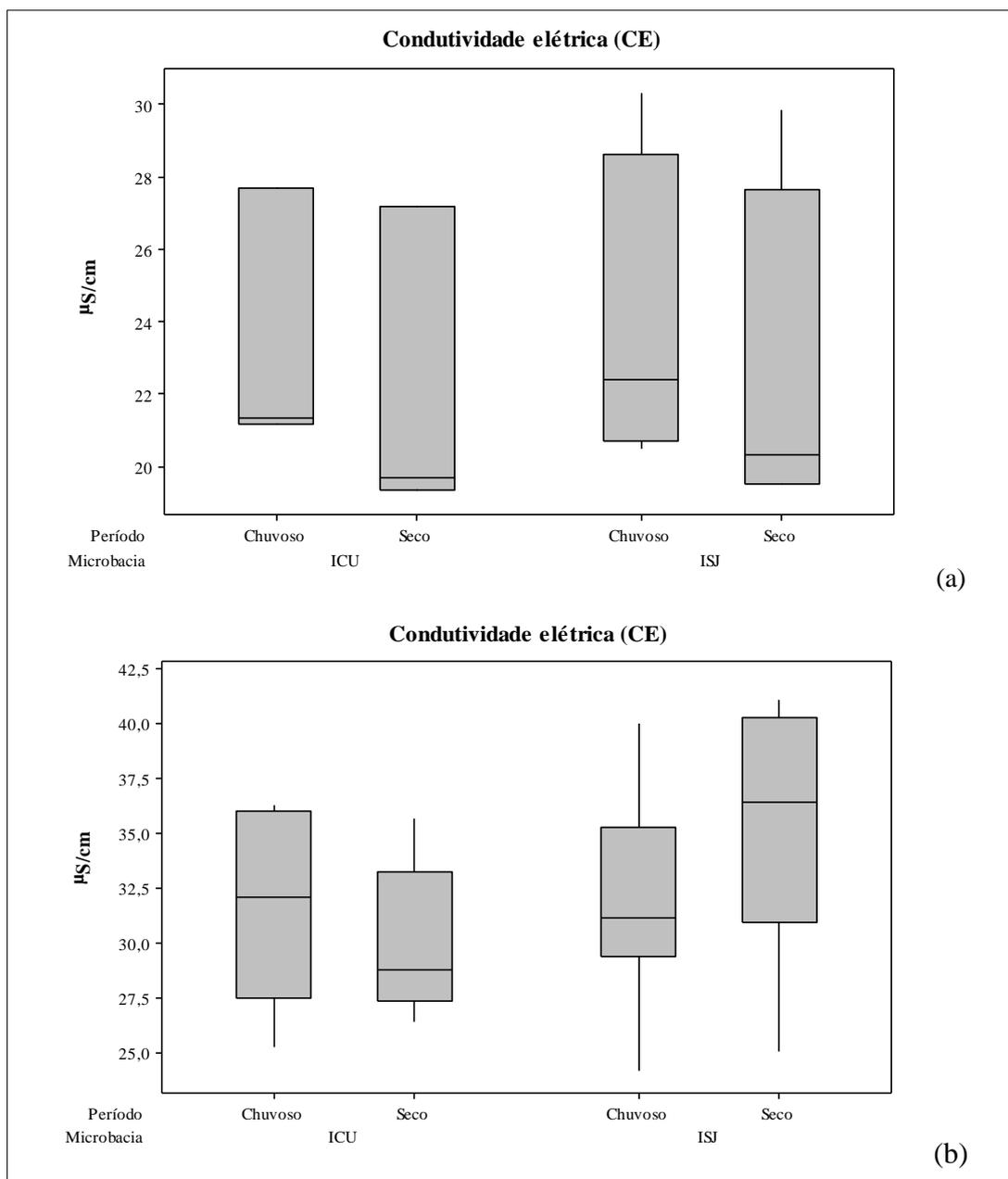
Em contrapartida, os pontos de amostragem de água superficial com maiores áreas de pastagem no entorno apresentaram valores de CE menores que o esperado, uma vez que, áreas sob influência de pastagem tendem apresentar maiores valores de CE em decorrência de maiores entradas de nutrientes dos solos, tanto como material dissolvido quanto como material particulado, como foi observado por Figueiredo *et al.* (2010) e Barroso (2011) em estudos hidrogequímicos no nordeste paraense.

Figura 13- Variação espacial dos valores de Condutividade Elétrica (CE) medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumaru (ICU) e São João (ISJ).



* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

Figura 14- Variação sazonal dos valores de Condutividade Elétrica (CE) medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumaru (ICU) e São João (ISJ).



* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

Esses resultados apresentam-se coerentes com a análise estatística, a qual apresentou correlação significativa ao nível de $p \leq 0,01$ e direta entre a CE e a área de agricultura de derruba e queima ($c = 0,900$, sig. = 0,006), e com a área de capoeira ($c = 0,901$, sig. = 0,006), e significativa ao nível de $p \leq 0,05$ e inversa com a área de pastagem ($c = -0,764$, sig. = 0,046) (APÊNDICE, E).

Para os pontos de água subterrânea da microbacia do ICU, a área de agricultura preparada com derruba e queima (QueC) apresentou os maiores valores de CE, com média geral de $35,72 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (APÊNDICE, C). Este resultado já era esperado, uma vez que, esta área é assiduamente trabalhada pela família de agricultores proprietários da área. O uso de defensivos e fertilizantes é intensa, além do que, o solo apresentou pouca ou nenhuma vegetação rasteira em quase todo o período estudado, propiciando maior probabilidade de infiltração da água da chuva e percolação de nutrientes para o aquífero.

Em contrapartida, os poços da área de pasto apresentaram a menor média geral para o período total do estudo, $25,83 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Esta área apresenta baixo pressão de pastejo (população animal baixa), o que pode explicar os baixos valores de CE observados.

Para os pontos de água subterrânea da microbacia do ISJ, os poços da área de pasto (PasSJ) apresentaram maior média geral para o estudo, $40,54 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, enquanto que os poços da área de vegetação ripária (VRipSJ) apresentou a menor média, $24,63 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (APÊNDICE, D). Este resultado pode ser explicado pela alta pressão de pastejo da área, e conseqüentemente, maior entrada de nutrientes por deposição de matéria orgânica oriunda de excrementos, além da profundidade do aquífero, uma vez que, os poços PasSJ apresentaram profundidade média de 4,79m, em contrapartida os poços PasC, que apresentaram média de 8,73m de profundidade.

O teste de Kruskal-Wallis mostrou que existe diferença significativa para os valores de CE medidos entre os trechos analisados e poços analisados, nas duas microbacias, conforme as Tabelas 15 e 16. O teste de comparação de pares revelou diferença significativa a $p < 0,01$ entre os trechos de nascente em relação aos demais trechos, nas duas microbacias em estudo.

Tabela 15- Resultados do teste de Kruskal Wallis para a variável Condutividade Elétrica (CE) nos trechos analisados, nas duas microbacias.

	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
			Comparação de pares	Sig.
ICU	$[X^2 (2) = 23,043; p < 0,01]$	H_1	ConC-NasC	0,000
			TmC-NasC	0,000
CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
			Comparação de pares	Sig.
ISJ	$[X^2 (3) = 32,196; p < 0,01]$	H_1	TmSJ-NasSj	0,000
			ConSJ-NasSJ	0,000
			BalSJ-NasSJ	0,019

Para as água subterrâneas, o teste revelou diferença significativa a $p < 0,01$ entre os poços da área de Pasto em relação aos poços das demais áreas na microbacia do ICU, e entre os poços da área de Vegetação Ripária e os poços das demais áreas estudadas, além dos poços da área de

Trituração em relação aos poços da área de Pasto na microbacia do ISJ. Em relação à sazonalidade, o teste revelou diferença significativa a $p < 0,05$ entre os períodos estudados – Chuvoso e Seco, nas águas superficiais da microbacia do ICU (Tabela 17).

Tabela 16- Resultados do teste de Kruskal Wallis para a variável Condutividade Elétrica (CE) nos poços analisados, nas duas microbacias.

	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
			Comparação de pares	Sig.
ICU	$[X^2 (5) = 23,938; p < 0,01]$	H_1	PasC-CapC	0,010
			PasC-TritC	0,006
			PasC-SafC	0,001
			PasC-QueC	0,001
CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
			Comparação de pares	Sig.
ISJ	$[X^2 (5) = 36,713; p < 0,01]$	H_1	VRipSJ-CapSJ	0,042
			VRipSJ-SafSJ	0,000
			VRipSJ-QueSJ	0,000
			VRipSJ-PasSJ	0,000
			TritSJ-PasSJ	0,010

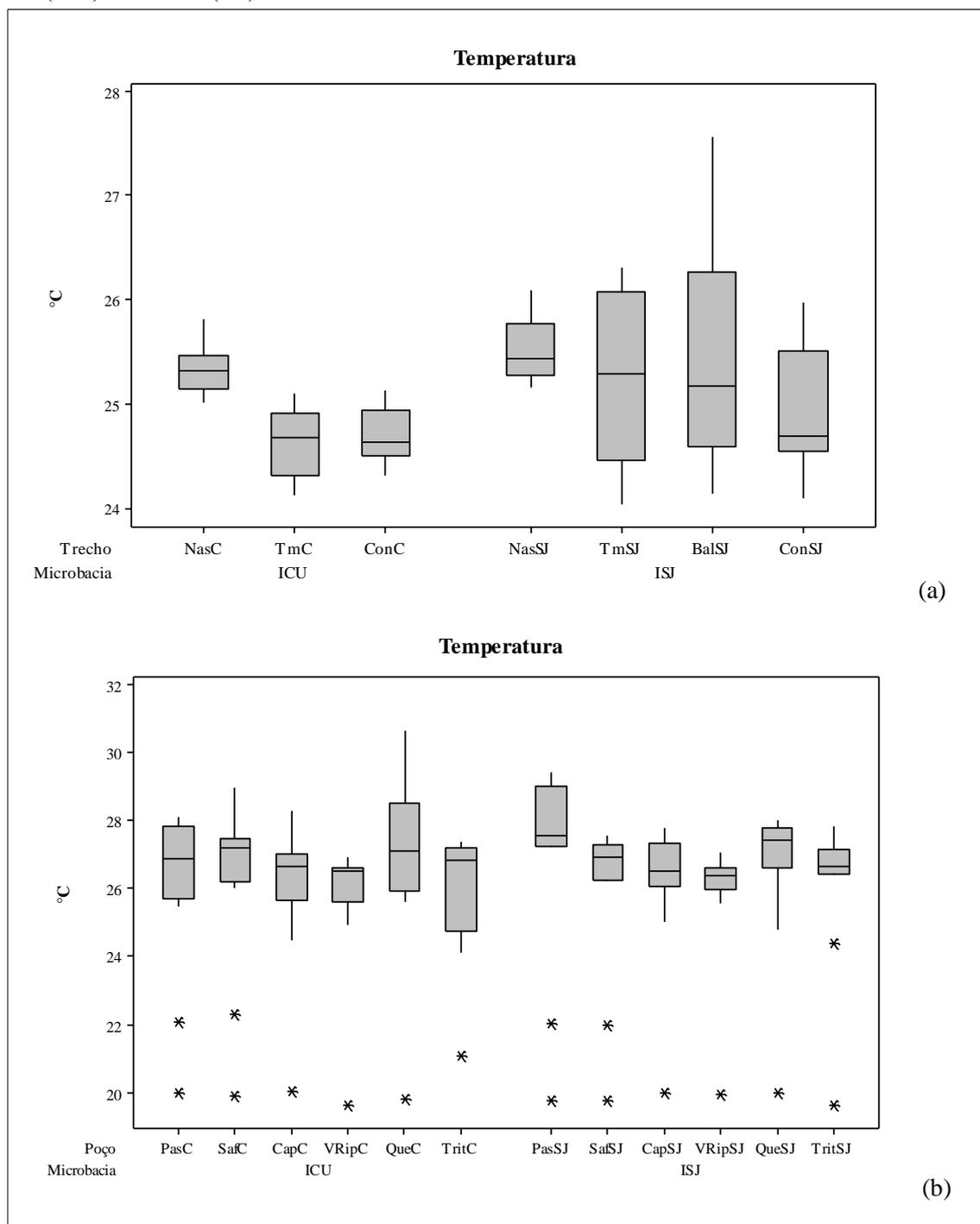
Tabela 17- Resultados do teste de Kruskal Wallis para a variável Condutividade Elétrica (CE) nos períodos analisados, nas duas microbacias.

	Superficial	
	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
ICU	$[X^2 (1) = 4,055; p < 0,05]$	H_1
ISJ	$[X^2 (1) = 2,841; p > 0,05]$	H_0
CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	Subterrânea	
	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
ICU	$[X^2 (1) = 0,000; p > 0,05]$	H_0
ISJ	$[X^2 (1) = 3,519; p > 0,05]$	H_0

4.2.3 Temperatura

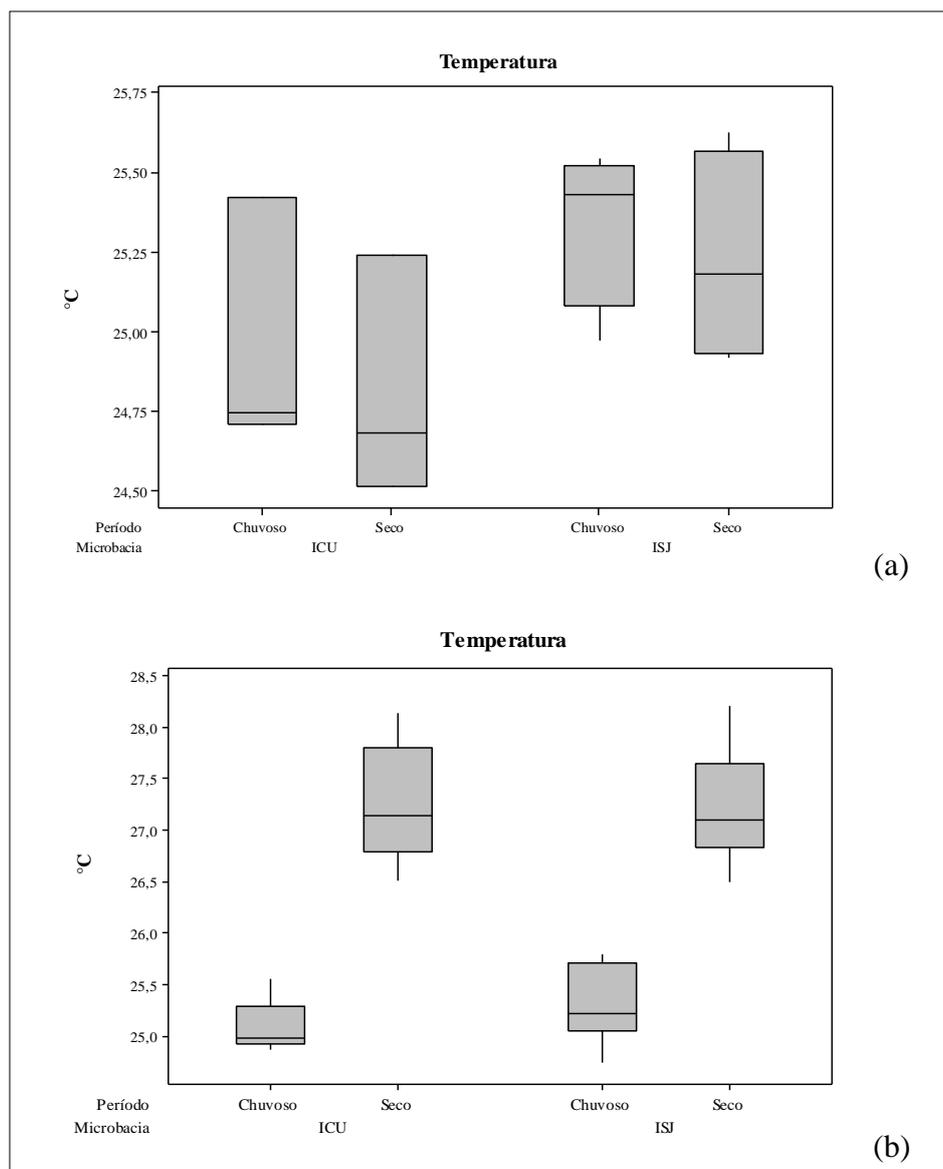
As temperaturas médias na microbacia ICU, para as águas superficiais, variaram no período do estudo entre 25,33 °C na NasC, 24,63 °C no TmC e 24,70 °C na ConC. Na microbacia ISJ, as variações foram de 25,52 °C na NasSJ, 25,22 °C no TmSJ, 24,94 °C na ConSJ e no BalsSJ 25,46 °C (APÊNDICES, A e B). A maior amplitude de variação ocorreu nos pontos de TmSJ e BalsSJ. As Figuras 15 e 16 apresentam as variações de temperatura da água ao longo do estudo nas duas microbacias.

Figura 15- Variação espacial dos valores de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumaru (ICU) e São João (ISJ).



* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

Figura 16- Variação sazonal dos valores de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) medidos nas água superficiais das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).



* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

Para as águas subterrâneas da microbacia ICU, a temperatura média de todos os poços observados foi de 26°C (APÊNDICE, C). Já para a microbacia do ISJ, a média de temperatura dos poços da área de pasto (PasSJ) foi de 27°C , enquanto que a média de temperatura dos poços da área de vegetação ripária (VRipSJ), foi a menor observada, $25,8^{\circ}\text{C}$ (APÊNDICE, D). Vale ressaltar que, devido às medições terem sido realizadas em horários variados em cada ponto de coleta ao longo do ano estudado, torna-se difícil estabelecer uma comparação dos valores de temperatura entre nascentes, cursos principais e poços para as duas microbacias estudadas.

O teste de Kruskal-Wallis mostrou que existe diferença significativa a $p < 0,01$ para os valores de Temperatura medidos entre os trechos de nascente em relação aos demais trechos na microbacia do ICU, conforme a Tabela 18. Para água subterrânea, o teste revelou diferença significativa a $p < 0,05$ entre os poços das áreas de Vegetação Ripária e Pasto (Tabela 19). Em relação à sazonalidade, o teste revelou diferença entre os períodos estudados nas águas subterrâneas das duas microbacias, ICU e ISJ (Tabela 20).

Tabela 18- Resultados do teste de Kruskal Wallis para a variável Temperatura nos trechos analisados, nas duas microbacias.

		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
				Comparação de pares	Sig.
Temperatura (°C)	ICU	$[X^2 (2) = 21,728; p < 0,01]$	H ₁	TmC-NasC	0,000
				ConC-NasC	0,000
	ISJ	$[X^2 (3) = 3,328; p > 0,05]$	H ₀	-	

Tabela 19- Resultados do teste de Kruskal Wallis para a variável Temperatura nos poços analisados, nas duas microbacias.

		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
				Comparação de pares	Sig.
Temperatura (°C)	ICU	$[X^2 (5) = 6,591; p > 0,05]$	H ₀	-	
	ISJ	$[X^2 (5) = 14,942; p < 0,05]$	H ₁	VRipSJ-PasSJ	0,010

Tabela 20- Resultados do teste de Kruskal Wallis para a variável Temperatura nos períodos analisados, nas duas microbacias.

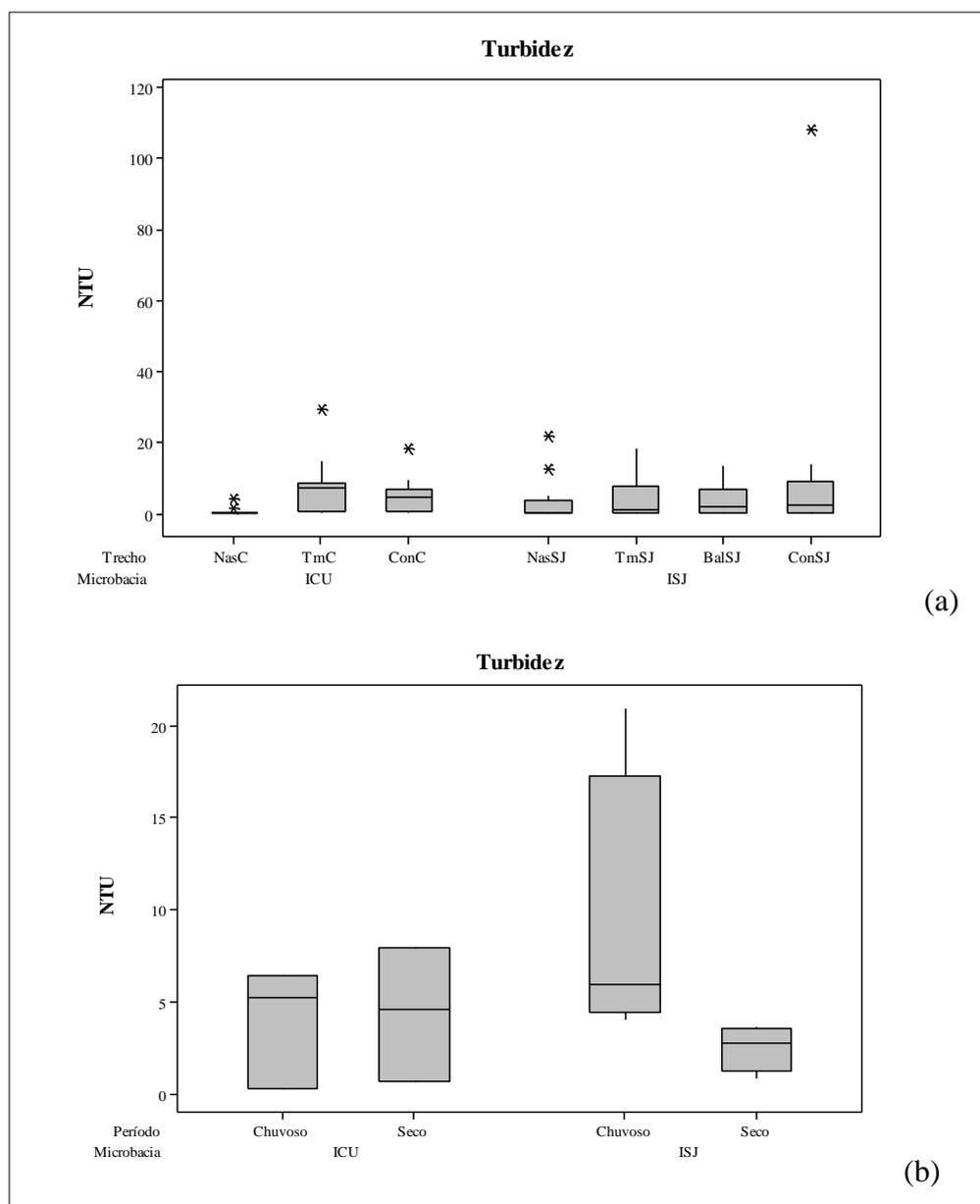
		Superficial	
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
Temperatura (°C)	ICU	$[X^2 (1) = 1,480; p > 0,05]$	H ₀
	ISJ	$[X^2 (1) = 0,521; p > 0,05]$	H ₀
	Subterrânea		
ICU	$[X^2 (1) = 15,762; p < 0,01]$	H ₁	
ISJ	$[X^2 (1) = 11,531; p < 0,05]$	H ₁	

4.2.4 Turbidez

A Figura 17 apresenta as variações dos valores de turbidez em todos os pontos amostrados nas duas microbacias. De maneira geral, os valores de turbidez observadas em todos

os trechos analisados, nas duas microbacias, apresentaram-se baixos, e dentro do valor máximo permitidos pela Resolução do CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), a qual estabelece valor máximo de até 100 NTU, para águas doces de classe 2. Na microbacia do ICU observou-se valores médios de 0,46 NTU (NasC), 7,20 NTU (TmC) e 4,91 NTU (ConC). Na microbacia ISJ, as médias foram de 3,30 NTU (NasSJ), 4,20 NTU (TmSJ), 3,56 NTU (BalSJ) e 12,31 NTU (ConSJ) (APÊNDICES, A e B).

Figura 17- Variações espacial (a) e sazonal (b) dos valores de Turbidez medidos nas águas superficiais, das microbacias dos Igarapés cumaru (ICU) e São João (ISJ).



* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) variação espacial; (b) variação sazonal.

Contudo, cabe destacar o trecho de confluência da ISJ (ConSJ) o qual apresentou valor de 108 NTU no mês de maio de 2014 (APÊNDICE, B). Este elevado valor observado deve-se, provavelmente, ao carreamento do solo pela água da chuva para o leito do rio, posto que, foi um período de intensas chuvas na região, associado a extensa área de solo descoberto a montante do trecho de confluência.

Gonçalves (2009) ressalta que uma das causas da turbidez se dá pela presença de partículas em suspensão, ou de substâncias em solução, limitando a penetração de raios solares, e conseqüentemente, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio. A erosão das margens dos rios em períodos mais chuvosos pode, também, resultar no aumento da turbidez das águas, além de esgotos sanitários e diversos efluentes industriais.

A análise estatística apresentou correlação significativa ao nível de $p \leq 0,05$ e direta entre a turbidez e a área de pasto ($c = 0,847$, sig. = 0,016) o que corrobora essa hipótese. Houve também correlação significativa ao nível de $p \leq 0,05$ e inversa com a área de queima (QueSJ) ($c = -0,775$, sig. = 0,041), que pode ser explicada devido as áreas de queima, das duas microbacias, estarem situadas a jusante dos pontos de coleta das amostras (APÊNDICE, E).

O teste de Kruskal-Wallis mostrou que existe diferença significativa a $p < 0,05$ para os valores de Turbidez medidos entre os trechos de nascente e os trechos médio e confluência, na microbacia do ICU, conforme a Tabela 21. Em relação à sazonalidade, o teste não evidenciou diferença entre os períodos estudados – Chuvoso e Seco (Tabela 22).

Tabela 21- Resultados do teste de Kruskal Wallis para a variável Turbidez (NTU) nos trechos analisados, nas duas microbacias.

		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
				Comparação de pares	Sig.
Turbidez (NTU)	ICU	$[X^2 (2) = 12,056; p < 0,05]$	H ₁	NasC-ConC	0,027
				NasC-TmC	0,003
	ISJ	$[X^2 (3) = 2,726; p > 0,05]$	H ₀	-	-

Tabela 22- Resultados do teste de Kruskal Wallis para a variável Turbidez (NTU) nos períodos analisados, nas duas microbacias.

		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
			Turbidez (NTU)
	ISJ	$[X^2 (1) = 1,393; p > 0,05]$	H ₀

4.2.5 Oxigênio dissolvido (OD)

As Figuras 18 e 19 apresentam as variações das concentrações de oxigênio dissolvido, ao longo do período de estudo, nas águas superficiais e subterrâneas das microbacias ICU e ISJ. Para as águas superficiais da microbacia ICU, apenas o trecho de nascente (NasC) apresentou, na maioria das observações realizadas, valores abaixo do que rege a resolução do CONAMA 357/2005 ($> 5,0 \text{ mg.L}^{-1}$), com média de $4,55 \text{ mg.L}^{-1}$. Em relação a microbacia ISJ, o trecho de nascente (NasSJ) apresentou média de $5,42 \text{ mg.L}^{-1}$ de OD, no entanto, nos meses de janeiro ($4,58 \text{ mg.L}^{-1}$), fevereiro ($4,73 \text{ mg.L}^{-1}$) e março ($4,51 \text{ mg.L}^{-1}$) de 2015, período chuvoso, observou-se queda nos valores de OD (APÊNDICES, A e B).

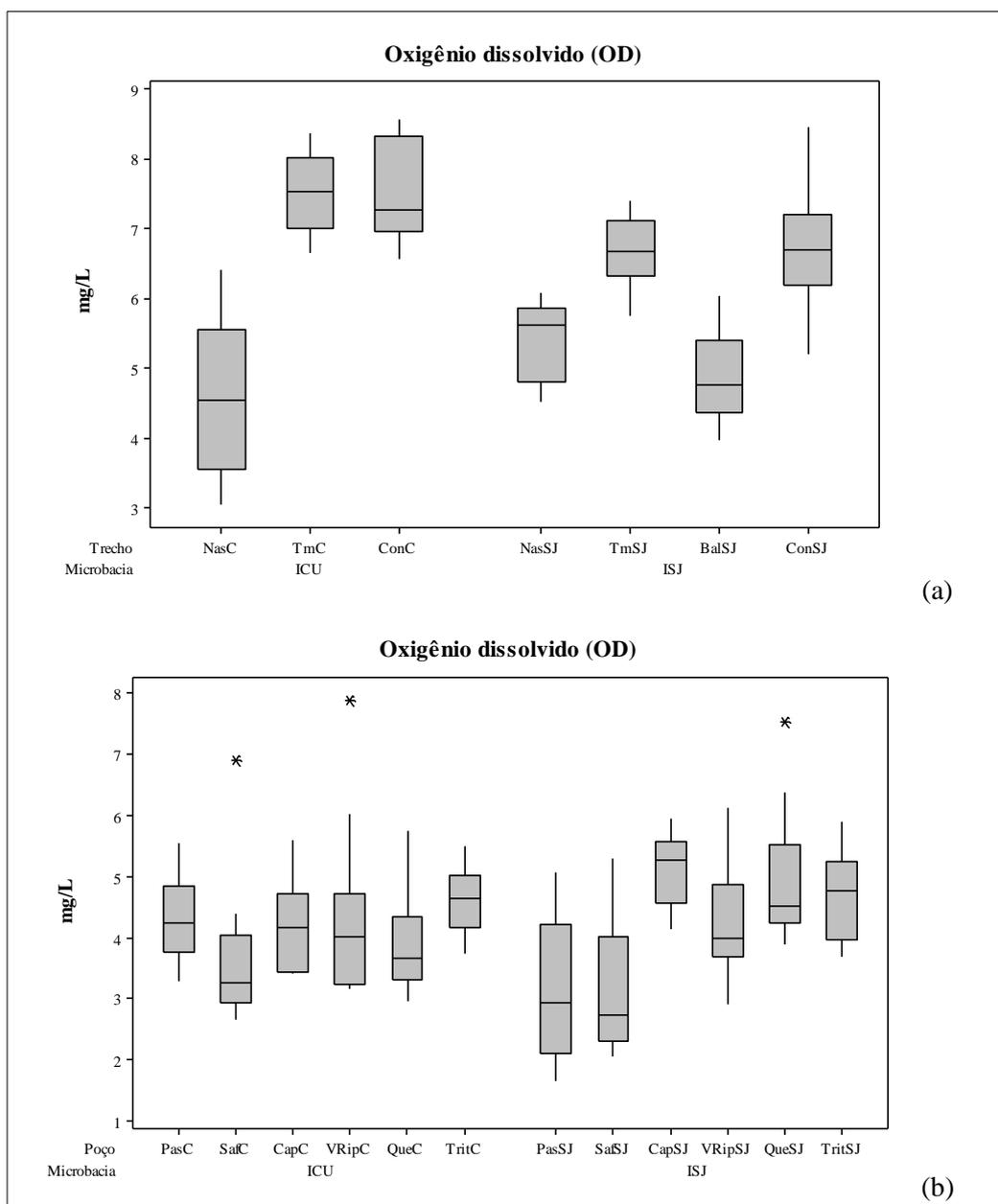
Esses resultados observados nos trechos de nascente das duas microbacias podem ser atribuídos a algumas características dessas áreas. Nesses trechos, a largura do rio é em torno de 1,0m, sendo que o volume de água que passa por eles ainda é bem reduzido, logo a oxigenação da água é naturalmente inferior nesses trechos em relação aos demais. Além disso, a morfologia das áreas propicia a formação de pequenos lagos nos quais a água fica levemente estagnada. Essa característica somada a intensa produção de matéria orgânica, pode estar gerando condições favoráveis ao consumo de oxigênio por microrganismos aeróbicos.

No entanto, não se pode descartar a possibilidade de contaminação por via antrópica, posto que, estas duas nascentes estão localizadas dentro de áreas particulares nas quais os moradores tem fácil acesso, e fazem, esporadicamente, uso dessas áreas. Vale ressaltar também que, as áreas ao redor das nascente já sofreram alteração na sua estrutura (formação de pasto e/ou monocultivos), logo o solo dessas áreas são lixiviados e carreados para o leito do rio no momento das chuvas.

Silva et al. (2017), estudando a qualidade das águas dos municípios de Garrafão do Norte, Capitão Poço e Bragança, no Estado do Pará, observaram valor de $4,88 \text{ mg.L}^{-1}$ de OD em um trecho a montante de uma área antiga de roçado no município de Garrafão do norte, atribuindo esse resultado a sobrecarga de matéria orgânica oriunda dessa área.

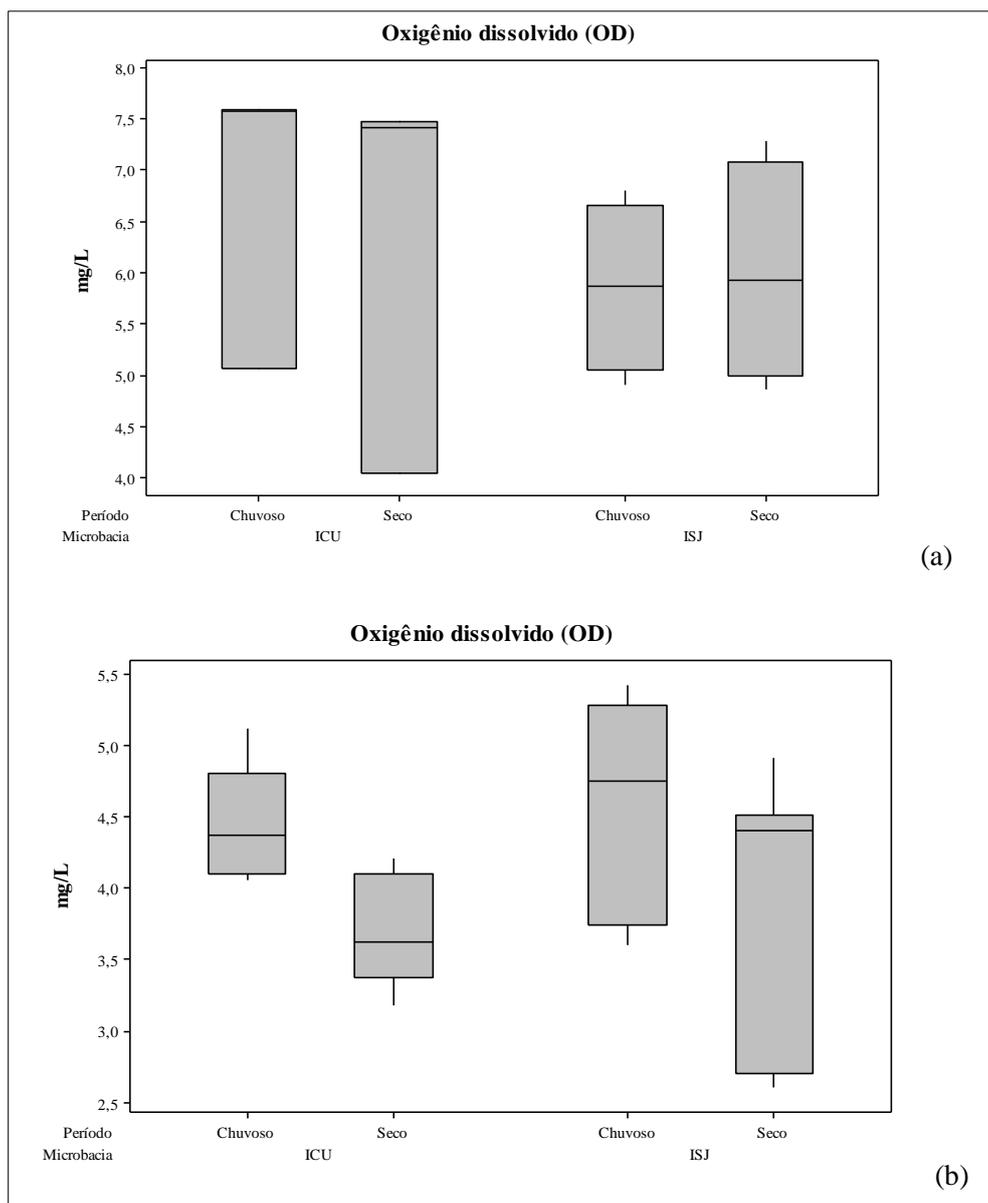
Cabe destaque o trecho de balneário (BalSJ) da microbacia ISJ, o qual apresentou concentrações baixas de oxigênio dissolvido ao longo de quase todo o período do estudo, com média de $4,88 \text{ mg.L}^{-1}$ de OD. Este resultado já era esperado, uma vez que, este trecho é um balneário bem frequentado na região, logo o incremento de matéria orgânica é substancialmente superior aos demais trechos. A presença de uma grande quantidade de macrófitas aquáticas neste trecho, corrobora os resultados obtidos.

Figura 18- Variação espacial das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).



* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) água superficial; (b) água subterrânea.

Figura 19- Variação sazonal das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).



* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) água superficial; (b) água subterrânea.

De um modo geral, observou-se que as concentrações de oxigênio dissolvido nas águas subterrâneas foram menores em relação às águas superficiais, sendo que, em relação a sazonalidade, as concentrações de OD foram, preponderantemente, menores no período seco. As menores médias observadas na microbacia ICU foram nos poços das áreas de SAF (SafC = 3,62 mg.L⁻¹ de OD) e queima (QueC = 3,88 mg.L⁻¹ de OD).

Na microbacia ISJ, as menores concentrações foram observadas nos poços das áreas de SAF (SafSJ = 3,15 mg.L⁻¹ de OD) e pasto (PasSJ = 3,17 mg.L⁻¹ de OD) (APÊNDICES, C e D). Esses resultados já eram esperados, uma vez que, em águas subterrâneas, ocorre depleção do

oxigênio, visto que não existe contato com o ar e que o O₂ é consumido na decomposição de material biológico abundante (CRISPIM et al., 2017).

Conceição et al. (2009) afirmam que dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio, é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos, sendo que, em águas subterrâneas, assume concentrações conforme percorre as etapas do ciclo hidrológico. É um importante indicador de poluição, mostrando a redução de substâncias orgânicas e intensidade da autodepuração. Sua solubilidade na água depende, como em todos os gases, dos fatores de temperatura e pressão, ou seja, com a elevação da temperatura e diminuição da pressão ocorrem redução e solubilidade do oxigênio na água, respectivamente.

Segundo Fiorucci e Benedetti Filho (2005), em ecossistemas da região amazônica e do Pantanal, observa-se o fenômeno da “friagem” ou “dequada”, respectivamente. Nesses fenômenos, há a queda de temperatura da água de até cerca de 20 °C, como consequência do vento e da chuva fria. Como resultado da queda da temperatura, há uma mistura total da massa d’água de diferentes profundidades, com consequente redução da concentração de oxigênio nas partes superiores até níveis de 10% de saturação.

O teste de Kruskal-Wallis mostrou existir diferença significativa a $p < 0,01$ para as concentrações de OD medidos entre os trechos de nascente (NasC) em relação aos de mais trechos na microbacia ICU, e entre os trechos de nascente (NasSJ) e balneário (BalSJ), em relação aos trechos médio e de confluência, na microbacia ISJ, conforme a Tabela 23.

Tabela 23- Resultados do teste de Kruskal Wallis para a variável Oxigênio Dissolvido (OD) nos trechos analisados, nas duas microbacias.

	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
			Comparação de pares	Sig.
ICU	$[X^2 (2) = 23,361; p < 0,01]$	H ₁	NasC-TmC	0,000
			NasC-ConC	0,000
OD (mg.L ⁻¹)	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
			Comparação de pares	Sig.
ISJ	$[X^2 (3) = 31,642; p < 0,01]$	H ₁	BalSJ-ConSJ	0,000
			BalSJ-TmSJ	0,000
			NasSJ-ConSJ	0,006
			NasSJ-TmSJ	0,005

Para as águas subterrâneas, o teste revelou haver diferença significativa a $p < 0,05$ entre as concentrações de OD nos poços das áreas de saf (SafC) e trituração (TritC), para a microbacia ICU. Para a microbacia ISJ, as diferenças nas concentrações de OD foram evidentes nos poços das áreas de pasto (PasSJ) e saf (SafSJ), em relação aos poços das áreas de trituração (TritSJ), queima (QueSJ) e capoeira (CapSJ), a $p < 0,01$, conforme Tabela 24. Em relação à sazonalidade,

o teste revelou ocorrer diferença significativa a $p < 0,05$, nas concentrações de OD nas águas subterrâneas das duas microbacias em estudo (Tabela 25).

Tabela 24- Resultados do teste de Kruskal Wallis para a variável Oxigênio Dissolvido (OD) nos poços analisados, nas duas microbacias.

ICU	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
			Comparação de pares	Sig.
	$[X^2 (5) = 15,209; p < 0,05]$	H ₁	SafC-TritC	0,005
ISJ	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
			Comparação de pares	Sig.
			PasSJ-TritSJ	0,035
			PasSJ-QueSJ	0,029
	$[X^2 (5) = 28,859; p < 0,01]$	H ₁	PasSJ-CapSJ	0,001
			SafSJ-TritSJ	0,039
			SafSJ-QueSJ	0,033
			SafSJ-CapSJ	0,001

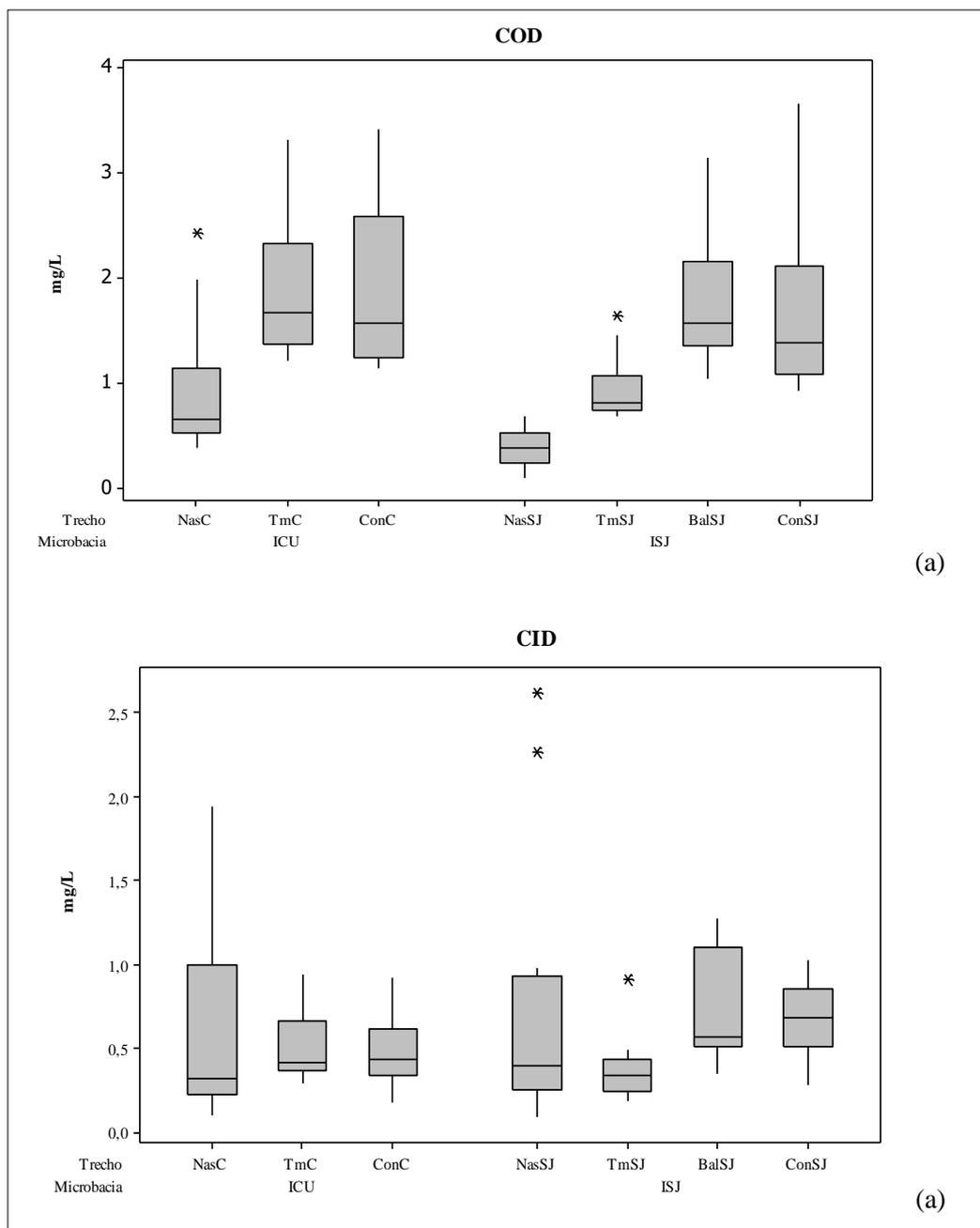
Tabela 25- Resultados do teste de Kruskal Wallis para a variável Oxigênio Dissolvido (OD) nos períodos analisados, nas duas microbacias.

ICU	Superficial	
	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
	$[X^2 (1) = 0,007; p > 0,05]$	H ₀
ISJ	Superficial	
	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
	$[X^2 (1) = 0,043; p > 0,05]$	H ₀
ICU	Subterrânea	
	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
	$[X^2 (1) = 7,533; p < 0,05]$	H ₁
ISJ	Subterrânea	
	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
	$[X^2 (1) = 7,460; p < 0,05]$	H ₁

4.2.6 Carbono orgânico dissolvido (COD) e carbono inorgânico dissolvido (CID)

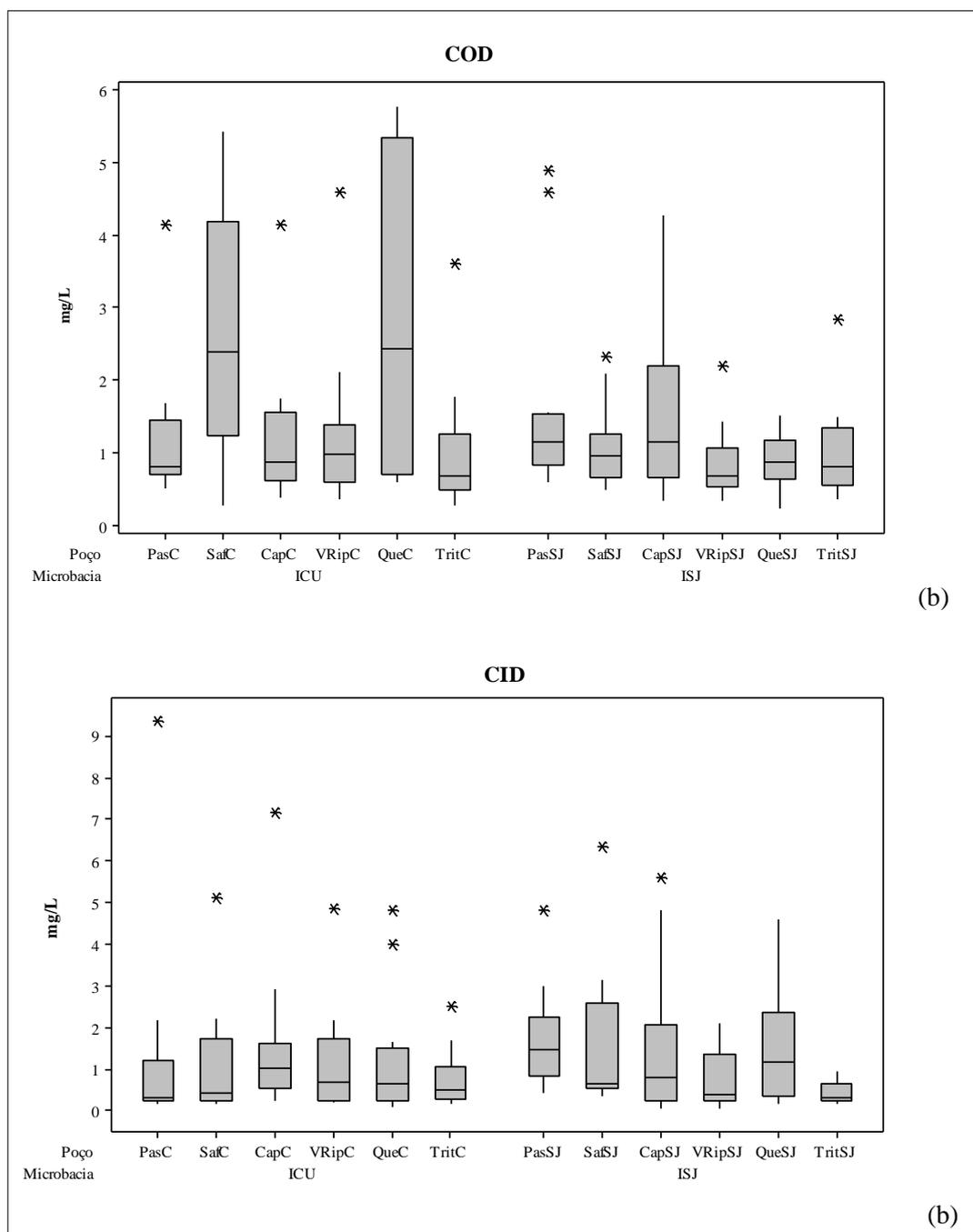
Na microbacia ICU, os valores médios das concentrações de COD variaram no período do estudo entre 0,93 mg.l⁻¹ na NasC, 1,85 mg.l⁻¹ no TmC e 1,86 mg.l⁻¹ na ConC. Na microbacia ISJ, as médias foram de 0,39 mg.l⁻¹ na NasSJ, 0,94 mg.l⁻¹ no TmSJ, 1,65 mg.l⁻¹ na ConSJ e, 1,75 mg.l⁻¹ no BalsJ (APÊNDICES, A e B). As Figuras 20 e 21 apresentam as variações nas concentrações de COD e CID observadas ao longo de todo o período de estudo, nas duas microbacias.

Figura 20- Variação espacial das concentrações de Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e Carbono Inorgânico Dissolvido (CID) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).



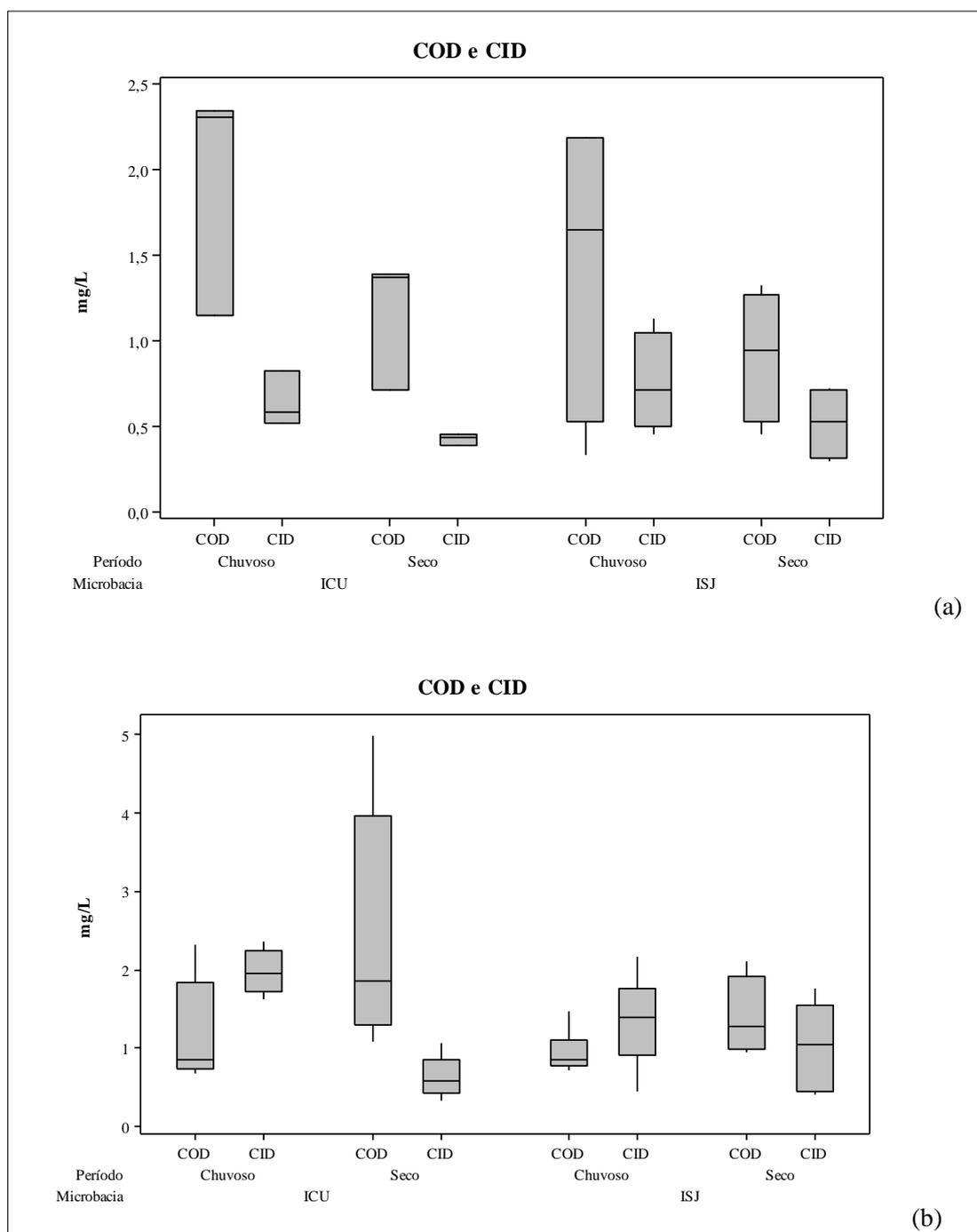
* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) água superficial; (b) água subterrânea.

(Cont).



* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) água superficial; (b) água subterrânea.

Figura 21- Variação sazonal das concentrações de Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e Carbono Inorgânico Dissolvido (CID) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).



* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) água superficial; (b) água subterrânea.

No decorrer do rio há, naturalmente, um aumento do seu leito em decorrência do aumento das áreas drenadas. Logo, as concentrações de COD tendem a aumentar de montante à jusante, em decorrência do aumento do fluxo de nutrientes no rio, lixiviada do perfil do solo.

A correlação significativa ao nível de $p \leq 0,01$ e direta entre o COD e a área de pastagem ($c = 0,883$, sig. = 0,008) (APÊNDICE, E), corrobora a hipótese de que o gradiente de aumento de áreas de pastagens possa ser o fator determinante do transporte de COD para os igarapés, tanto por via superficial como sub-superficial. Esse comportamento também foi verificado por Rosa (2007), que estudando a dinâmica do carbono nas águas superficiais, nas mesmas microbacias, no período de junho de 2006 a maio de 2007, observou variações de 0,27 mg.l⁻¹ a 12,13 mg.l⁻¹ de COD nas águas superficiais.

A cerca das águas subterrâneas, observou-se que as concentrações de COD foram, predominantemente maiores no período seco, com destaque para os poços das áreas de QueC (5,77 mg.l⁻¹ em setembro de 2014) e SafC (5,43 mg.l⁻¹ em março de 2015) na ICU, e para os poços da área de PasSJ (4,89 mg.l⁻¹ em agosto de 2014) do ISJ. As menores observações pertencem aos poços das áreas de TritC (0,28 mg.l⁻¹) na ICU, e nos poços das áreas de VRipSJ (0,34 mg.l⁻¹) e QueSJ (0,23 mg.l⁻¹), na ISJ, ambos no mês de abril de 2014 (APÊNDICES, C e D).

Esses resultados apresentam-se coerentes, uma vez que, a área de queima da ICU (QueC), possui atividade intensa, em comparação a mesma área na ISJ. Os agricultores, proprietários da área, fazem troca de cultura assiduamente, e com isso, mantem uma maior frequência de queimadas na área, bem como, aplicação de agrodefensivos.

A área de SAF da ICU é composta por um consórcio com mais de 10 anos de idade, de açaizeiros (*Euterpe oleracea* Mart.), seringueiras (*Hevea brasiliensis*) e, majoritariamente, cupuaçuzeiros (*Theobroma grandiflorum*), os quais produzem grande quantidade de liteira, formando uma espécie de “cama” sobre o solo, o que pode estar contribuindo com o aumento das concentrações de COD através de sua decomposição e incorporação dos nutrientes ao solo e posterior infiltração.

Tapia-Coral et al. (2000) estudando a massa e o estoque de carbono e nutrientes da camada de liteira acumulada sob diferentes SAF's e vegetação secundária estabelecidos em áreas de pastagens abandonadas, observaram que, apesar de todos os SAF's com 6 anos de idade, apresentem ainda, uma camada de liteira menor do que a capoeira (controle, 10 anos de idade), as liteiras dos SAFs apresentaram melhor qualidade nutricional (maiores concentrações de macro-nutrientes), evidenciando uma decomposição mais rápida e, possivelmente, uma reciclagem mais eficiente de nutrientes nos SAFs.

Na microbacia ICU, os valores médios de CID variaram no período do estudo entre 0,60 mg.l⁻¹ na NasC, 0,51 mg.l⁻¹ no TmC e 0,48 mg.l⁻¹ na ConC. Na microbacia ISJ, as médias foram

de 0,76 mg.l⁻¹ na NasSJ, 0,37 mg.l⁻¹ no TmSJ, 0,67 mg.l⁻¹ na ConSJ e, 0,74 mg.l⁻¹ no BalSJ (APÊNDICES, A e B).

Observou-se a diminuição das concentrações de CID de montante à jusante nos trechos analisadas na microbacia do ICU, e um comportamento oscilante nos trechos da microbacia do ISJ, o que pode ser explicado pelo aumento do fluxo de água e dissolução das cargas de nutrientes. Bessa e Paredes (1990), afirmam que, o poder da dissolução e transporte das várias formas de carbono inorgânico está condicionado, principalmente, aos tipos de rochas sob as quais a bacia hidrográfica se encaixa; à oxidação anaeróbica de compostos orgânicos dos solos constituintes da bacia e à quantidade de CO₂ suprido da atmosfera, de forma que o tempo de contato rocha-solo/água depende do maior ou menor volume de água que passa ou que é retido nestes materiais.

Em relação às águas subterrâneas, observou-se que as concentrações de CID foram sutilmente mais elevadas do que as observadas nas águas superficiais. Contudo, as concentrações observadas apresentaram comportamento heterogêneo ao longo de todo o período estudado, dificultando a caracterização em cada período. Entretanto, destaca-se os poços das áreas de PasC (9,36 mg.l⁻¹), SafC (5,12 mg.l⁻¹) e CapC (7,16 mg.l⁻¹) no mês de junho de 2014, na ICU. Na ISJ, destaca-se os poços das áreas de SafSJ (6,36 mg.l⁻¹) e CapSJ (5,58 mg.l⁻¹), também no mês de junho de 2014 (APÊNDICES, C e D).

A cerca das correlações entre as percentagens de uso do solo e as variáveis analisadas, observou-se que o CID apresentou correlação significativa ao nível de $p \leq 0,01$ e direta com VRipSJ ($c = 0,928$, sig. = 0,008). Este resultado mostra-se coerente, uma vez que, as áreas de vegetação ripária apresentam-se, na maior parte do tempo alagadas, e o material que fica presente nessas áreas por longos períodos, fica sujeito a vários processos físico-químicos típicos das condições lânticas.

Bessa e Paredes (1990), afirmam que no caso específico do carbono inorgânico, deve-se considerar que em áreas propensas a alagamentos e/ou corpos lânticos, estes materiais, dependendo das condições de temperatura e pH, precipitam parcialmente nas áreas de menor profundidade, porém, nas áreas mais profundas estes materiais continuarão em solução com CO₂-livre ou bicarbonatos, ou mesmo como carbonatos.

A correlação significativa ao nível de $p \leq 0,01$ e inversa com a CapSJ ($c = -0,928$, sig. = 0,008), pode ser explicada pela maior interceptação de água da chuva pelas copas e estruturas vegetais, diminuindo o processo de infiltração nestas áreas. Condição inversa observada nas áreas de pasto, uma vez, que o solo está exposto e sujeito a uma entrada maior de água através

do processo de infiltração, corroborando o resultado da correlação significativa e direta ao nível de $p \leq 0,05$ com a área de PasSJ ($c = 0,845$, sig. = 0,034) (APÊNDICE, G).

Para as águas superficiais, o teste de Kruskal-Wallis revelou existir diferença significativa a $p < 0,05$ apenas entre as concentrações de COD no trecho de nascente (NasC) em relação aos demais trechos da microbacia ICU. Para a microbacia ISJ, o teste revelou diferenças significativas entre as concentrações de COD da nascente (NasSJ) em relação aos demais trechos a $p < 0,01$, e a $p < 0,05$, entre as concentrações de CID para o trecho médio em relação aos trechos de confluência (ConSJ) e balneário (BalSJ), corroborando os resultados, conforme Tabela 26.

Tabela 26- Resultados do teste de Kruskal Wallis para as variáveis Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e Carbono Inorgânico Dissolvido (CID), nos trechos analisados, nas duas microbacias.

	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho		
			Comparação de pares	Sig.	
ICU	COD (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (2) = 12,194; p < 0,05]$	H ₁	NasC-ConC	0,009
				NasC-TmC	0,006
	CID (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (2) = 0,980; p > 0,05]$	H ₀	-	-
	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho		
			Comparação de pares	Sig.	
ISJ	COD (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (3) = 34,214; p < 0,01]$	H ₁	NasSJ-ConSJ	0,000
				NasSJ-BalSJ	0,000
				TmSJ-BalSJ	0,044
	CID (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (3) = 12,668; p < 0,05]$	H ₁	TmSJ-ConSJ	0,027
				TmSJ-BalSJ	0,011

Paras as águas subterrâneas, o teste revelou diferença significativa a $p < 0,05$, apenas para as concentrações de CID entre os poços das áreas de trituração (TritSJ) e pasto (PasSJ), na microbacia ISJ (Tabela 27).

Tabela 27- Resultados do teste de Kruskal Wallis para as variáveis Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e Carbono Inorgânico Dissolvido (CID), nos poços analisados, nas duas microbacias.

	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
			Comparação de pares	Sig.
ICU	COD (mg.L-1)	$[X^2 (5) = 10,712; p > 0,05]$	H ₀	-
	CID (mg.L-1)	$[X^2 (5) = 3,419; p > 0,05]$	H ₀	-
	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
			Comparação de pares	Sig.
ISJ	COD (mg.L-1)	$[X^2 (5) = 7,709; p > 0,05]$	H ₀	-
	CID (mg.L-1)	$[X^2 (5) = 15,573; p < 0,05]$	H ₁	TritSJ-PasSJ 0,009

A Tabela 28 apresenta os resultados do teste de Kruskal-Wallis a cerca das variações nas concentrações de COD e CID nos períodos estudados (chuvoso e seco). Para as águas superficiais das duas microbacias, apenas as concentrações de COD apresentaram diferenças significativas entre os períodos estudados, a $p < 0,05$. Para as águas subterrâneas da microbacia ICU, o teste revelou diferença significativa nas concentrações tanto de COD ($p < 0,01$), quanto de CID ($p < 0,05$) em relação aos períodos estudados. Já para as águas subterrâneas da microbacia ISJ, apenas as concentrações de COD ($p < 0,05$), mostrarem-se significativamente diferentes entre os períodos estudados.

Tabela 28- Resultados do teste de Kruskal Wallis para as variáveis Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e Carbono Inorgânico Dissolvido (CID), nos períodos analisados, nas duas microbacias.

		Superficial	
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
ICU	COD (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 11,467; p < 0,05]$	H ₁
	CID (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 3,481; p > 0,05]$	H ₀
		Subterrânea	
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
ISJ	COD (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 4,556; p < 0,05]$	H ₁
	CID (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 2,145; p > 0,05]$	H ₀
		Subterrânea	
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
ICU	COD (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 13,111; p < 0,01]$	H ₁
	CID (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 6,507; p < 0,05]$	H ₁
		Subterrânea	
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
ISJ	COD (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 8,740; p < 0,05]$	H ₁
	CID (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 1,218; p > 0,05]$	H ₀

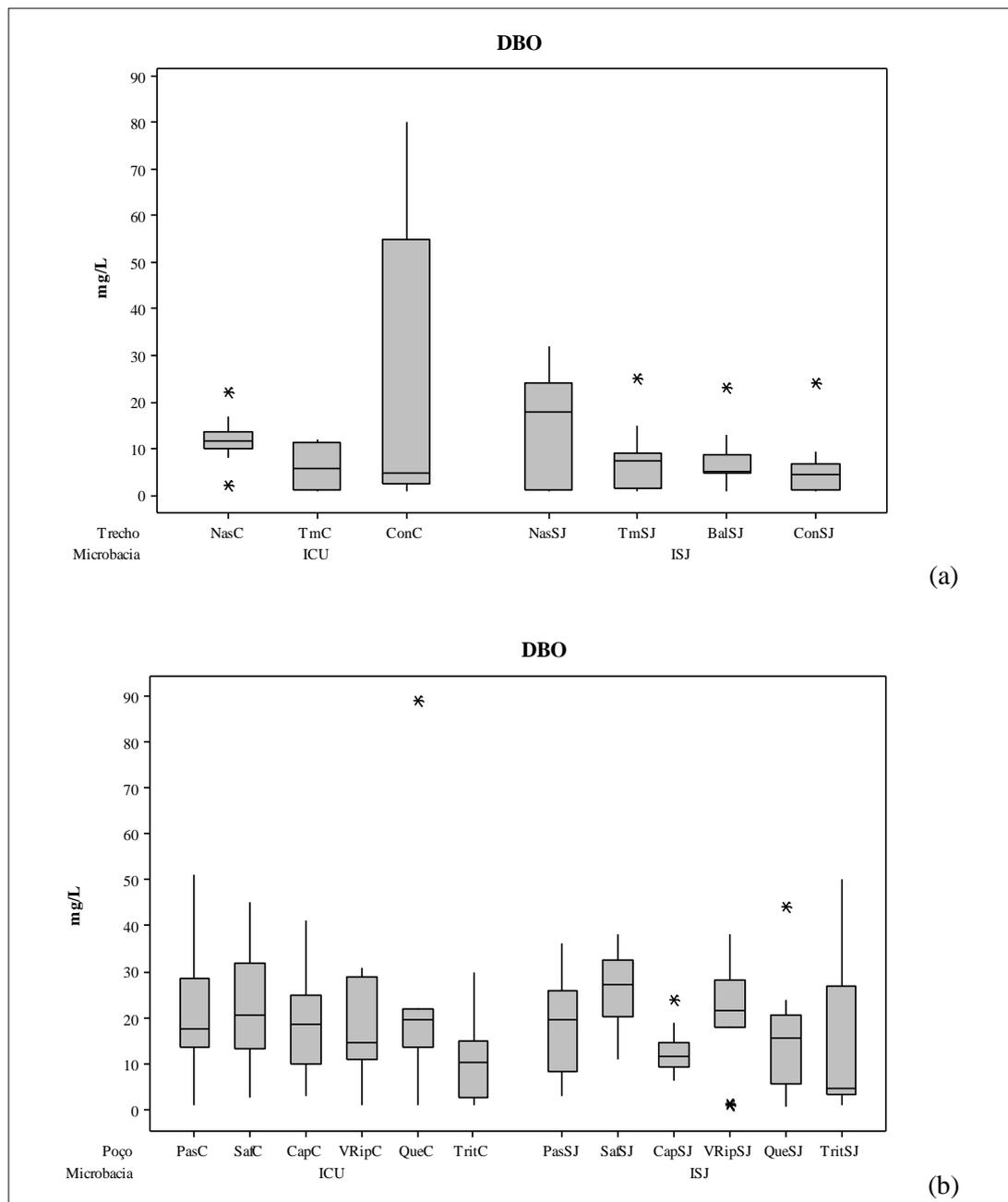
4.2.7 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Na microbacia ICU, os valores médios das concentrações de DBO variaram no período do estudo entre 11,93 mg.L⁻¹ na NasC, 6,26 mg.L⁻¹ no TmC e 21,61 mg.L⁻¹ na ConC. Na microbacia ISJ, as médias foram de 14,52 mg.L⁻¹ na NasSJ, 7,75 mg.L⁻¹ no TmSJ, 5,83 mg.L⁻¹ na ConSJ e, 6,98 mg.L⁻¹ no BalSJ (APÊNDICES, A e B). As Figuras 22 e 23, apresentam as variações espacial e sazonal, das concentrações de DBO observados ao longo de todo o período de estudo, nas duas microbacias.

Observou-se ao longo do período estudado que os valores de DBO, predominantemente, mostraram-se acima do valor máximo permitido pela legislação vigente, a qual estabelece valor $\leq 5,00$ mg.L⁻¹ (BRASIL, 2005). CETESB (2009) afirma que elevados valores de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença

de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

Figura 22- Variação espacial dos valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).



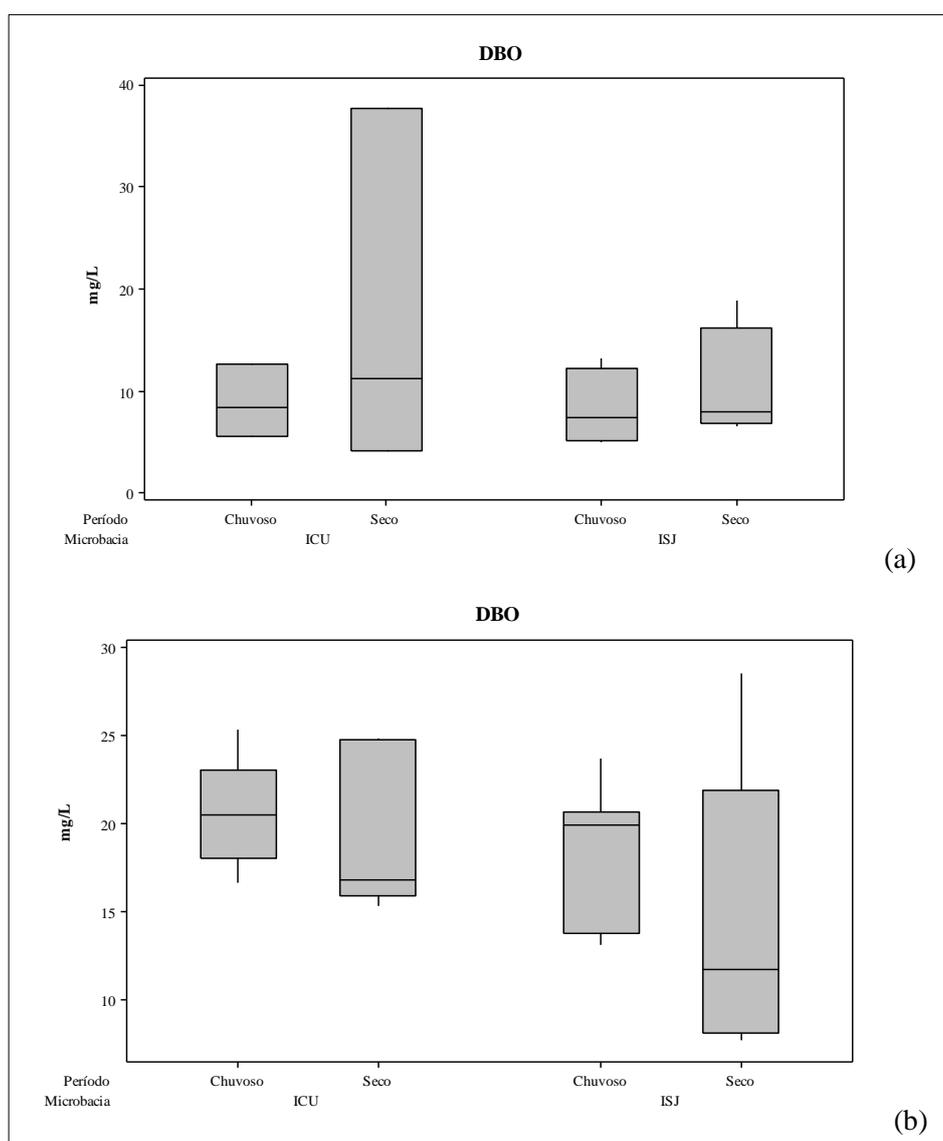
* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) água superficial; (b) água subterrânea.

Paras as águas superficiais, cabe destaque para o trecho de confluência (ConC) da microbacia do ICU, que apresentou a maior variação ao longo período de estudo. Os maiores valores foram observados no período seco, nos meses de agosto (70 mg.L^{-1}), outubro (80 mg.L^{-1})

¹) e dezembro (72 mg.L^{-1}) (APÊNDICE, A). Esses elevados valores podem estar associados ao aumento descargas de nutrientes ao longo do leito do rio, uma vez que, o trecho é circundado tanto por áreas de pasto, quanto por áreas de cultivo com predominância do sistema de agricultura familiar.

Esses elevados valores de DBO podem estar influenciando, também, o aumento da microflora presente nos pontos de trecho médio (TmC e TmSJ), confluência (ConC e ConSJ) e balneário (balsj), condição observada ao longo do período de coleta das amostras, interferindo no equilíbrio da vida aquática, além de produzir odores desagradáveis. Vale ressaltar que, observou-se valores baixos de DBO no BalSJ, quando esperava-se o inverso devido a poluição local.

Figura 23- Variação sazonal dos valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).



* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) água superficial; (b) água subterrânea.

A cerca das águas subterrâneas das duas microbacia estudadas, todos os poços observados apresentaram valores, em sua maioria, bem superiores ao valor máximo permitido pela legislação vigente ($\leq 5,00 \text{ mg.L}^{-1}$). Cabe destaque os poços das áreas de SAF das duas microbacias com médias de SafC ($22,79 \text{ mg.L}^{-1}$) e SafSJ ($26,09 \text{ mg.L}^{-1}$). Além dos poços da área de queima da microbacia ICU, QueC (89 mg.L^{-1}) no mês de setembro, e os poços da área de trituração da microbacia ISJ, TritSJ (50 mg.L^{-1}), no mês de junho (APÊNDICES, C e D).

Esses resultados apresentam-se coerentes, posto que, as áreas de SAF e trituração, são áreas de intensa produção de material orgânico. Logo, no momento da precipitação ocorre a drenagem desses solos propiciando a entrada de nutrientes. Bertossi et al. (2013), também observaram elevados valores de DBO em águas subterrâneas, estudando a qualidade das águas da Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Horizonte, no Sul do Estado do Espírito Santo. Os autores atribuíram aos elevados valores observados a entrada de nutrientes oriundos do processo de senescência da área florestada, bem como, a drenagem de área de monocultivo de café.

O teste de Kruskal-Wallis mostrou existir diferença significativa para as concentrações de DBO nas águas superficiais da microbacia ICU, a $p < 0,05$, entre os trechos médio (TmC) e nascente (NasC), conforme Tabela 29. Para as águas subterrâneas, apenas os poços das áreas de capoeira (CapSJ) e saf (SafSJ), da microbacia ISJ, apresentaram diferença significativa nas concentrações de DBO a $p < 0,05$, conforme Tabela 30. Em relação à sazonalidade, o teste não evidenciou diferença nas concentrações de DBO entre os períodos estudados – Chuvoso e Seco (Tabela 31).

Tabela 29- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nos trechos analisados, nas duas microbacias.

		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
				Comparação de pares	Sig.
DBO (mg.L^{-1})	ICU	$[X^2 (2) = 6,593; p < 0,05]$	H_1	TmC-NasC	0,046
	ISJ	$[X^2 (3) = 3,478; p > 0,05]$	H_0	-	-

Tabela 30- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nos poços analisados, nas duas microbacias.

ICU	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
			Comparação de pares	Sig.
DBO (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (5) = 7,703; p > 0,05]$	H ₀	-	-
	ISJ	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço
	$[X^2 (5) = 13,895; p < 0,05]$	H ₁	Comparação de pares	Sig.
			CapSJ-SafSJ	0,026

Tabela 31- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nos períodos analisados, nas duas microbacias.

ICU	Superficial	
	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
DBO (mg.L-1)	$[X^2 (1) = 0,093; p > 0,05]$	H ₀
	ISJ	Kruskal-Wallis
	$[X^2 (1) = 0,005; p > 0,05]$	H ₀
	Subterrânea	
ICU	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
	$[X^2 (1) = 1,403; p > 0,05]$	H ₀
ISJ	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
	$[X^2 (1) = 0,413; p > 0,05]$	H ₀

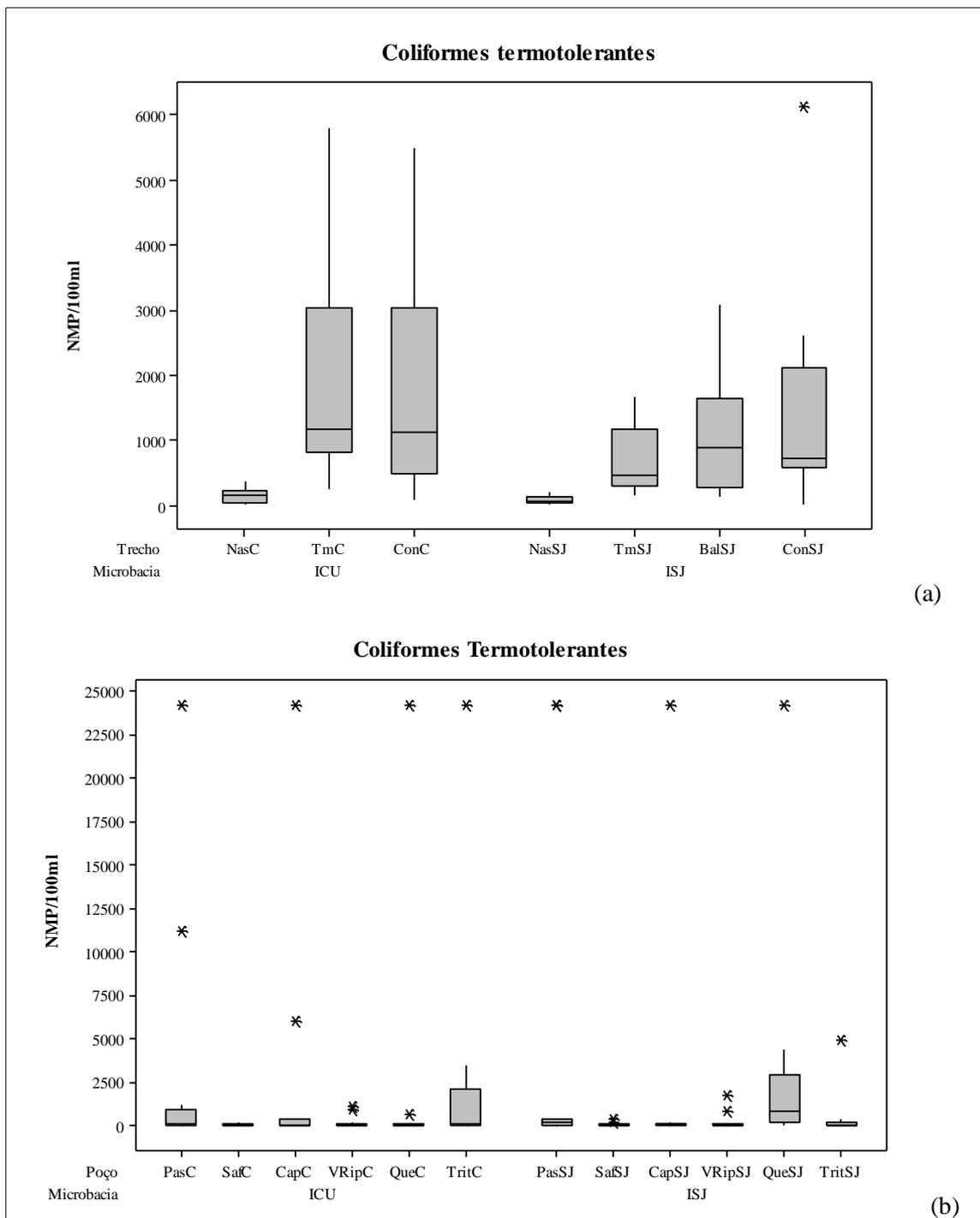
4.2.8 Coliformes Termotolerantes

As Figuras 24 e 25, apresentam as variações das concentrações de Coliformes Termotolerantes ocorridas em todos os pontos amostrados e períodos estudados, nas duas microbacias. As análises revelaram valores muito elevados de coliformes para todos os pontos amostrados, que no geral, ocorreram no período menos chuvoso.

Na microbacia ICU, cabe destaque o trecho de nascente (NasC) o qual apresentou nos meses de agosto e dezembro de 2014 valores de 19.863 NMP.100ml⁻¹ e 7.940 NMP.100ml⁻¹ (NMP equivale a número mais provável de bactérias em 100 ml de água), respectivamente, em relação aos trechos médio (TmC) 5.794 NMP.100ml⁻¹, e confluência (ConC), 5.475 NMP.100ml⁻¹, os quais se destinam, também, para recreação da população do entorno (APÊNDICE, A).

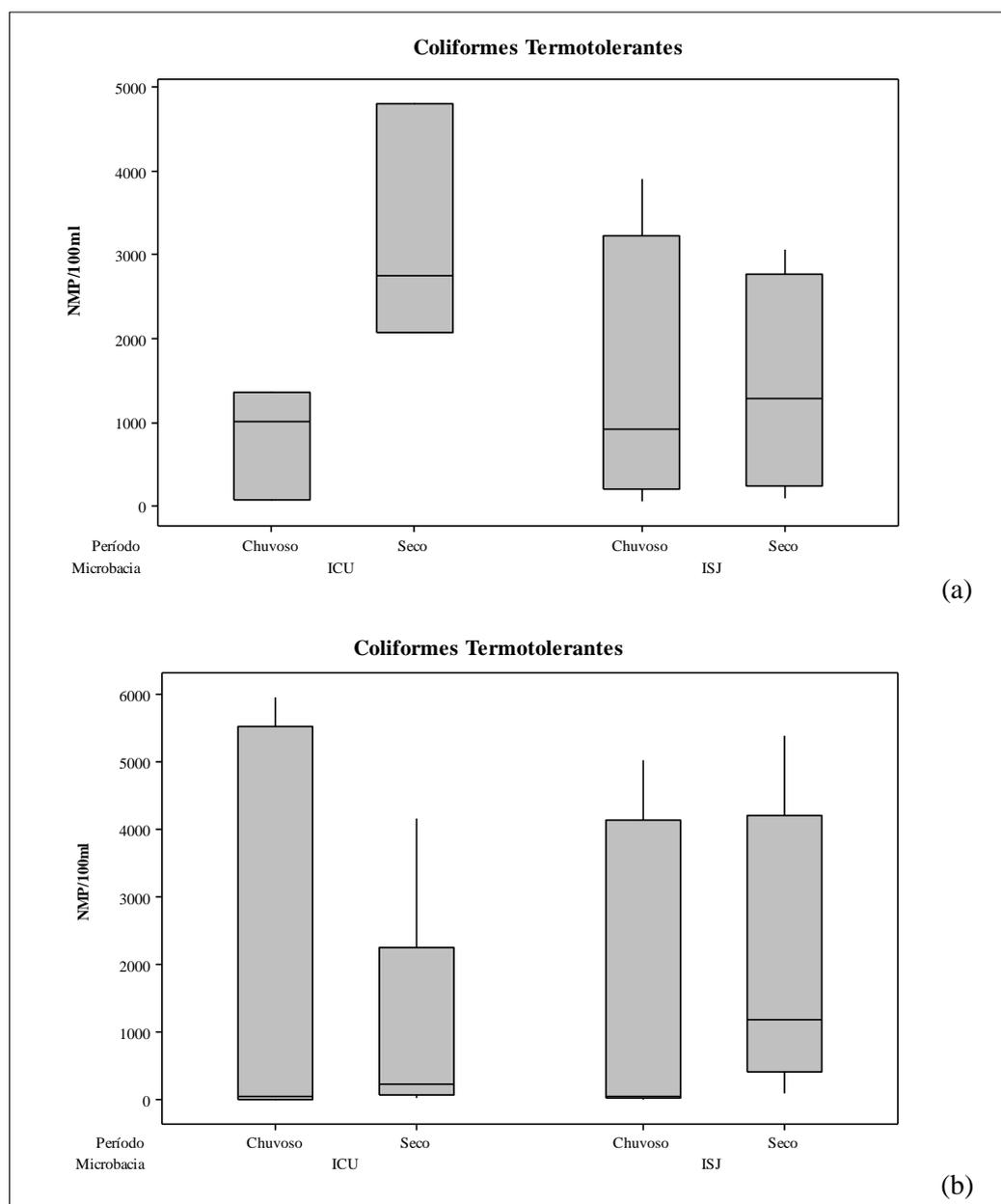
Na microbacia ISJ, o trecho de nascente (NasSJ) foi o ponto que apresentou os menores valores ao longo do período estudado, com média de 74,3 NMP.100ml⁻¹, máximo de 211 NMP.100ml⁻¹ no mês de setembro de 2014 e mínimo de 3,10 NMP.100ml⁻¹ no mês de março de 2015.

Figura 24- Variação espacial das concentrações de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).



* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) água superficial; (b) água subterrânea.

Figura 25- Variação sazonal das concentrações de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) medidos nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias em estudo (ICU e ISJ).



* Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) água superficial; (b) água subterrânea.

O trecho médio (TmSJ) apresentou valor máximo de 1.119.900 NMP.100ml⁻¹ no mês de março de 2015, sendo considerado como um evento atípico, em decorrência dos demais valores obtidos ao longo do período do estudo. O trecho de confluência (ConSJ) apresentou valor máximo de 6.131 NMP.100ml⁻¹ no mês de setembro de 2014 e mínimo de 13,40 NMP.100ml⁻¹ no mês de dezembro de 2014. O trecho de balneário (BalSJ) apresentou nos meses de setembro de 2014 e março de 2015 valores de 10.462 NMP.100ml⁻¹ e 19.863

NMP.100ml⁻¹, respectivamente, e valor mínimo de 135 NMP.100ml⁻¹ no mês de dezembro de 2014 (APÊNDICE, B).

É importante ressaltar que na área das nascentes de ambas as microbacias ocorrem fragmentos de áreas de capoeira, onde, por ventura, ocorre queima e trituração de material vegetal, além de fragmentos de vegetação ripária. Na área onde se encontra o trecho médio (TmC), localizam-se propriedades de agricultura familiar e no seu entorno são observadas áreas de ocupação e pasto (segundo o mapeamento do TerraClass, 2014). O mesmo ocorre para ConC, sendo que neste caso tem-se a influência de uma estrada vicinal local. Estes destaques são indicados pois os valores observados foram elevados para o ambiente de estudo.

Com exceção do BalSJ, as águas dos demais pontos são utilizadas para uso domésticos das famílias do entorno. No decorrer das campanhas de coletas, observou-se que os esgotos e dejetos da grande maioria das famílias residentes próximas aos leitos dos rios, são despejados a céu aberto, sem qualquer tratamento.

Lima et al. (2018) obtiveram comportamento similar para uma bacia hidrográfica eminentemente rural, sem saneamento básico, ausência de ETEs nas sedes municipais, além de atividades agrícolas desassistidas, com práticas de cultivo obsoletas e uma pecuária que provavelmente produz uma grande carga de dejetos.

Os corpos d'água em estudo ainda não foram enquadrados em classes de qualidade pelo órgão ambiental competente. Sendo assim, segundo a legislação, corpos d'água nessa situação devem ser considerados como de Classe 2, em relação aos usos predominantes e de recreação de contato primário. Segundo a Resolução CONAMA n° 357/05, as águas da Classe 2, caso sejam destinadas à recreação de contato primário, devem obedecer a Resolução CONAMA n° 274/00. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral¹. O que indica que as águas estudadas não correspondem ao padrão proposto de Classe, sendo impróprias para o contato primário.

Apesar das nascentes, de forma geral, apresentarem os menores valores observados, destaca-se a importância da preservação desses sistemas no que concerne a sua vulnerabilidade

¹ Como o uso das águas da maioria dos pontos amostrados destina-se ao uso domésticos dos moradores dos entornos, considerou-se as classificações determinadas pela Resolução CONAMA n° 274/2000, a qual considera as águas como excelente, se em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros; muito boa, nas mesmas condições com no máximo 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros e; satisfatória, nas mesmas condições com no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

com relação a interação homem/meio ambiente, uma vez que, estas nascentes são de fácil acesso pela comunidade, e acabam se tornando “sumidouros” da poluição, o que sugere que a percepção de proteção ambiental está ligada a algo palpável e/ou que tenha influência sobre si próprio. A presença de correlação entre coliformes e a área de vegetação ripária ($c = 0,845$, sig. = $0,034$) corrobora esse contexto (APÊNDICE, F).

A cerca das águas subterrâneas das duas microbacia estudadas, observou-se que os poços mais rasos apresentaram maior vulnerabilidade à contaminação (maior concentração de bactérias), uma vez que os solos da região tem por característica serem bem drenáveis, destacando-se os poços da área de TritC, QueSJ e PastSJ (APÊNDICES, C e D). Este último já era esperado, pois, a área de pasto da ISJ possui intensa pressão de pastejo em comparação a mesma área na ICU.

Vale ressaltar as bactérias do grupo coliformes termotolerantes vivem normalmente no organismo humano, existindo em grande quantidade nas fezes de humanos, animais domésticos, selvagens e pássaros. Desse modo, presume-se que exista contaminação por bactérias patogênicas.

O teste de Kruskal-Wallis revelou diferença significativa para as concentrações de Coliformes termotolerantes nas águas superficiais das duas microbacias (ICU e ISJ), a $p < 0,01$, entre os trechos de nascentes (NasC e NasSJ), em relação aos demais trechos das respectivas microbacias (Tabela 32). Para as águas subterrâneas, apenas os poços das áreas de saf (SafSJ) e vegetação ripária (VRipSJ), da microbacia ISJ, apresentaram diferença significativa nas concentrações de Coliformes termotolerantes a $p < 0,05$ em relação aos poços da área de queima (QueSJ), conforme Tabela 33. Em relação à sazonalidade, o teste não evidenciou diferença nas concentrações de Coliformes termotolerantes entre os períodos estudados – Chuvoso e Seco (Tabela 34).

Tabela 32- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Coliformes Termotolerantes, nos trechos analisados, nas duas microbacias.

	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
			Comparação de pares	Sig.
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	ICU	$[X^2 (2) = 19,521; p < 0,01]$	NasC-ConC	0,002
			NasC-TmC	0,000
	ISJ	$[X^2 (3) = 24,213; p < 0,01]$	NasSJ-TmSJ	0,008
			NasSJ-BalSJ	0,000
NasSJ-ConSJ			0,000	

Tabela 33- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Coliformes Termotolerantes, nos poços analisados, nas duas microbacias.

	ICU	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
				Comparação de pares	Sig.
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)		$[X^2 (5) = 5,373; p > 0,05]$	H ₀	-	-
	ISJ	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
				Comparação de pares	Sig.
		$[X^2 (5) = 18,468; p < 0,05]$	H ₁	SafSJ-QueSJ	0,004
			VRipSJ-QueSJ	0,020	

Tabela 34- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para a variável Coliformes Termotolerantes, nos períodos analisados, nas duas microbacias.

	ICU	Superficial	
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)		$[X^2 (1) = 2,368; p > 0,05]$	H ₀
	ISJ	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
	ICU	Kruskal-Wallis	Subterrânea
Hipótese aceita			
	$[X^2 (1) = 1,891; p > 0,05]$	H ₀	
	ISJ	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
		$[X^2 (1) = 0,089; p > 0,05]$	H ₀

4.2.9 Nitrogênio total (NT), Amônio (NH₄⁺) e Nitrato (NO₃⁻)

As Figuras 26 e 27 apresentam as variações das concentrações de nitrogênio total, amônio e nitrato observadas nas águas superficiais e subterrâneas ao longo de todo o período de estudo, nas duas microbacias. De maneira geral, as águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias apresentaram valores médios na ordem de NT > NO₃⁻ > NH₄⁺ (APÊNDICES, A, B, C e D).

Observou-se que nos trechos analisados na microbacia ICU, houve um pequeno decréscimo nas concentrações das variáveis, de montante para jusante, provavelmente em decorrência do aumento no volume de água e consequente diluição das concentrações ao longo do rio. Para a microbacia ICU, os trechos analisados apresentaram concentrações de nitrogênio total muito próximas (NasC = 0,66 mg.L⁻¹ de NT, TmC = 0,63 mg.L⁻¹ de NT e ConC = 0,62 mg.L⁻¹).

Em contrapartida, na microbacia ISJ, observou-se um aumento nas concentrações nos trechos médio (TmSJ = 0,70 mg.L⁻¹ de NT) e confluência (ConSJ = 0,64 mg.L⁻¹ de NT), que podem ser explicados pelo possível incremento de nutrientes nesses trechos, posto que, a

jusante do trecho de nascente do ISJ, tem-se um balneário, bastante conhecido e frequentado na região (“Lagoa Azul”), que torna-se uma fonte pontual de entrada de nutrientes.

Do mesmo modo, para o trecho BalSJ, que também trata-se de um balneário bastante frequentado, visto que localiza-se às margens de uma estrada vicinal que dá acesso à região. Além do que, à montante do trecho de confluência, predominam extensas áreas de pasto, que são drenadas para o leito do rio.

Por ser um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, o nitrogênio atua como fator limitante na produção primária de ecossistemas, sendo que concentrações elevadas desse nutriente favorecem esta produção. Sua origem pode ser natural (água da chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular) ou artificial sendo proveniente, principalmente, de efluentes domésticos, industriais e agrícolas (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013).

Por isso, é um dos nutrientes responsáveis pelo processo de eutrofização e, conseqüentemente, influencia na quantidade de oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e clorofila existente no meio, podendo causar a diminuição da biodiversidade existente no local (ESTEVES, 1998).

A cerca do íon nitrato, observou-se que esta foi a variável que mais sofreu variação ao longo do período de estudo, nas duas microbacias, com destaque para o trecho de nascente da microbacia ICU (Nasc = 0,68 mg.L⁻¹) que apresentou aumento nas concentrações de nitrato, em relação aos demais trechos da microbacia ICU. Na microbacia ISJ, também observou-se o mesmo comportamento nos trechos médio (TmSJ = 0,68 mg.L⁻¹ de NO₃⁻) e confluência (ConSJ = 0,39 mg.L⁻¹ de NO₃⁻).

Esses resultados podem ser explicados, também, pelo possível incremento de nutrientes em decorrência da lixiviação dos solos fertilizados. Esse incremento de nitrato na nascente da microbacia do ICU pode ser em decorrência da aplicação de fertilizantes e agrodefensivos em cultivo a montante desse trecho.

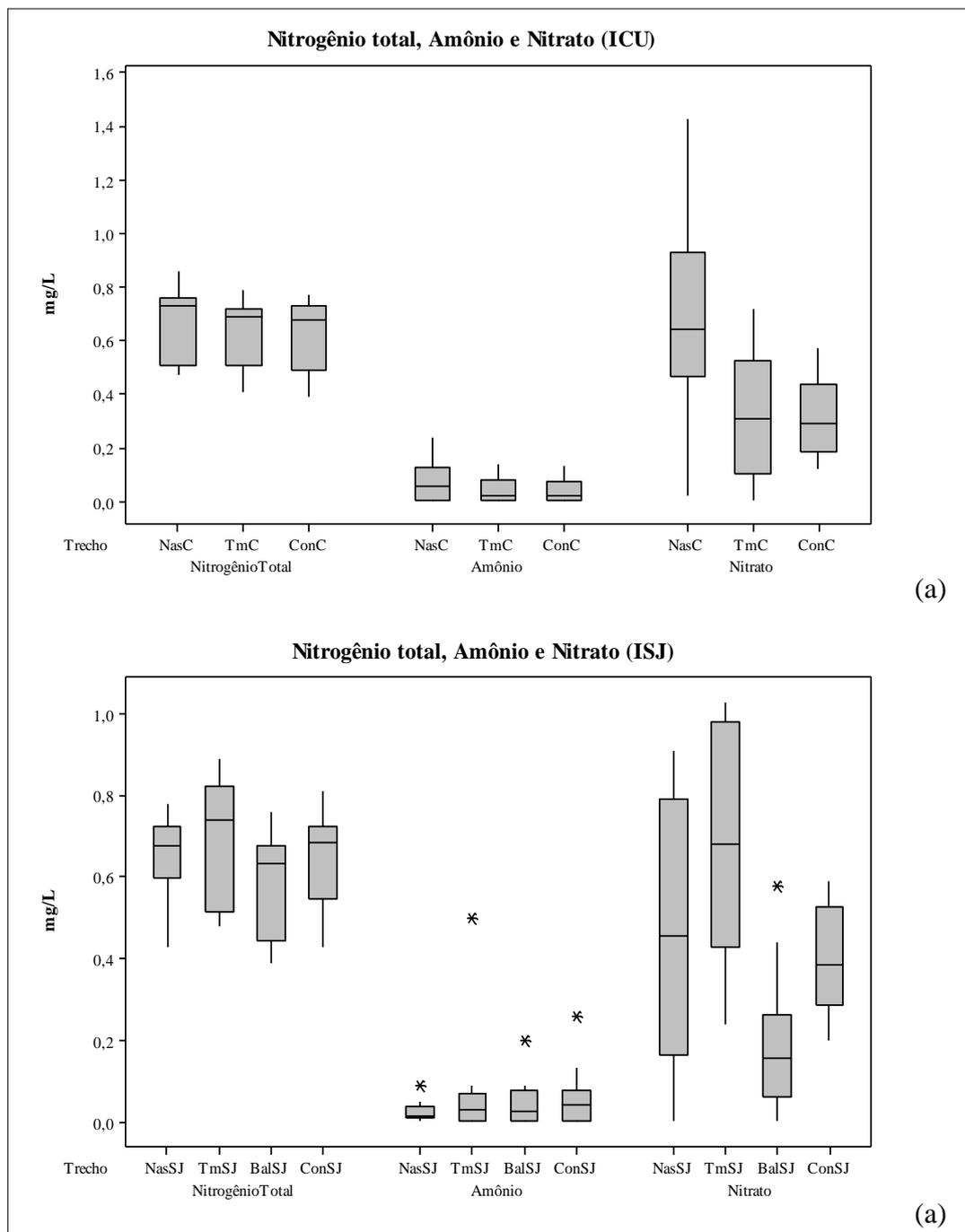
Para as águas subterrâneas, cabe destaque os poços das áreas de trituração (TritC = 4,09 mg.L⁻¹ em junho/2014 e 4,67 mg.L⁻¹ em setembro/2014) e queima (QueC = 5,74 mg.L⁻¹ em junho/2014) da microbacia ICU, e os poços da área de queima (QueSJ = 5,56 mg.L⁻¹ e 5,15 mg.L⁻¹ em fevereiro/2015) da microbacia ISJ.

Nas áreas agrícolas, a principal forma de entrada de compostos nitrogenados se dá através do escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados, como foi observado por Araújo (2011), estudando a contaminação por nitrato no aquífero livre barreiras, em área de citricultura intensa, em uma microbacia no município de Capitão Poço (PA). O autor observou

concentrações de nitrato elevadas (chuvoso = $0,45 \text{ mg.L}^{-1}$; seco = $1,40 \text{ mg.L}^{-1}$), classificando o aquífero barreiras como muito vulnerável à contaminação deste elemento na região.

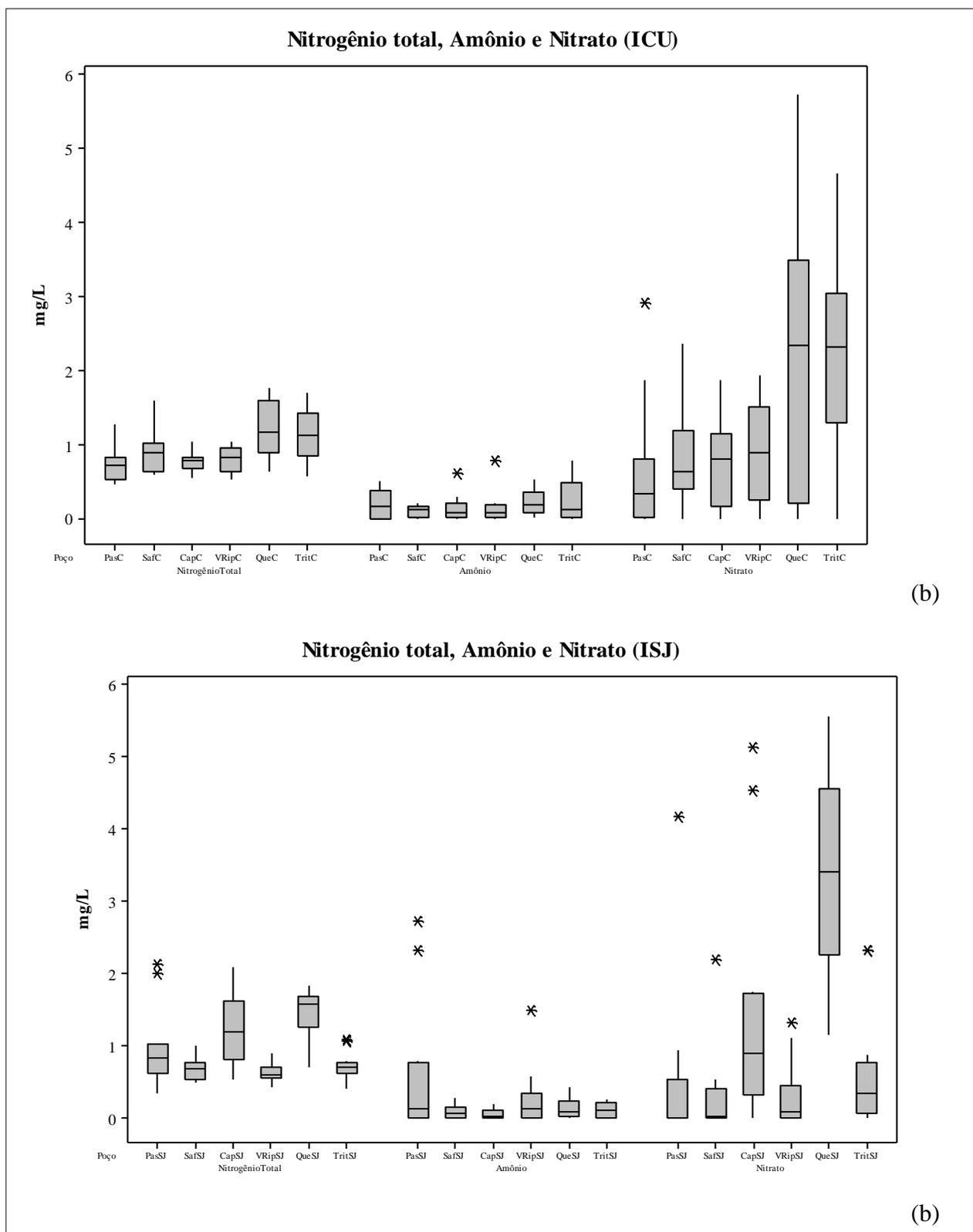
Matta (2002), também ressalta que os aquíferos da formação Pós-barreiras, apresentam alta vulnerabilidade junto às principais fontes pontuais de contaminação das águas subterrâneas, principalmente em função de sua profundidade, quase sempre inferior a 25 metros.

Figura 26- Variação espacial das concentrações de Nitrogênio total (NT), Amônio (NH_4^+) e Nitrato (NO_3^-) medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumaru (ICU) e São João (ISJ).



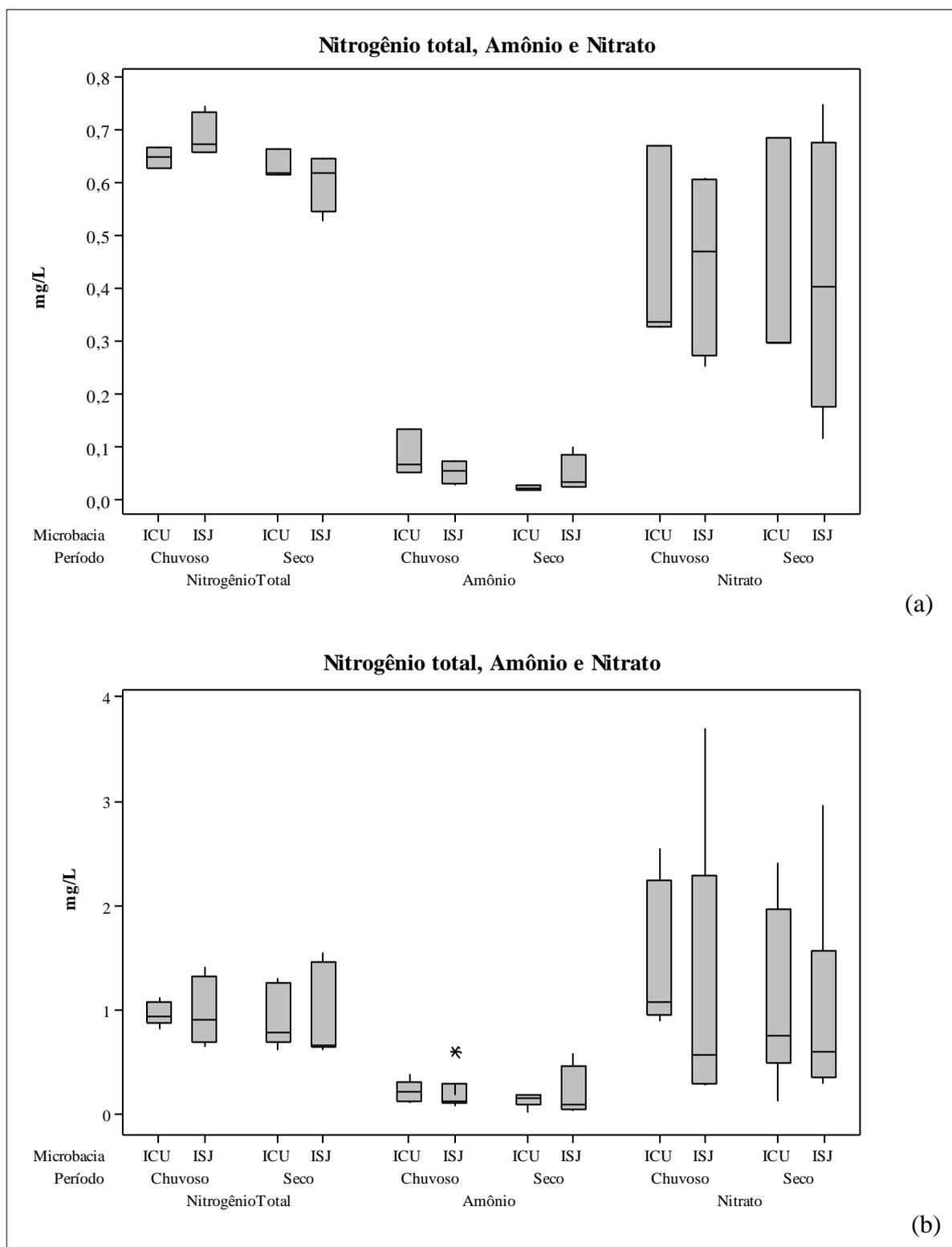
*Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

(cont.)



*Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

Figura 27- Variação sazonal das concentrações de Nitrogênio total (NT), Amônio (NH_4^+) e Nitrato (NO_3^-) medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumaru (ICU) e São João (ISJ).



*Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

Wickel (2004), em estudo sobre a água e a dinâmica dos nutrientes na microbacia do cumaru, observou que as concentrações de nitrato nas águas superficiais foram, pelo menos, 4 (quatro) vezes menores em relação as concentrações observadas no período deste estudo, bem como Barroso (2011), em estudo de fluxos hidrogeoquímicos em águas superficiais em mesobacias do nordeste paraense, também observou concentrações de nitrato e amônio muito baixas, em relação as observadas neste estudo. O que novamente, pode ser explicado pela intensificação das atividades agrícolas na região.

Em comparação aos resultados obtidos nestes estudo, pode-se dizer que nas duas microbacias, os trechos e poços analisados, estão sofrendo grande incremento desse nutriente por meio da lixiviação dos solos fertilizados próximos leito rio, bem como, pela infiltração nos solos, posto que, caracterizam como arenosos. Parron, Muniz e Perreira (2011), afirmam que, em águas superficiais, o nitrato ocorre em quantidades traços, como foram observados por Barroso (2011), mas podem atingir concentrações elevadas (até $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$) em algumas águas subterrâneas.

Esses resultados tornam-se preocupantes, posto que, ingestão de água com elevada concentração de nitrato pode desencadear o aparecimento da Metahemoglobinemia (cianose infantil), a qual a toxicidade do nitrato deriva de sua redução a nitrito, no estômago e na saliva, resultando na incapacidade de fixação do oxigênio, levando à anoxia (falta de oxigênio) e mesmo à morte, caso a situação não seja corrigida, e a carcinogênese, que a elevada ingestão de nitratos pode ser um fator contribuinte para o surgimento do câncer gástrico (ARAÚJO, 2011).

Entretanto, não se pode descartar a possibilidade de contaminação, em parte, por despejo de esgoto doméstico, uma vez que, ao longo do estudo, observou-se que o mesmo ocorre indiscriminadamente, a céu aberto, além da queima do lixo produzido. Vasconcelos e Souza (2011), estudando a qualidade da água do manancial do Utinga, em Belém (PA), observaram concentração máxima de $0,35 \text{ mg.L}^{-1}$ de NO_3^- , na água bruta do lago bolonha, no período menos chuvoso, e $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ de NO_3^- no rio Guamá e lago água preta, no período mais chuvoso, atribuindo esses resultados a intensa descarga de esgotos domésticos.

CETESB (2009) ressalta que os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte de nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da uréia na água. A atmosfera é outra fonte importante devido a diversos mecanismos como a biofixação desempenhada por bactérias e algas.

As concentrações de amônio foram consideravelmente baixas em todas as amostras de água analisadas, notadamente, nas amostras de água superficial. As maiores concentrações de

amônio foram observadas nas amostras de água das áreas de pasto da ISJ (PasSJ = 0,59 mg.L⁻¹ de NH₄⁺), seguidas das áreas de vegetação ripária do ISJ (VRipSJ = 0,28 mg.L⁻¹ de NH₄⁺), área de agricultura preparada com corte e trituração do ICU (TritC = 0,24 mg.L⁻¹ de NH₄⁺) e área de agricultura de derruba e queima do ICU (QueC = 0,23 mg.L⁻¹ de NH₄⁺).

Conforme Araújo (2011), a formação do amônio (NH₄⁺) ou amônia (NH₃) está condicionada ao pH da água, obedecendo à seguinte reação: NH₄⁺ + OH⁻ ↔ NH₃. H₂O. O pH da água diminui se a reação produz NH₄⁺, no caso contrário a reação produz NH₃. O amônio pode ser lançado diretamente no solo ou ser transportado através da conversão do nitrogênio orgânico, pelo processo de amonificação, o qual ocorre dentro do aquífero livre, sob condições anaeróbias.

Segundo Feitosa e Manuel Filho (1997) a amônia pode estar presente em águas superficiais e subterrâneas, sendo que usualmente sua concentração é bastante baixa devido à sua fácil adsorção por partículas do solo ou à oxidação para o nitrito e nitrato. Entretanto, concentrações elevadas podem ser resultantes de fontes de poluição próximas, bem como da redução de nitritos por bactérias ou por íons ferrosos presentes nos solos.

Para as águas superficiais, o teste de Kruskal-Wallis mostrou que existe diferença significativa nas concentrações de nitrato (NO₃⁻) para as duas microbacias (ICU e ISJ), sendo que, para ICU, o teste de comparação de pares revelou diferença significativa a p < 0,05 entre os trechos de nascente em relação aos demais trechos, e para ISJ, entre os trechos de balneário (BalSJ) e médio (TmSJ), também a p < 0,05 (Tabela 35).

Tabela 35- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Nitrogênio total (NT), Amônio (NH₄⁺) e Nitrato (NO₃⁻), nos trechos analisados, nas duas microbacias.

		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
				Comparação de pares	Sig.
ICU	NT (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (2) = 1,502; p > 0,05]$	H ₀	-	-
	NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (2) = 0,817; p > 0,05]$	H ₀	-	-
	NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (2) = 10,613; p < 0,05]$	H ₁	ConC-NasC TmC-NasC	0,013 0,016
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
				Comparação de pares	Sig.
ISJ	NT (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (3) = 4,623; p > 0,05]$	H ₀	-	-
	NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (3) = 0,209; p > 0,05]$	H ₀	-	-
	NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (3) = 15,965; p < 0,05]$	H ₁	BalSJ-TmSJ	0,000

Para as águas subterrâneas da microbacia ICU, apenas os poços das áreas de pasto (PasC), trituração (TritC), queima (QueC) e capoeira (CapC) apresentaram diferenças significativas nas concentrações de nitrogênio total (NT) a $p < 0,05$. Os poços das áreas de pasto (PasC) e trituração (TritC) também apresentaram diferenças significativas a $p < 0,05$ em relação as concentrações de nitrato (NO_3^-), conforme Tabela 36.

Para as águas subterrâneas da microbacia ISJ, os poços das áreas de queima (QueSJ) apresentaram diferença significativa a $p < 0,01$, em relação aos poços das áreas de vegetação ripária (VRipSJ), saf (SajSJ) e trituração (TritSJ), além dos poços das áreas de capoeira (CapSJ) e vegetação ripária (VRipSJ) que também diferirem entre si a $p < 0,01$, em relação as concentrações de nitrogênio total (NT). Os poços da área de queima (QueSJ), diferiram dos poços das áreas de saf (SafSJ), pasto (PasSJ), vegetação ripária (VRipSJ) e trituração (TritSJ), a $p < 0,01$ em relação as concentrações de nitrato (NO_3^-), conforme Tabela 36.

Em relação à sazonalidade, o teste evidenciou diferença significativa a $p < 0,01$ nas concentrações de amônio (NH_4^+) nas águas superficiais e a $p < 0,05$ nas águas subterrâneas da microbacia ICU. Para as águas subterrâneas da microbacia ISJ, as concentrações de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) se mostraram significativas a $p < 0,05$, entre os períodos estudados, conforme Tabela 37.

Tabela 36- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Nitrogênio total (NT), Amônio (NH_4^+) e Nitrato (NO_3^-), nos poços analisados, nas duas microbacias.

		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
				Comparação de pares	Sig.
ICU	NT (mg.L^{-1})	$[X^2(5) = 21,066; p < 0,05]$	H_1	PasC-TritC	0,027
				PasC-QueC	0,007
				CapC-QueC	0,033
	NH_4^+ (mg.L^{-1})	$[X^2(5) = 4,434; p > 0,05]$	H_0	-	-
NO_3^- (mg.L^{-1})	$[X^2(5) = 16,246; p < 0,05]$	H_1	PasC-TritC	0,019	
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
				Comparação de pares	Sig.
ISJ	NT (mg.L^{-1})	$[X^2(5) = 31,040; p < 0,01]$	H_1	VRipSJ-CapSJ	0,012
				VRipSJ-QueSJ	0,000
				SafSJ-QueSJ	0,001
				TritSJ-QueSJ	0,006
	NH_4^+ (mg.L^{-1})	$[X^2(5) = 4,822; p > 0,05]$	H_0	-	-
	NO_3^- (mg.L^{-1})	$[X^2(5) = 29,875; p < 0,01]$	H_1	SafSJ-QueSJ	0,000
				PasSJ-QueSJ	0,000
VRipSJ-QueSJ				0,000	
				TritSJ-QueSJ	0,020

Tabela 37- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Nitrogênio total (NT), Amônio (NH₄⁺) e Nitrato (NO₃⁻), nos períodos analisados, nas duas microbacias.

Superficial			
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
ICU	NT (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 1,560; p > 0,05]$	H ₀
	NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 12,802; p < 0,01]$	H ₁
	NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 0,746; p > 0,05]$	H ₀
Superficial			
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
ISJ	NT (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 2,970; p > 0,05]$	H ₀
	NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 2,643; p > 0,05]$	H ₀
	NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 0,322; p > 0,05]$	H ₀
Subterrânea			
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
ICU	NT (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 0,927; p > 0,05]$	H ₀
	NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 7,885; p < 0,05]$	H ₁
	NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 1,862; p > 0,05]$	H ₀
Subterrânea			
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
ISJ	NT (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 0,495; p > 0,05]$	H ₀
	NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 8,753; p < 0,05]$	H ₁
	NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (1) = 4,524; p < 0,05]$	H ₁

4.2.10 Sódio (Na⁺), Potássio (K⁺), Magnésio (Mg²⁺) e Cálcio (Ca²⁺)

Observou-se que os cátions que apresentaram maiores concentrações ao longo do período estudado nas águas superficiais das microbacia ICU e ISJ, seguiram a ordem Na⁺ > Ca²⁺ > K⁺ > Mg²⁺, com destaque para o trecho médio do cumaru (TmC = 2,04 mg.L⁻¹ de Na⁺) e balneário no são João (BalSJ = 1,94 mg.L⁻¹ de Na⁺) e os trechos de confluência do cumaru (ConC = 0,96 mg.L⁻¹ de Ca²⁺) e do são João (ConSJ = 1,08 mg.L⁻¹ de Ca²⁺) (APÊNDICE, A e B).

De maneira geral, estes íons aumentam de montante para jusante, o que pode ser relacionado ao uso da terra (menor área de floresta em relação a área drenada). As Figuras 28 e 29 apresentam as variações das concentrações dos íons sódio, potássio, magnésio e cálcio nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias estudadas.

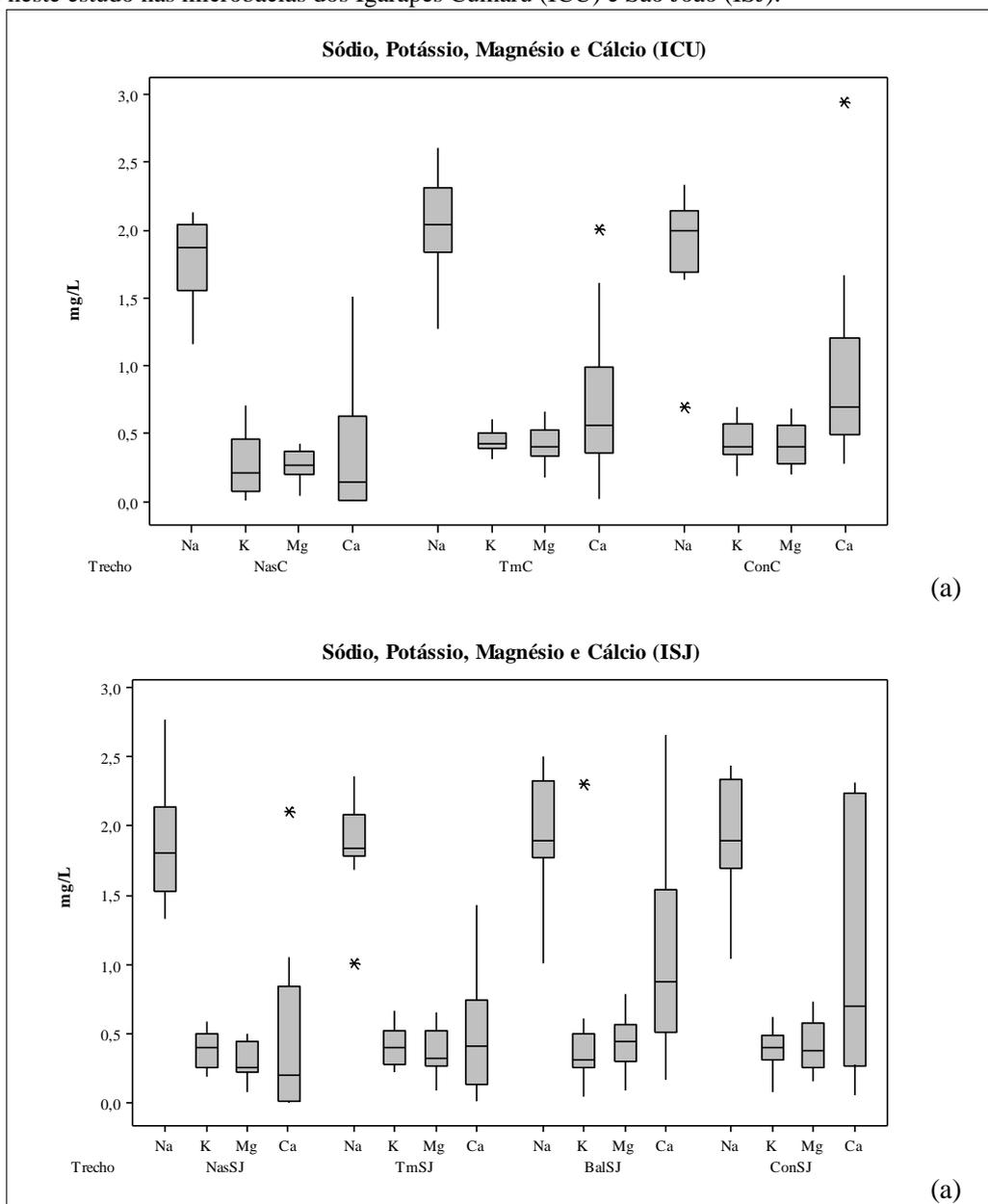
Os valores observados para Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ nas águas superficiais das duas microbacias, foram bem próximos aos observados por Wickel (2004), na mesma região de estudo, exceto para o íon K⁺ que apresentou ligeiro aumento, possivelmente em decorrência da, ainda intensa, prática de queima da área para preparo do solo na região .

Silva et al. (2009) também ressaltam que os solos da região estudada são minerais, não hidromórficos, distróficos, álicos, muito pobres em teores de bases trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺),

mais concentradas nos horizontes superficiais em função dos teores mais elevados de matéria orgânica, nas áreas de vegetação ripária.

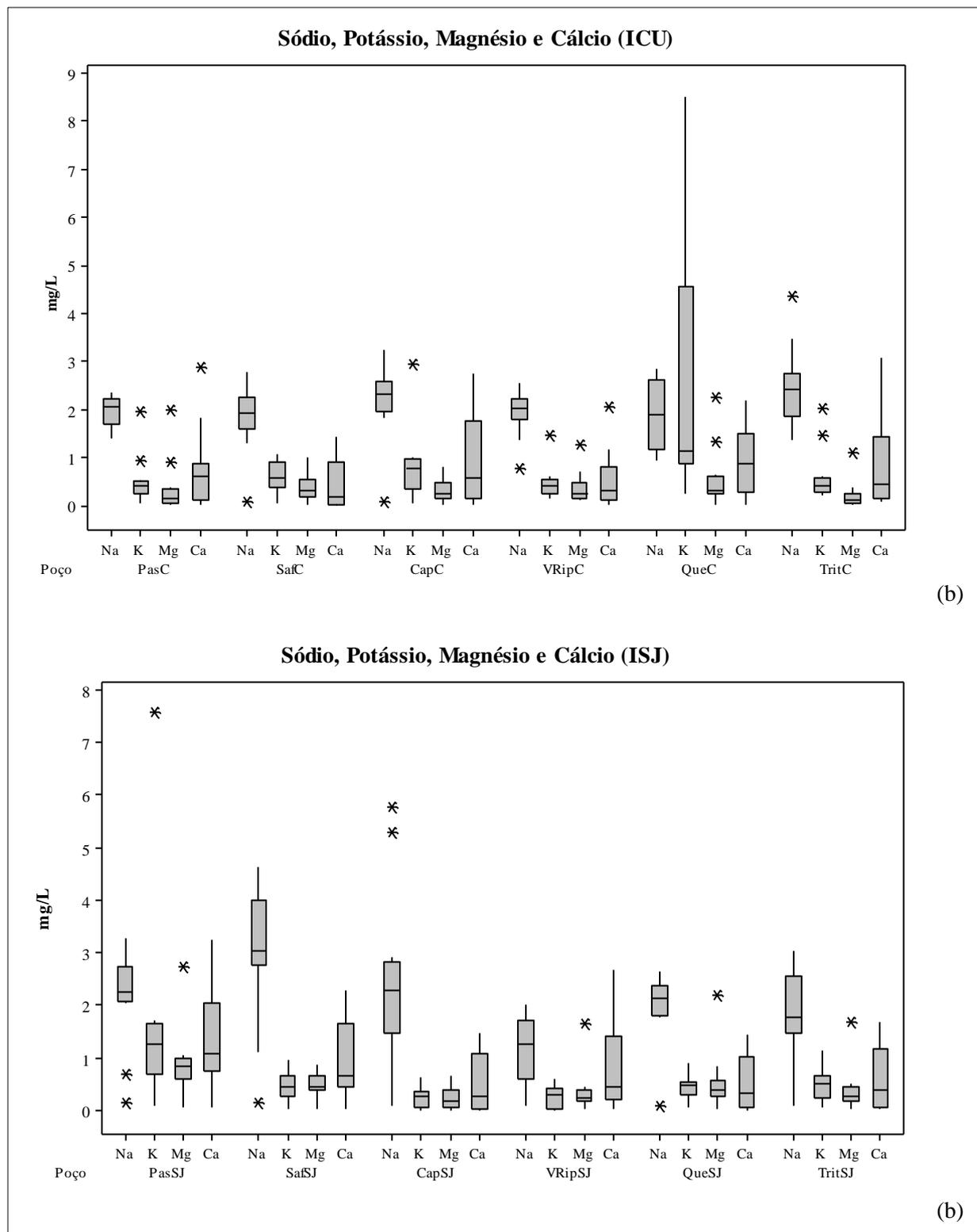
Outro aspecto importante a se destacar são as possíveis entradas de sódio e cálcio nos igarapés em decorrência de processos hidrológicos como o throughfall e o escoamento superficial e sub-superficial, ou mesmo a própria precipitação direta, como também foi observado por Barroso (2011), em mesobacias próximas a região de estudo.

Figura 28- Variação espacial das concentrações de Sódio (Na^+), Potássio (K^+), Magnésio (Mg^{2+}) e Cálcio (Ca^{2+}) medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumaru (ICU) e São João (ISJ).



*Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

(cont.).

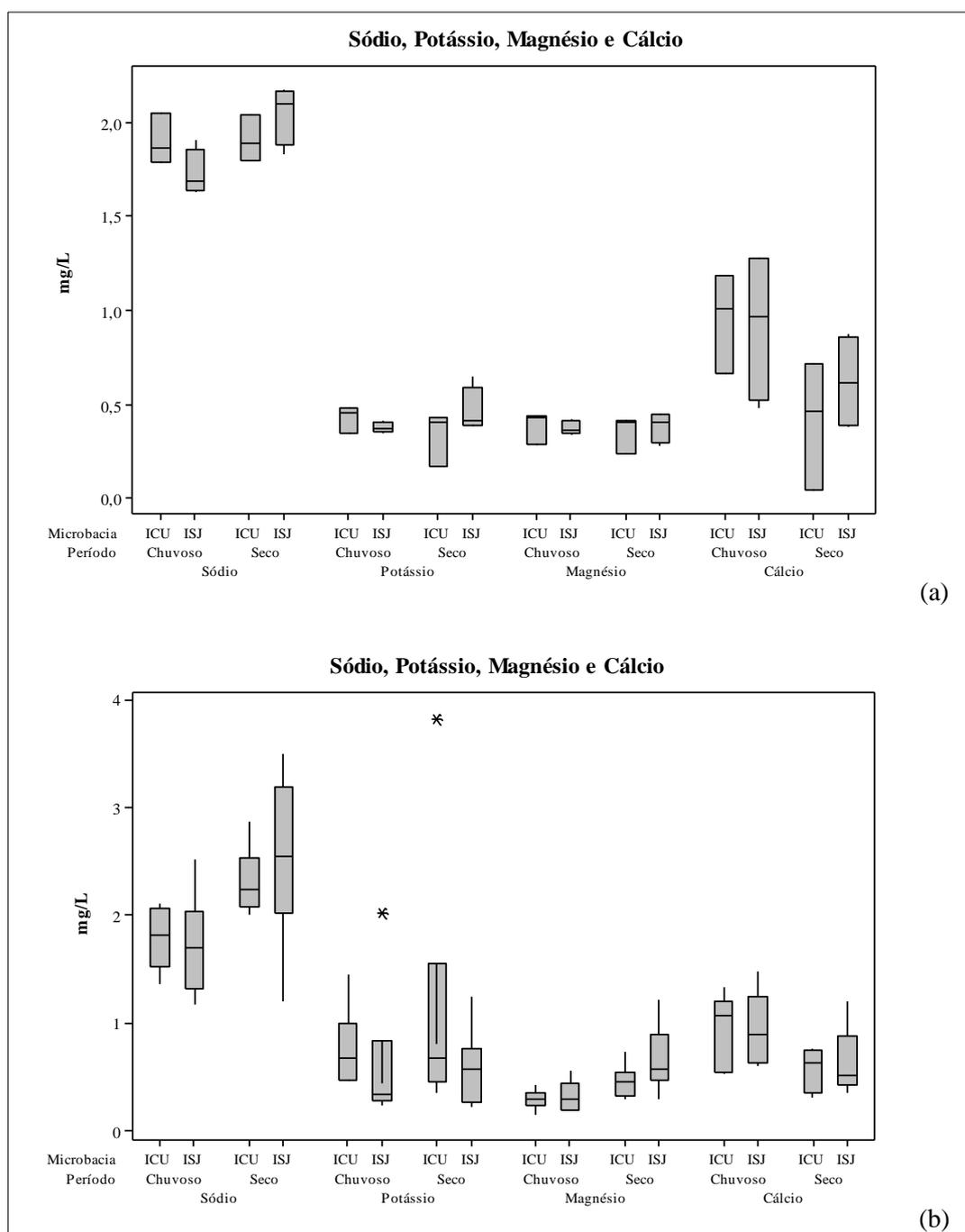


*Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

Um aspecto relevante na caracterização da hidrogeoquímica das microbacias em estudo está relacionada à composição química das chuvas, a qual sofre influência pela proximidade do oceano, como foi visto por Figueiredo et al. (2010b), onde compararam a precipitação nos

municípios de Igarapé Açu (60 km do oceano), Paragominas (250 km do oceano) e Santarém (700 km do oceano). Os autores constataram que, além da influência dos aerossóis marinhos no incremento dos aportes de sódio e cloreto por meio da precipitação ocorrida nessas áreas, houve também, um possível efeito das queimadas para o aumento de aportes de cálcio, potássio, magnésio e sulfato. As fontes atmosféricas juntamente com as mudanças de uso da terra devem estar afetando a hidroquímica das bacias (FIGUEIREDO, 2017).

Figura 29- Variação sazonal das concentrações de Sódio (Na^+), Potássio (K^+), Magnésio (Mg^{2+}) e Cálcio (Ca^{2+}) medidos neste estudo nas microbacias dos Igarapés Cumaru (ICU) e São João (ISJ).



*Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

Para as águas subterrâneas das duas microbacias estudadas, os íons Na^+ e Ca^{+2} também apresentaram as maiores concentrações dentre os poços observados, com destaque para os poços das áreas de TriC ($\text{Na}^+ = 2,46 \text{ mg.L}^{-1}$) e CapC ($\text{Ca}^{+2} = 1,02 \text{ mg.L}^{-1}$), na ICU, e os poços das áreas de SafSJ ($\text{Na}^+ = 3,00 \text{ mg.L}^{-1}$) e PasSJ ($\text{Ca}^{+2} = 1,34 \text{ mg.L}^{-1}$), na ISJ (APÊNDICES, C e D).

A correlação entre o percentual de uso do solo e as variáveis estudadas revelou correlação significativa ao nível de $p \leq 0,05$ e inversa entre área preparada com derruba e queima da microbacia do ISJ (QueSJ) e íon Ca^{+2} ($c = -0,812$, sig. = 0,050) (APÊNDICE, G), o que também pode estar relacionado com as perdas de nutrientes que o solo sofre no momento da queima.

Em relação ao íon potássio (K^+), cabe destaque para os poços da área de preparo com queima da microbacia ICU, os quais apresentaram as maiores concentrações ao longo do estudo, com média geral QueC = $2,64 \text{ mg.L}^{-1}$, e valor máximo de QueC = $8,51 \text{ mg.L}^{-1}$ observado no mês de novembro/2014. Em levantamento de informações juntos aos agricultores proprietários desta área, tomou-se conhecimento de que a mesma havia sido preparada (queima) dias antes da coleta das amostras, que ocorreram no período 18 a 21/novembro/2014 (Figura 9), o que pode explicar os resultados observados.

Observou-se, também, correlação significativa ao nível de $p \leq 0,05$ e direta entre a área de pastagem (PasSJ) o íon Ca^{+2} ($c = 0,845$, sig. = 0,034) (APÊNDICE, G). Este resultado pode estar relacionado com as elevadas concentrações do íon cálcio observadas nas áreas de pasto, possivelmente preparadas com queima para a renovação do pasto.

Contudo, Kato et al. (2010), observam que os cátions potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), cátions geralmente menos voláteis, também podem sofrer de 45 a 70% de perdas através da queima. A maioria da perda se dá pelo transporte de partículas com a fumaça do fogo.

Para as águas superficiais, o teste de Kruskal-Wallis mostrou que existe diferença significativa ($p < 0,05$) nas concentrações de potássio (K^+), magnésio (Mg^{2+}) e cálcio (Ca^{2+}) entre o trecho de nascente (NasC) em relação aos demais trechos (TmC e ConC) da microbacia do ICU, conforme Tabela 38. Para as águas subterrâneas, o teste revelou diferença significativa ($p < 0,05$) nas concentrações de potássio (K^+) entre os poços da área de queima (QueC) em relação aos poços das áreas de pasto (PasC), vegetação ripária (VRipC) e trituração (TritC) da microbacia do ICU.

Para a microbacia do ISJ, as concentrações de potássio (K^+) e magnésio (Mg^{2+}) apresentaram diferença significativa ($p < 0,01$) entre os poços da área de pasto (PasSJ) em

relação aos poços das áreas de capoeira (CapSJ), vegetação ripária (VRipSJ) e trituração (TritSJ). Observou-se, também, diferença significativa ($p < 0,05$) nas concentrações de sódio (Na^+) entre os poços das áreas de vegetação ripária (VRipSJ) e saf (SafSJ), conforme Tabela 39.

Em relação à sazonalidade, o teste revelou diferença significativa ($p < 0,05$) nas concentrações de sódio (Na^+) nas águas superficiais e subterrâneas, das duas microbacias em estudo. As concentrações de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os períodos estudados, nas águas superficiais e subterrâneas, respectivamente (Tabela 40).

Tabela 38- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Sódio (Na^+), Potássio (K^+), Magnésio (Mg^{2+}) e Cálcio (Ca^{2+}), nos trechos analisados, nas duas microbacias.

	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
			Comparação de pares	Sig.
ICU	Na^+ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (2) = 2,912; p > 0,05]$	H ₀	-
	K^+ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (2) = 6,989; p < 0,05]$	H ₁	NasC-TmC 0,043
	Mg^{2+} (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (2) = 8,237; p < 0,05]$	H ₁	NasC-TmC NasC-ConC 0,042 0,036
	Ca^{2+} (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (2) = 7,957; p < 0,05]$	H ₁	NasC-ConC 0,021
	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho	
			Comparação de pares	Sig.
ISJ	Na^+ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (3) = 1,181; p > 0,05]$	H ₀	-
	K^+ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (3) = 0,266; p > 0,05]$	H ₀	-
	Mg^{2+} (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (3) = 3,414; p > 0,05]$	H ₀	-
	Ca^{2+} (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (3) = 8,544; p < 0,05]$	H ₀	-

Tabela 39- Resultados do teste de Kruskal Wallis para as variáveis Sódio (Na^+), Potássio (K^+), Magnésio (Mg^{2+}) e Cálcio (Ca^{2+}), nos poços analisados, nas duas microbacias.

	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
			Comparação de pares	Sig.
ICU	Na^+ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (5) = 7,820; p > 0,05]$	H ₀	-
	K^+ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (5) = 16,099; p < 0,05]$	H ₁	PasC-QueC 0,015
				VRipC-QueC 0,017
				TirtC-QueC 0,041
	Mg^{2+} (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (5) = 11,065; p = 0,05]$	H ₀	-
Ca^{2+} (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (5) = 5,955; p > 0,05]$	H ₀	-	
	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Poço	
			Comparação de pares	Sig.
ISJ	Na^+ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (5) = 21,866; p < 0,05]$	H ₁	VRipSJ-SafSJ 0,000
	K^+ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (5) = 22,856; p < 0,01]$	H ₁	CapSJ-PasSJ 0,001
				VRipSJ-PasSJ 0,001
				CapSJ-PasSJ 0,001
	Mg^{2+} (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (5) = 22,485; p < 0,01]$	H ₁	VRipSJ-PasSJ TritSJ-PasSJ 0,008 0,032
Ca^{2+} (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (5) = 11,289; p < 0,05]$	H ₀	-	

Tabela 40- Resultados do teste de Kruskal Wallis para as variáveis Sódio (Na^+), Potássio (K^+), Magnésio (Mg^{2+}) e Cálcio (Ca^{2+}), nos períodos analisados, nas duas microbacias.

Superficial			
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
ICU	Na^+ (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 9,776; p < 0,05]$	H_1
	K^+ (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 0,627; p > 0,05]$	H_0
	Mg^{2+} (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 0,058; p > 0,05]$	H_0
	Ca^{2+} (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 6,187; p < 0,05]$	H_1
Superficial			
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
ISJ	Na^+ (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 9,440; p < 0,05]$	H_1
	K^+ (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 0,002; p > 0,05]$	H_0
	Mg^{2+} (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 0,034; p > 0,05]$	H_0
	Ca^{2+} (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 1,582; p > 0,05]$	H_0
Subterrânea			
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
ICU	Na^+ (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 10,412; p < 0,05]$	H_1
	K^+ (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 2,504; p > 0,05]$	H_0
	Mg^{2+} (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 2,261; p > 0,05]$	H_0
	Ca^{2+} (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 2,969; p > 0,05]$	H_0
Subterrânea			
		Kruskal-Wallis	Hipótese aceita
ISJ	Na^+ (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 7,864; p < 0,05]$	H_1
	K^+ (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 2,612; p > 0,05]$	H_0
	Mg^{2+} (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 9,732; p < 0,05]$	H_1
	Ca^{2+} (mg.L^{-1})	$[X^2 (1) = 1,425; p > 0,05]$	H_0

4.2.11 Cloreto (Cl^-), Fosfato (PO_4^{3-}) e Sulfato (SO_4^{2-})

As Figuras 30 e 31 apresentam as variações das concentrações dos íons cloreto, fosfato e sulfato, nas águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias estudadas. Observou-se que as concentrações dos ânions, de maneira geral, seguiram a ordem $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{PO}_4^{3-}$, nas duas microbacias.

Para as águas superficiais, observou-se pequeno incremento nas concentrações do íon cloreto de montante para jusante, com destaque para os trechos de confluência que apresentaram as maiores médias nas duas microbacias ($\text{ConC} = 3,20 \text{ mg.L}^{-1}$ de Cl^- ; $\text{ConSJ} = 3,18 \text{ mg.L}^{-1}$ de Cl^-) (APÊNDICES, A e B). As águas subterrâneas apresentaram as maiores concentrações do íon cloreto ao longo do estudo, com destaque para os poços das áreas de agricultura preparada com corte e queima ($\text{QueC} = 4,07 \text{ mg.L}^{-1}$ de Cl^-) da microbacia ICU, pasto ($\text{PasSJ} = 5,02 \text{ mg.L}^{-1}$ de Cl^-) e SAF ($\text{SafSJ} = 6,38 \text{ mg.L}^{-1}$ de Cl^-) da microbacia ISJ (APÊNDICES, C e D).

Esse incremento nas concentrações do íon cloreto nas águas superficiais ao longo do rio, pode ser decorrente da entrada de nutriente a partir da interação da chuva (composição química da chuva) com o dossel das árvores, ocasionando o escoamento da água pela estrutura vegetal (throughfall), posterior solo e entrada no leito do rio.

Não obstante, vale ressaltar a possibilidade desse incremento ser decorrente do processo de contaminação das águas por meio antrópico (aplicação de fertilizantes agrícolas e despejo de esgotos), posto que, as comunidades estão dispostas ao longo do rio, e o lançamento do esgoto é direto no solo e lançado no leito do rio.

CETESB (2009), ressalta que descargas de esgotos sanitários são fontes importantes de cloreto nas águas superficiais, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 4g de cloreto por dia, que representam cerca de 90 a 95% dos excretos humanos, o restante é expelido pelas fezes e pelo suor. Já as principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais.

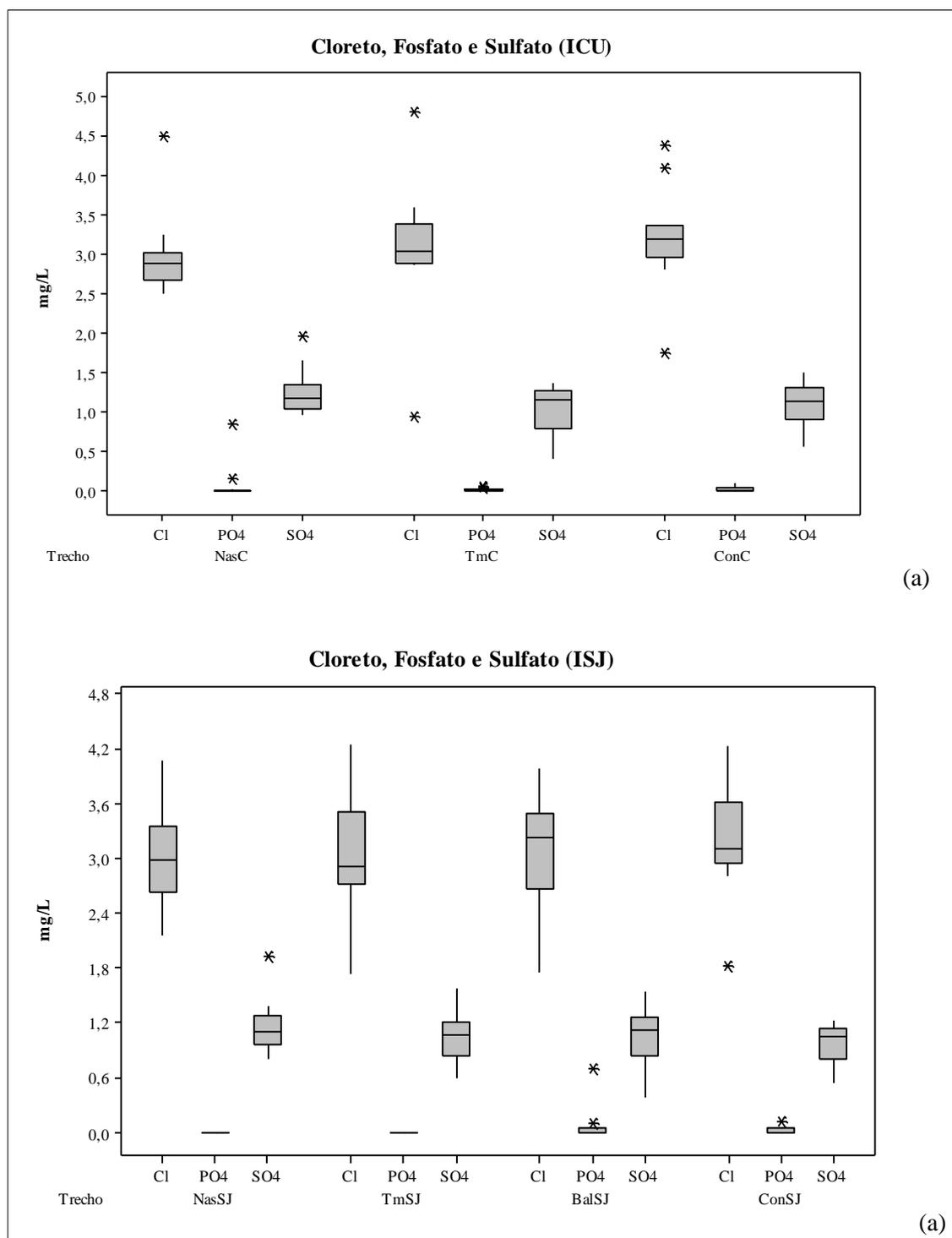
Para as águas subterrâneas, o incremento observado pode ser oriundo da drenagem das áreas de pasto para o lençol freático, como observado por Biggs et al. (2004), os quais estudando as concentrações de nutrientes em diferentes bacias hidrográficas em Rondônia, constataram que elevadas concentrações do íon cloreto podem estar associadas a presença de gado na região, uma vez que, o sal mineral está inserido na dieta do gado.

Em contrapartida, para as águas superficiais, as concentrações do íon sulfato apresentaram comportamento decrescente de montante para jusante, com destaque para os dois trechos de nascentes das duas microbacias ($NasC = 1,26 \text{ mg.L}^{-1}$; $NasSJ = 1,16 \text{ mg.L}^{-1}$), que apresentaram as maiores concentrações. Para as águas subterrâneas, as maiores médias observadas foram nos poços das áreas de capoeira ($CapC = 1,50 \text{ mg.L}^{-1} \text{ de } SO_4^{2-}$) e pasto ($PasSJ = 1,51 \text{ mg.L}^{-1} \text{ de } SO_4^{2-}$).

Conforme CETESB (2009) e Parron, Muniz e Pereira (2011), em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da decomposição de rochas, chuvas (lavagem da atmosfera), agricultura (através da aplicação de adubos contendo enxofre) e pela oxidação de sulfeto. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais.

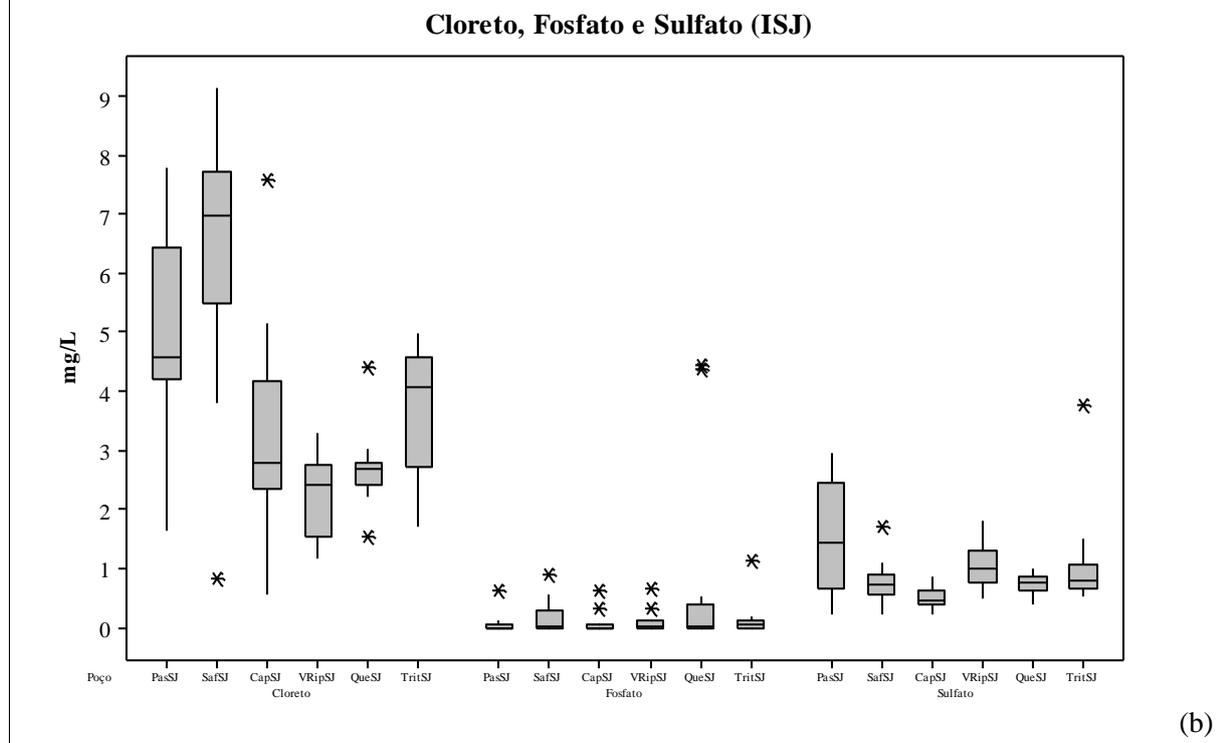
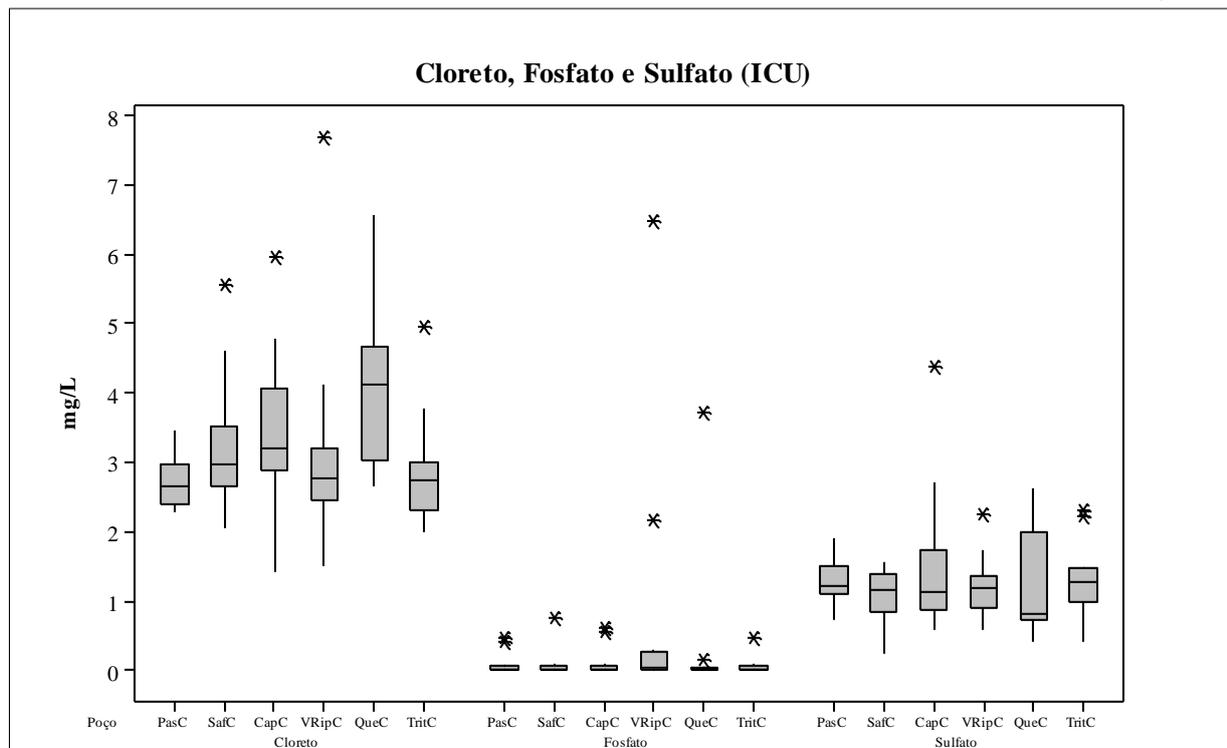
Contudo, torna-se difícil pressupor o que desencadeou o aumento nas concentrações do íon sulfato dado sua importância nos estudos hidrobiogeoquímicos, uma vez que, é um dos íons mais abundantes na natureza, e participa da produtividade dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998).

Figura 30- Variação espacial das concentrações de Cloreto (Cl^-), Fosfato (PO_4^{3-}) e Sulfato (SO_4^{2-}), medidos neste estudo nas microbacias ICU e ISJ.



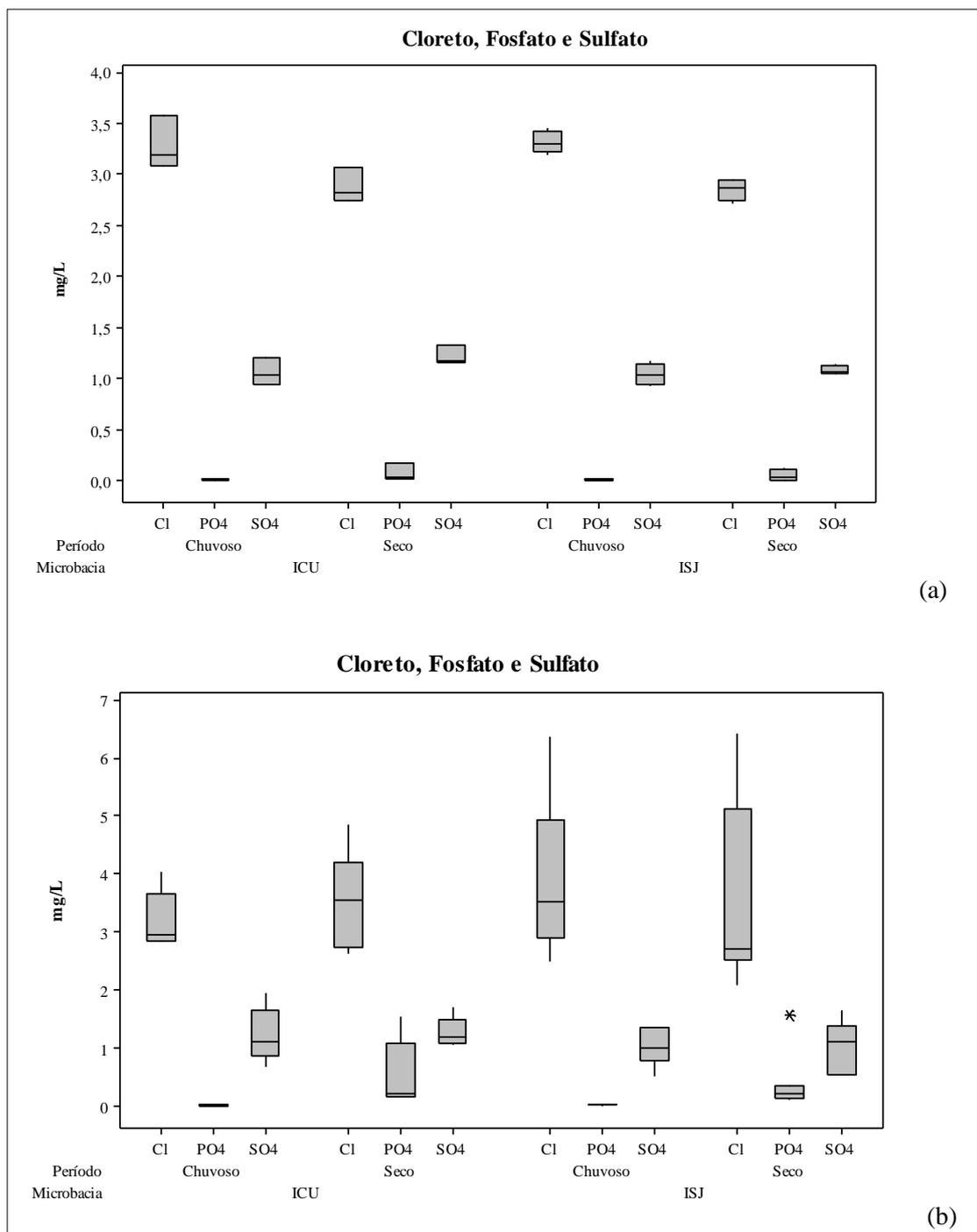
*Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

(cont.)



*Mediana (linha que corta a caixa), interquartis com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

Figura 31- Variação sazonal das concentrações de Cloreto (Cl^-), Fosfato (PO_4^{3-}) e Sulfato (SO_4^{2-}), medidos neste estudo nas microbacias ICU e ISJ.



*Mediana (linha que corta a caixa), interquartil com intervalo de confiança de 95% (caixas em tom de cinza) e valores extremos (asterístico-outliers). (a) águas superficiais; (b) águas subterrâneas.

O fosfato, por sua vez, apresentou as menores concentrações ao longo do estudo. Contudo, cabe destaque para os poços da área de vegetação ripária da microbacia ICU, que apresentaram elevadas concentrações de fosfato nos meses de setembro/2014 (2,15 mg.L^{-1} de PO_4^{3-}) e dezembro/2014 (6,48 mg.L^{-1} de PO_4^{3-}). Esses resultados, naturalmente, podem ser

decorrentes dos processos de decomposição de matéria orgânica e intemperismo, posto que, essa área permaneceu saturada, praticamente, todo o período do estudo.

No entanto, as áreas de preparo do solo através do “corte e queima” e “derruba e trituração” ficam muito próximas da área de vegetação ripária, o que pode, também, ser um indicativo do processo de lixiviação dessas áreas, principalmente de queima (após fertilização), para as áreas mais baixas (vegetação ripária), posto que, foi corriqueiramente observado, a presença de cultivos próximos aos leito do rio, e a aplicação de formulações de N-P-K foi bastante mencionada pelos agricultores.

De forma análoga, foi observado nas águas dos poços da área de queima da microbacia ISJ, os quais também apresentaram elevadas concentrações de fosfato (QueSJ = 4,39 mg.L⁻¹ de PO₄³⁻) no mês de outubro/2014.

Parron, Muniz e Pereira (2011), afirmam que a presença do fósforo na água pode estar relacionada a processos naturais, como dissolução de rochas, carreamento de solo, decomposição de matéria orgânica, e também a processos antropogênicos, como lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes e pesticidas.

O teste de Kruskal-Wallis mostrou que não existe diferença significativa nas concentrações de cloreto (Cl⁻), fosfato (PO₄³⁻) e sulfato (SO₄²⁻) para as águas superficiais nas duas microbacias (ICU e ISJ), conforme Tabela 41. Para as águas subterrâneas da microbacia do ICU, o teste revelou diferença significativa ($p < 0,05$), nas concentrações de cloreto (Cl⁻) entre os poços da área de pasto (PasC) e queima (QueC).

Tabela 41- Resultados do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Cloreto (Cl⁻), Fosfato (PO₄³⁻) e Sulfato (SO₄²⁻), nos trechos analisados, nas duas microbacias.

	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho		
			Comparação de pares	Sig.	
ICU	Cl ⁻ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (2) = 4,635; p > 0,05]$	H ₀	-	-
	PO ₄ ³⁻ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (2) = 0,423; p > 0,05]$	H ₀	-	-
	SO ₄ ²⁻ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (2) = 1,087; p > 0,05]$	H ₀	-	-
ISJ	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	Trecho		
			Comparação de pares	Sig.	
	Cl ⁻ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (3) = 1,713; p > 0,05]$	H ₀	-	-
PO ₄ ³⁻ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (3) = 2,696; p > 0,05]$	H ₀	-	-	
SO ₄ ²⁻ (mg.L ⁻¹)	$[X^2 (3) = 2,188; p > 0,05]$	H ₀	-	-	

Para a microbacia do ISJ, o teste revelou diferença significativa ($p < 0,01$) nas concentrações de cloreto (Cl⁻) entre os poços da área de vegetação ripária (VRipSJ) em relação aos poços das áreas de pasto (PasSJ) e saf (SafSJ), e dos poços da área de saf (SafSJ) em relação aos poços das áreas de queima (QueSJ) e capoeira (CapSJ) a $p < 0,01$. As concentrações de sulfato (SO₄²⁻) também mostraram-se significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre os poços da

área de capoeira (CapSJ) em relação aos poços das áreas de trituração (TritSJ), vegetação ripária (VRipSJ) e pasto (PasSJ), conforme Tabela 42.

Em relação à sazonalidade, o teste revelou diferença significativa ($p < 0,05$) nas concentrações de cloreto (ICU e ISJ) e fosfato (ICU) nas águas superficiais. Para águas subterrâneas das duas microbacias, o teste revelou diferença significativa ($p < 0,01$) nas concentrações de fosfato, conforme Tabela 43.

Tabela 42- Resultados do teste de Kruskal Wallis para as variáveis Cloreto (Cl^-), Fosfato (PO_4^{3-}) e Sulfato (SO_4^{2-}), nos poços analisados, nas duas microbacias.

	Kruskal-Wallis		Hipótese aceita	Poço	
				Comparação de pares	Sig.
ICU	Cl^- (mg.L^{-1})	$[X^2(5) = 14,130; p < 0,05]$	H_1	PasC-QueC	0,024
	PO_4^{3-} (mg.L^{-1})	$[X^2(5) = 2,134; p > 0,05]$	H_0	-	-
	SO_4^{2-} (mg.L^{-1})	$[X^2(5) = 2,741; p > 0,05]$	H_0	-	-
ISJ	Cl^- (mg.L^{-1})	$[X^2(5) = 31,706; p < 0,01]$	H_1	VRipSJ-PasSJ	0,003
				VRipSJ-SafSJ	0,000
				QueSJ-SafSF	0,002
				CapSJ-SafSJ	0,019
	PO_4^{3-} (mg.L^{-1})	$[X^2(5) = 0,956; p > 0,05]$	H_0	-	-
	SO_4^{2-} (mg.L^{-1})	$[X^2(5) = 20,637; p < 0,05]$	H_1	CapSJ-TritSJ CapSJ-VRipSJ CapSJ-PasSJ	0,042 0,002 0,002

Tabela 43- Resultados do teste de Kruskal Wallis para as variáveis Cloreto (Cl^-), Fosfato (PO_4^{3-}) e Sulfato (SO_4^{2-}), nos períodos analisados, nas duas microbacias.

Superficial			
	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	
ICU	Cl^- (mg.L^{-1})	$[X^2(1) = 10,257; p < 0,05]$	H_1
	PO_4^{3-} (mg.L^{-1})	$[X^2(1) = 4,194; p < 0,05]$	H_1
	SO_4^{2-} (mg.L^{-1})	$[X^2(1) = 1,849; p > 0,05]$	H_0
ISJ	Cl^- (mg.L^{-1})	$[X^2(1) = 5,239; p < 0,05]$	H_1
	PO_4^{3-} (mg.L^{-1})	$[X^2(1) = 2,238; p > 0,05]$	H_0
	SO_4^{2-} (mg.L^{-1})	$[X^2(1) = 1,042; p > 0,05]$	H_0
Subterrânea			
	Kruskal-Wallis	Hipótese aceita	
ICU	Cl^- (mg.L^{-1})	$[X^2(1) = 0,029; p > 0,05]$	H_0
	PO_4^{3-} (mg.L^{-1})	$[X^2(1) = 16,970; p < 0,01]$	H_1
	SO_4^{2-} (mg.L^{-1})	$[X^2(1) = 0,630; p > 0,05]$	H_0
ISJ	Cl^- (mg.L^{-1})	$[X^2(1) = 0,174; p > 0,05]$	H_0
	PO_4^{3-} (mg.L^{-1})	$[X^2(1) = 29,867; p < 0,01]$	H_1
	SO_4^{2-} (mg.L^{-1})	$[X^2(1) = 0,048; p > 0,05]$	H_0

4.3 Classificação iônica das águas superficiais e subterrâneas das microbacias dos Igarapés Cumaru e São João

Para a classificação iônica das águas das microbacias ICU e ISJ, utilizou-se o Diagrama de Piper, através do software livre *Qualigraf*[®] (Mobius, 2002), por classificar e comparar os distintos grupos de águas quanto aos íons dominantes (expresso em meq/L). (Figuras 32 a 41).

Observou-se que as águas superficiais das microbacias ICU e ISJ no período chuvoso, apresentaram a totalidade das amostras na classe Mista Cloretada. No período seco, os trechos de nascente (NasC e NasSJ) e médio (TmC e TmSJ) apresentaram predominância da classe Sódica Cloretada. As águas dos trechos de confluência (ConC e ConSJ) e o balneário do igarapé do Um (BalSJ), foram classificadas como Mistas Cloretadas.

Esses resultados podem estar associados ao fato destes trechos possuírem maior recarga de nutrientes carregados a montante. Além da possibilidade de maior recarga de nutrientes pela precipitação pluviométrica, uma vez que, estes trechos possuem vegetação ripária com dossel mais aberto.

Silva e Galarza (2017) encontraram resultados semelhantes, em estudo de águas subterrâneas dos municípios de Castanhal e Santa Maria do Pará, nordeste paraense, os quais, a partir da análise dos diagramas de Piper e dos diagramas de Schoeller, verificaram que nas amostras de água do aquífero Barreiras predominou a fácies $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$. Os autores atribuem esse resultado a forte contribuição da precipitação pluviométrica nos poços observados. Estas características também foram observadas por Matta (2002) e Oliveira Filho e Galarza (2013), os quais estudaram a hidroquímica das águas dos municípios de Ananindeua e Belém.

Do mesmo modo, para as águas subterrâneas da microbacia do ICU, observou-se que a totalidade das amostras analisadas, nos períodos chuvoso e seco, pertencem a classe Sódica Cloretada. Em relação as águas da microbacia do ISJ, as análises revelaram a predominância da classe Sódica Cloretada, exceto para os poços da vegetação ripária (VRipSJ) nos dois períodos e, para os poços da pastagem (PasSJ) no período seco que apresentaram a classificação Mista Cloretada (Figuras 36 a 41).

Figura 32- Diagrama de piper para os trechos de nascente (NasC), médio (TmC) e confluência (ConC) da microbacia do Igarapé Cumaru (ICU) nos períodos (a) chuvoso e (b) seco.

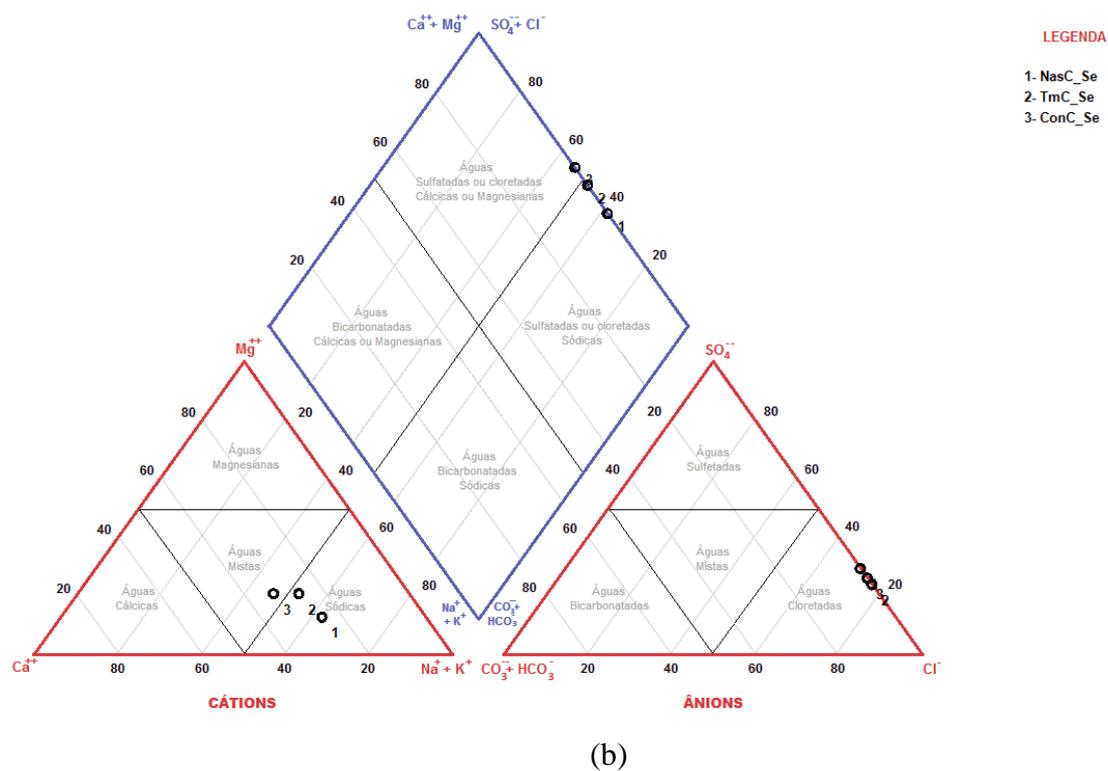
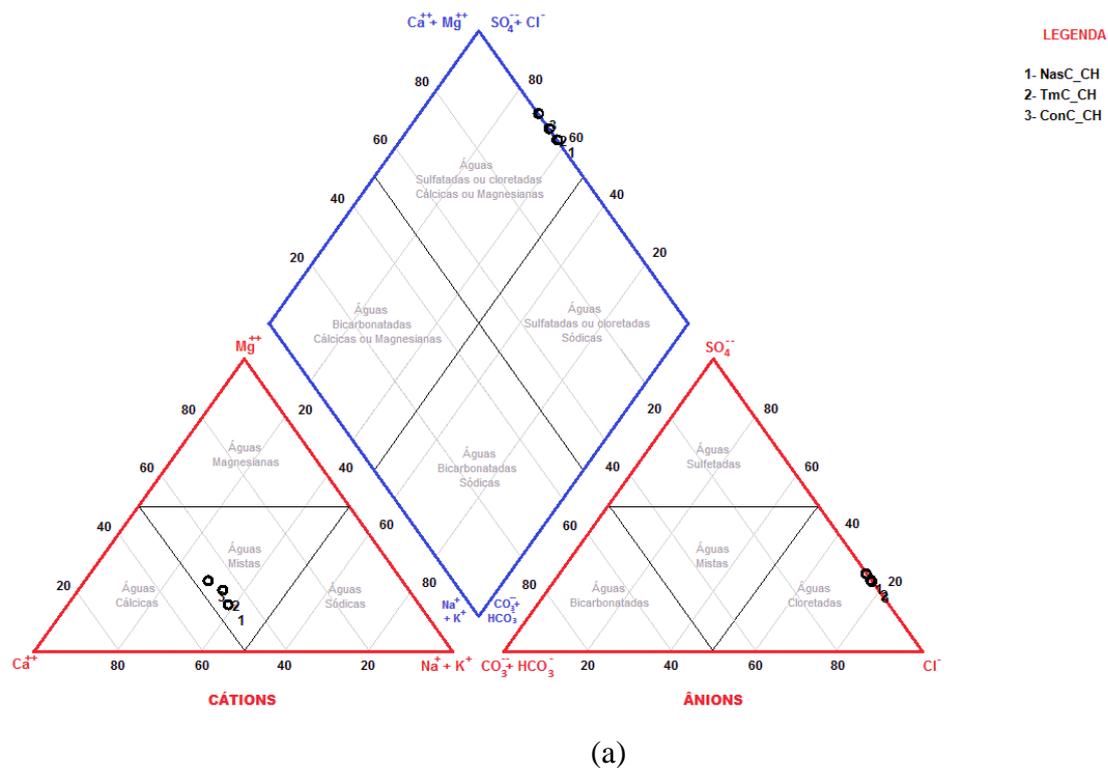


Figura 33- Balanço iônico nos trechos de nascente (NasC), médio (TmC) e confluência (ConC), nos períodos (a) chuvoso e (b) seco, na microbacia do Igarapé Cumaru (ICU).

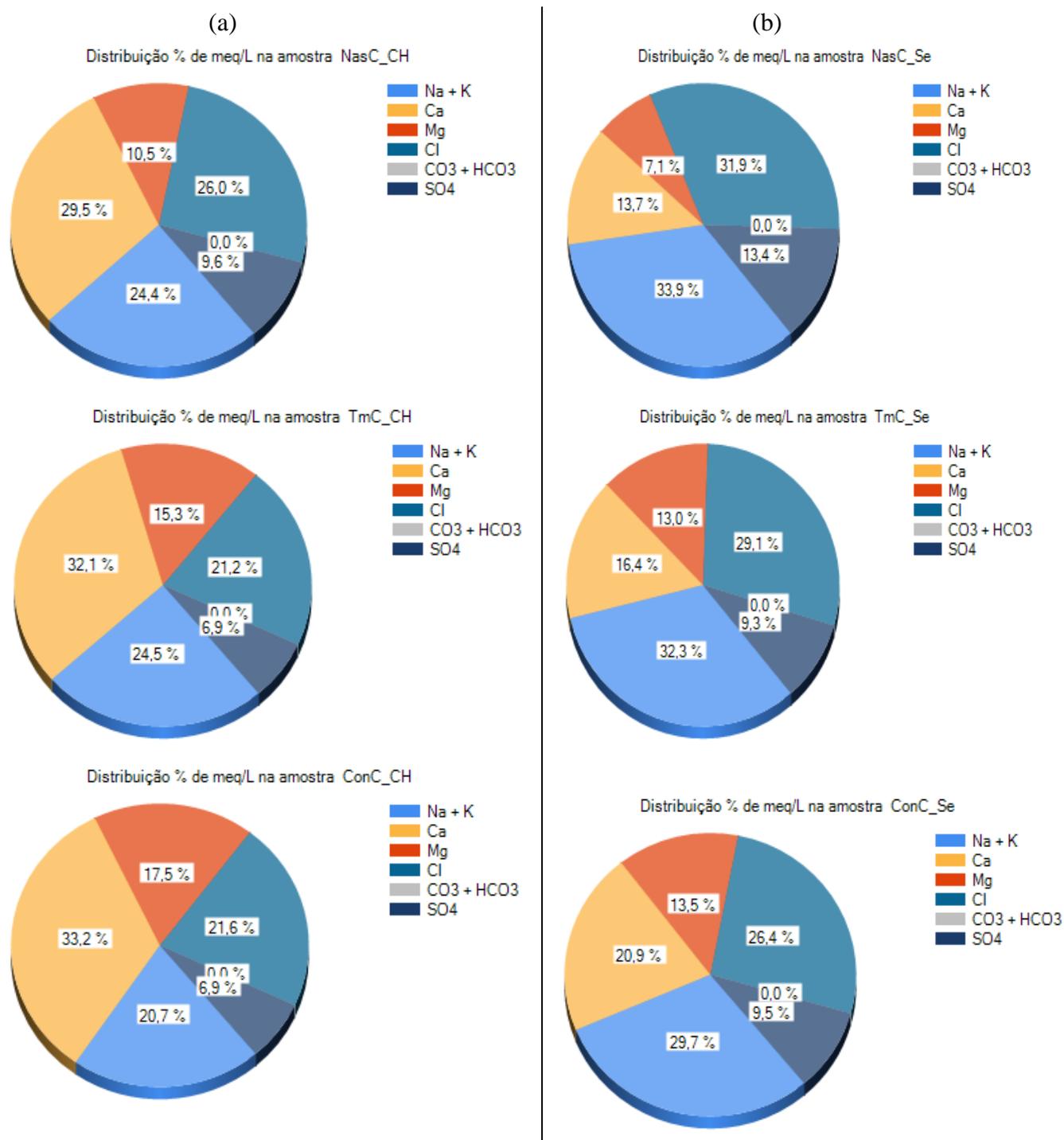
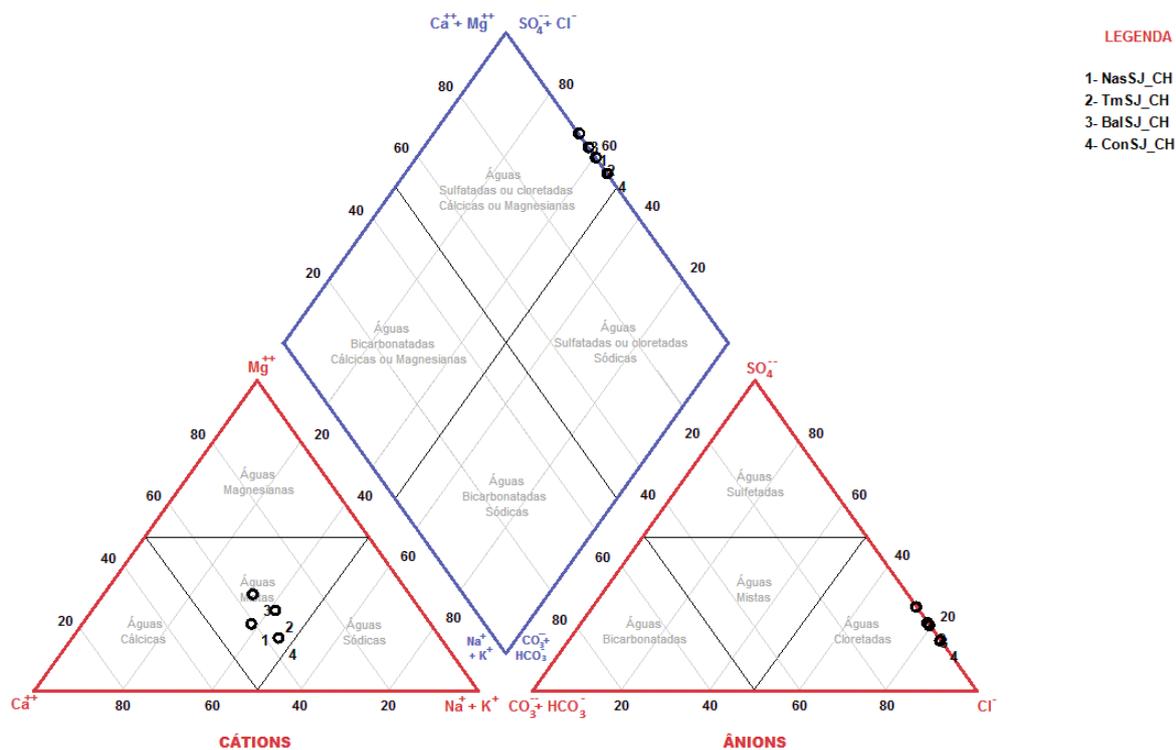
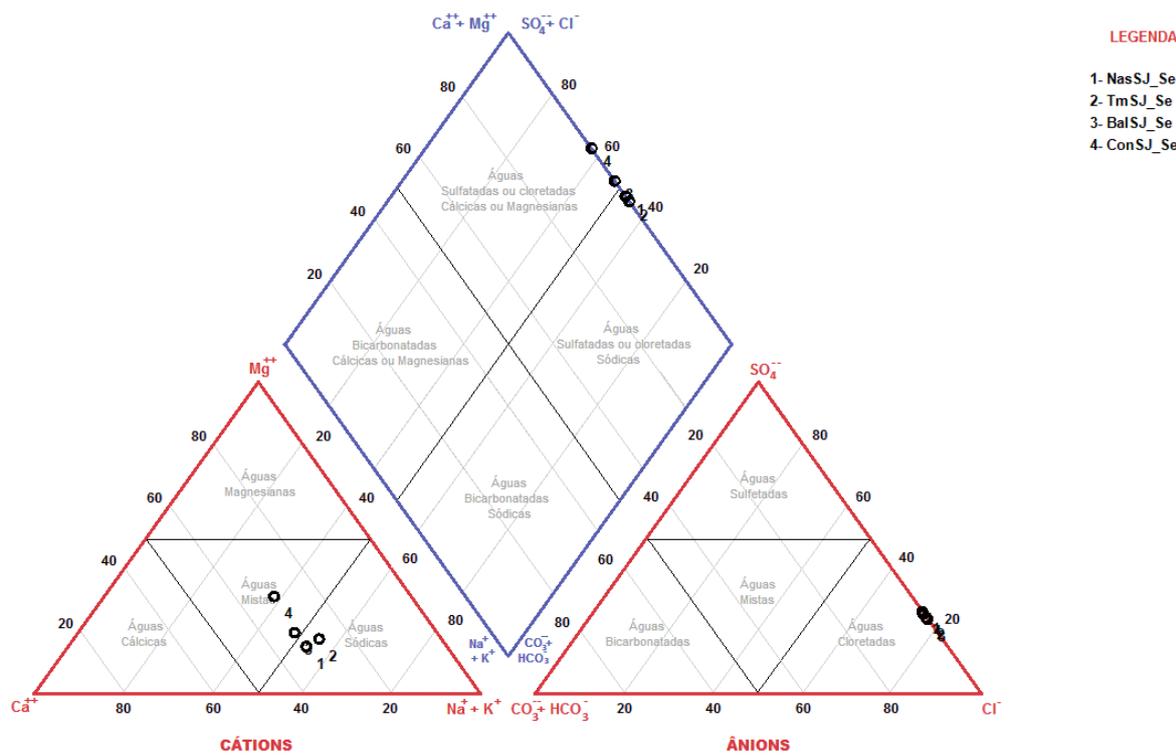


Figura 34- Diagrama de piper para os trechos de nascente (NasSJ), médio (TmSJ), balneário (BalSJ) e confluência (ConSJ) da microbacia do Igarapé São João (ISJ) nos períodos (a) chuvoso e (b) seco.



(a)



(b)

Figura 35- Balanço iônico nos trechos de nascente (NasSJ), médio (TmSJ), balneário (BalSJ) e confluência (ConSJ), nos períodos (a) chuvoso e (b) seco, na microbacia do Igarapé São João (ISJ).

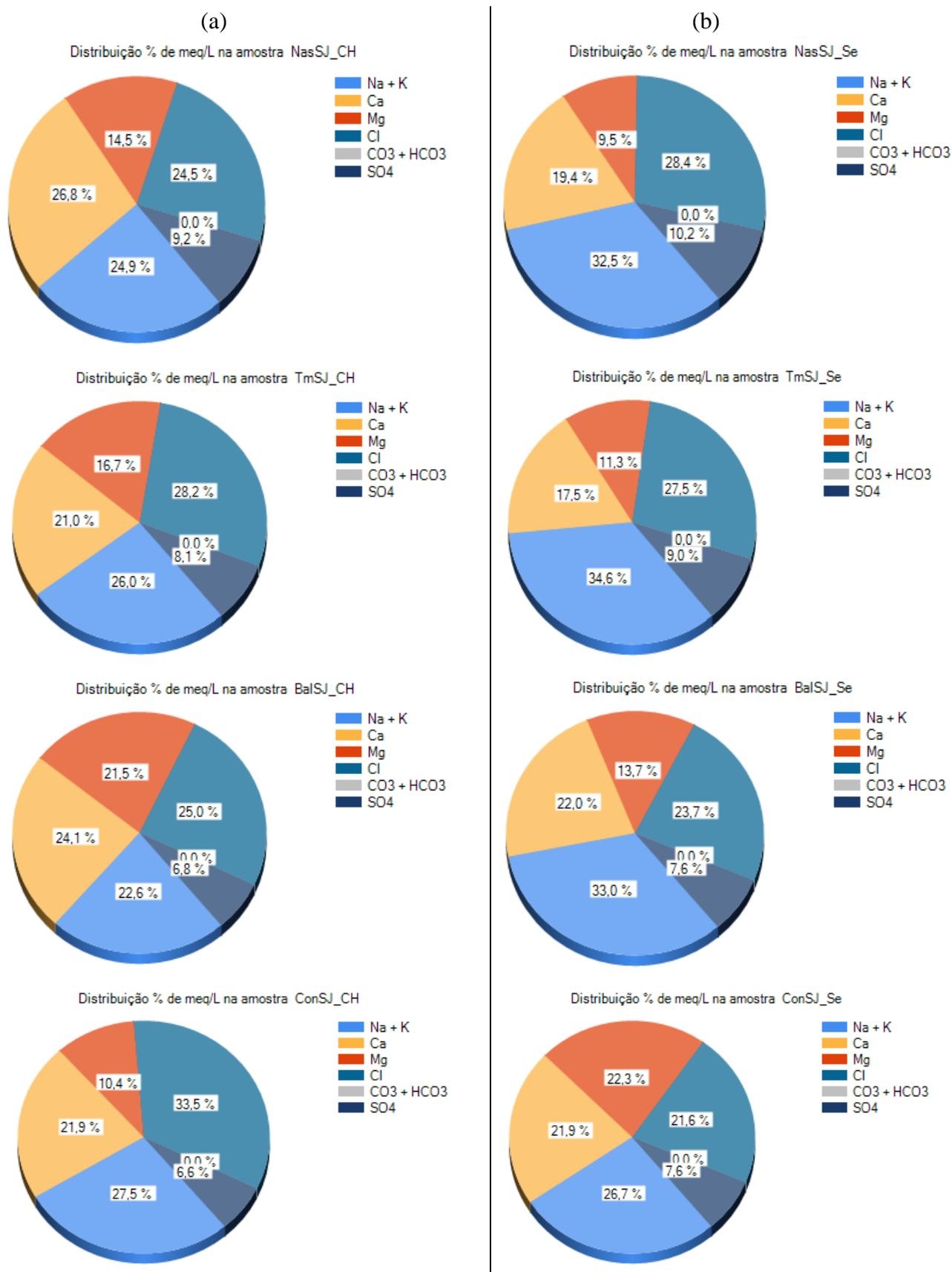
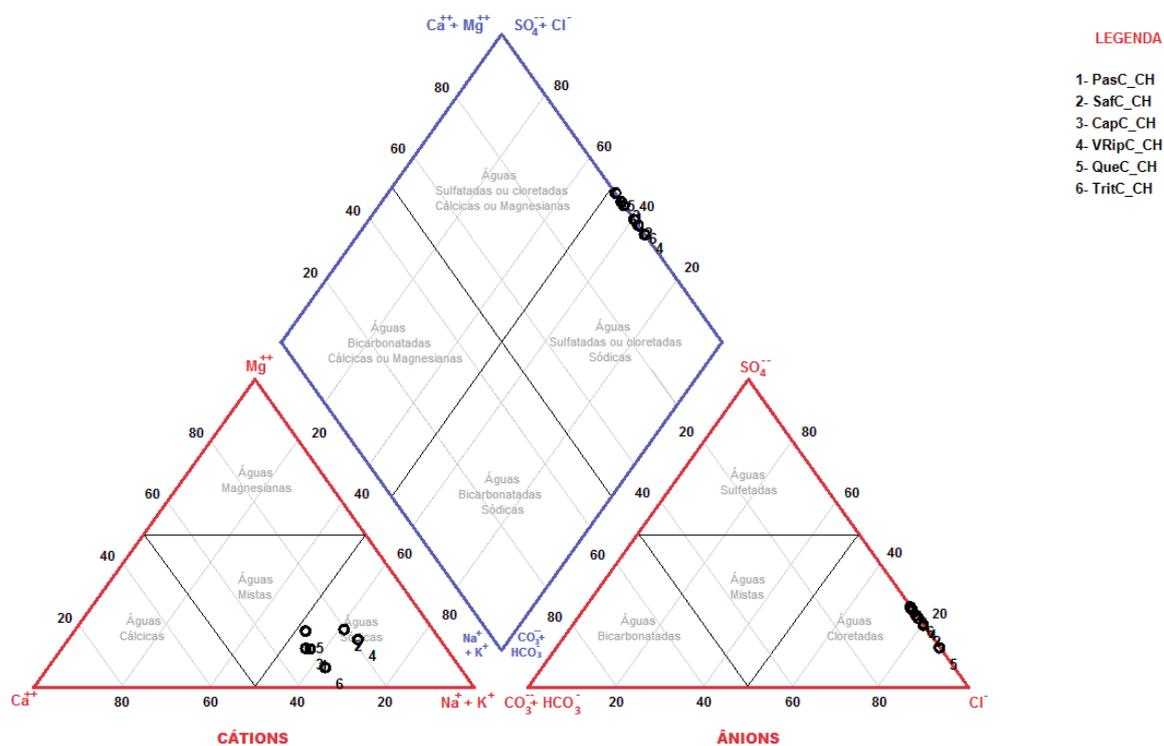
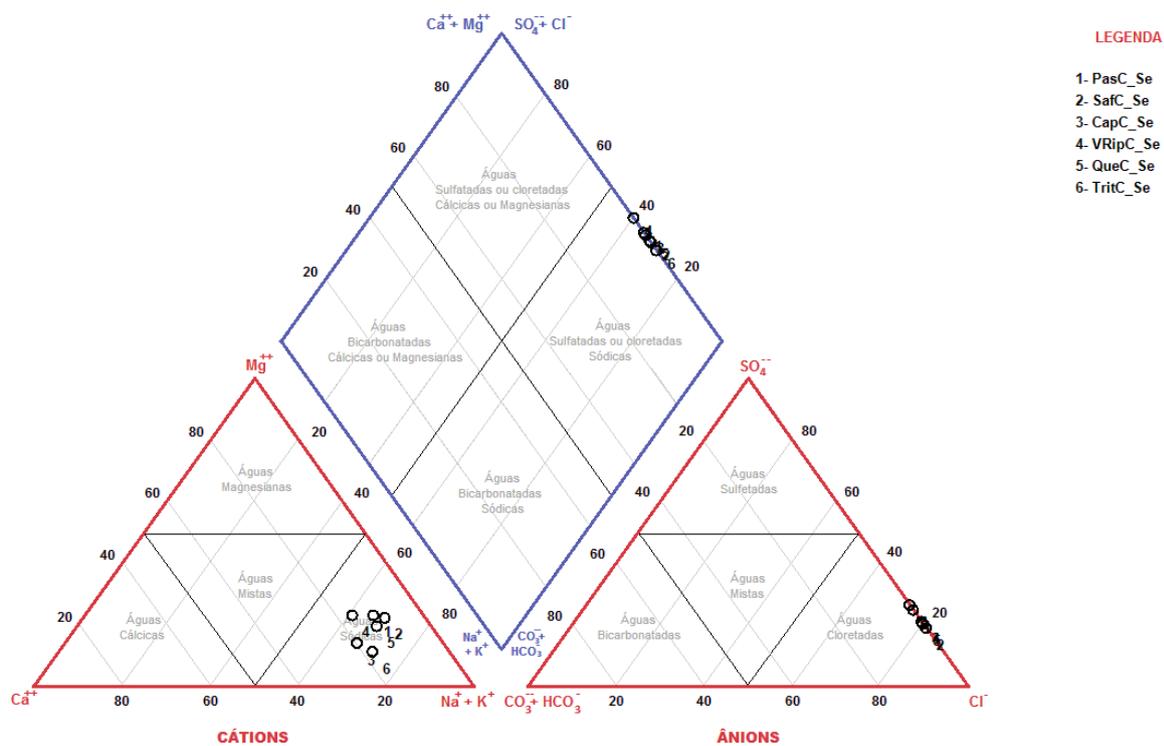


Figura 36- Diagrama de piper para as águas subterrâneas das áreas de pasto (PasC), SAF (SafC), capoeira (CapC), vegetação ripária (VRipC), queima (QueC) e trituração (TritC) da microbacia do Igarapé Cumaru (ICU), nos períodos (a) chuvoso e (b) seco.



(a)



(b)

Figura 37- Balanço iônico das águas subterrâneas nas áreas de pasto (PasC), SAF (SafC) e capoeira (CapC) nos períodos (a) chuvoso e (b) seco, na microbacia do Igarapé Cumaru (ICU).

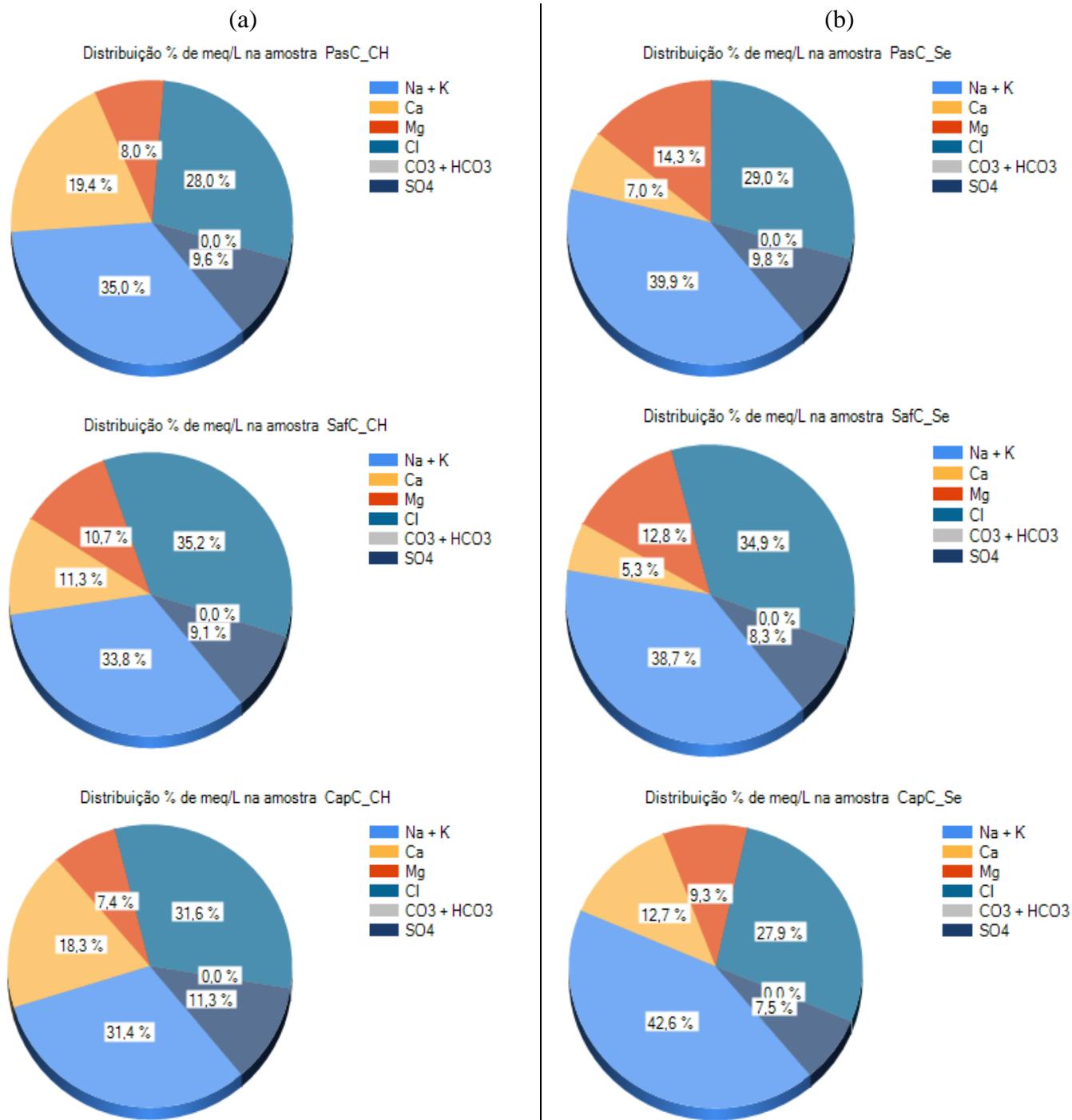


Figura 38- Balanço iônico das águas subterrâneas nas áreas de vegetação ripária (VRipC), queima (QueC) e trituração (TritC) nos períodos chuvoso e seco, na microbacia do Igarapé Cumarú (ICU).

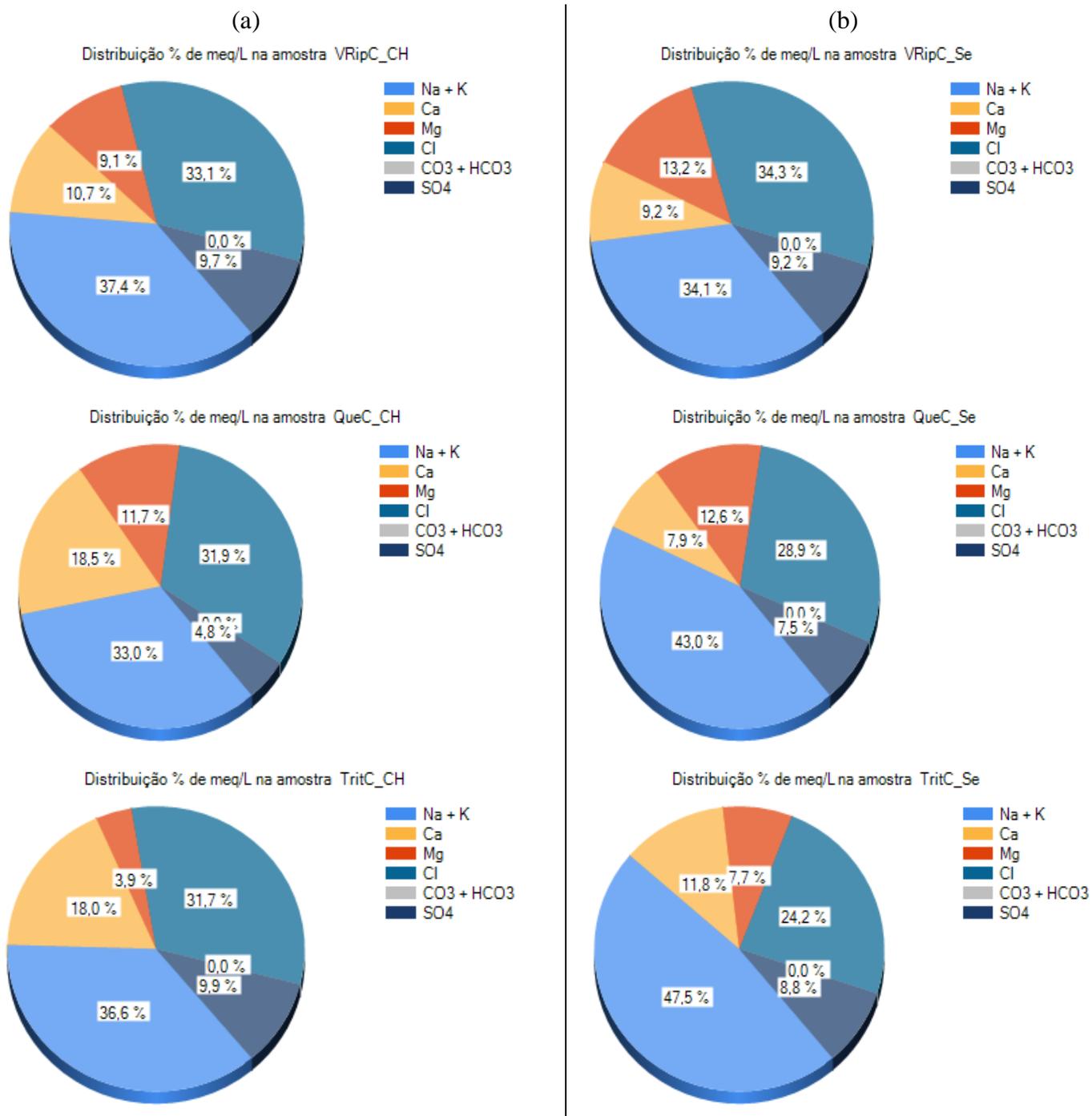


Figura 39- Diagrama de piper para as águas subterrâneas das áreas de pasto (PasSJ), SAF (SafSJ), capoeira (CapSJ), vegetação ripária (VRipSJ), queima (QueSJ) e trituração (TritSJ) da microbacia do Igarapé São João (ISJ), nos períodos (a) chuvoso e (b) seco.

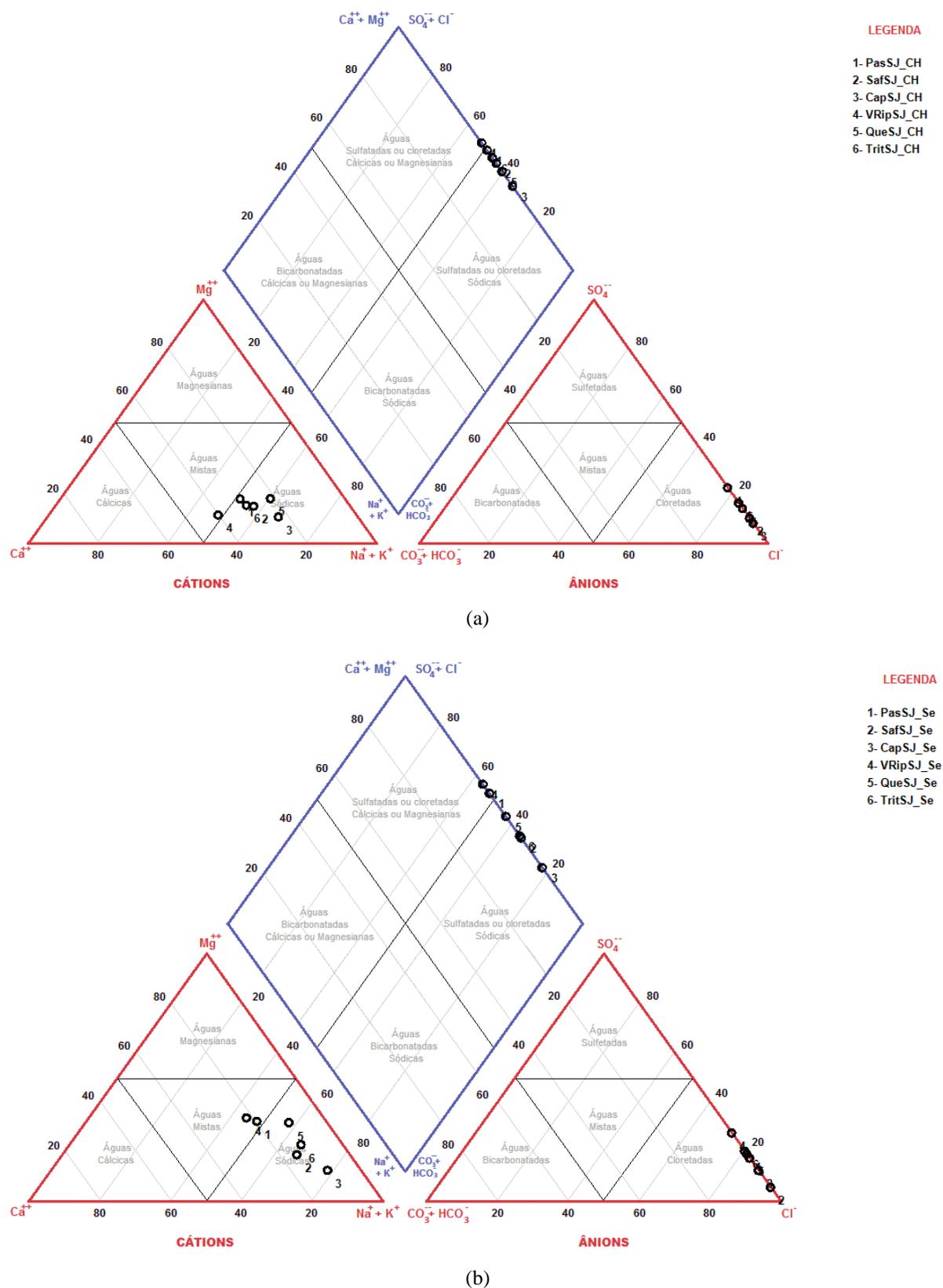


Figura 40- Balanço iônico das águas subterrâneas nas áreas de pasto (PasSJ), SAF (SafSJ) e capoeira (CapSJ) nos períodos (a) chuvoso e seco, na microbacia do Igarapé São João (ISJ).

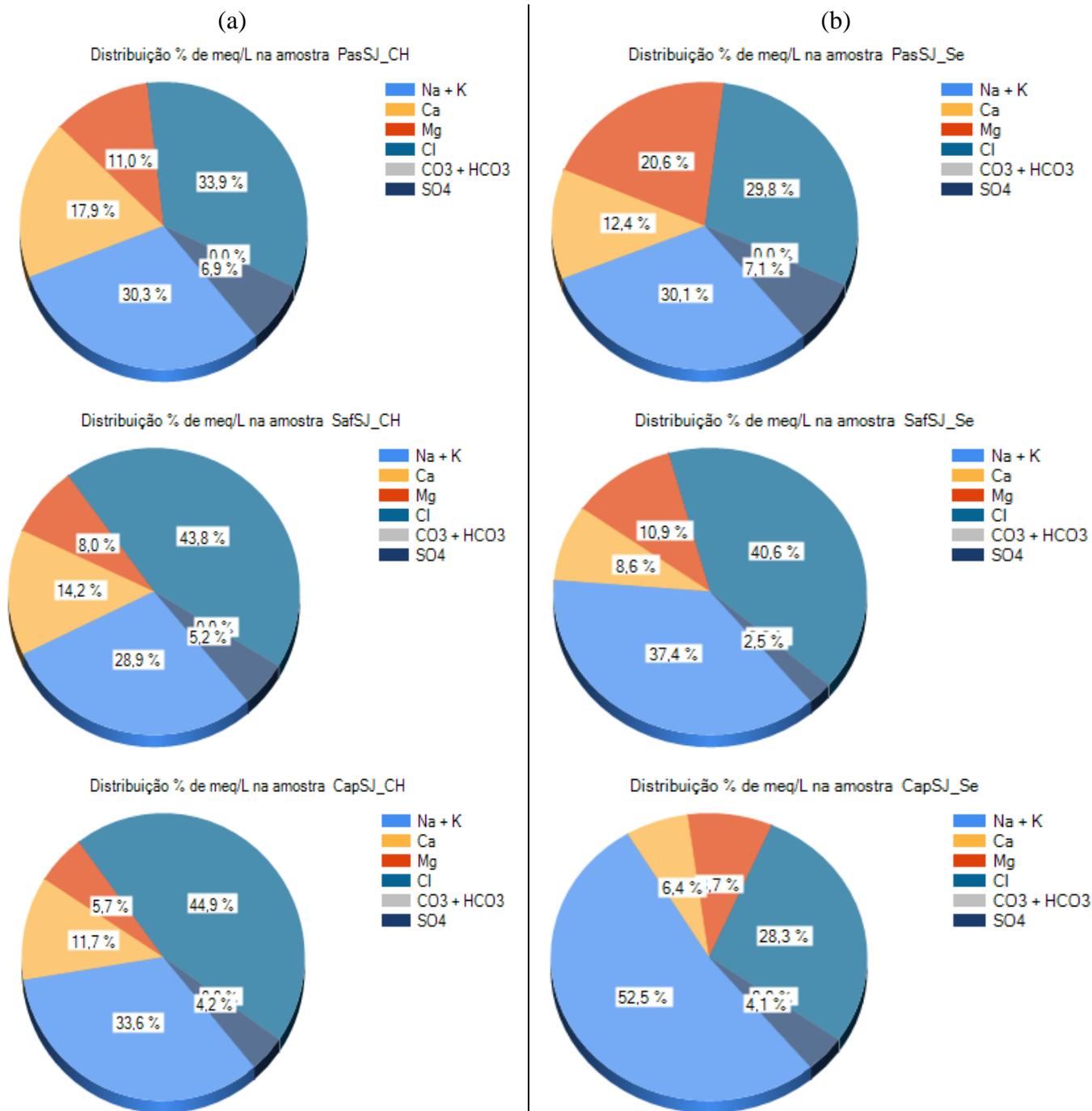
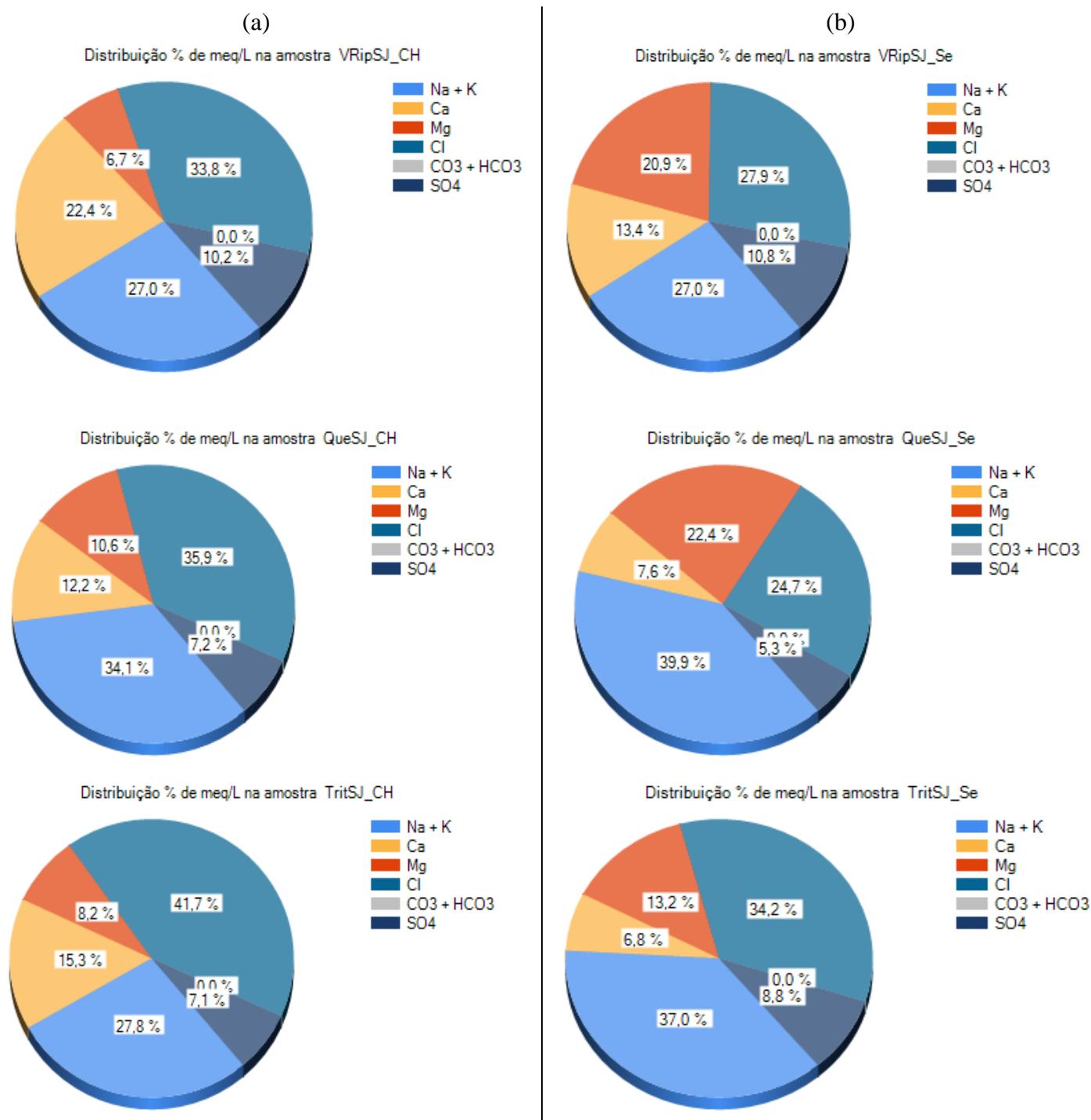


Figura 41- Balanço iônico das águas subterrâneas nas áreas de vegetação ripária (VRipSJ), queima (QueSJ) e trituração (TritSJ) nos períodos (a) chuvoso e (b) seco, na microbacia do Igarapé São João (ISJ).



4.4 Indicadores de qualidade das águas superficiais das microbacias dos Igarapés Cumaru e São João

A seguir serão apresentados os indicadores de qualidade de água selecionados, a partir, dos métodos da análise fatorial por extração via componentes principais (AF/ACP), para as duas microbacias em estudo.

4.4.1 Análise Fatorial para as águas superficiais das microbacias do ICU e ISJ

A matriz de correlação para as águas superficiais das microbacias dos ICU e ISJ foram geradas, inicialmente, com todas as variáveis físico-químicas e biológicas analisados neste estudo, totalizando 19. Posteriormente, para as águas superficiais da microbacia do ICU, a partir da análise da matriz anti-imagem, foi possível selecionar as variáveis de maior significância para a proposta do estudo (maior correlação), dentre as quais, 11 apresentaram maior significância na análise fatorial, sendo: pH, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes (COLIF.), carbono orgânico dissolvido (COD), carbono inorgânico dissolvido (CID), íons sódio (Na^+), amônio (NH_4^+), cálcio (Ca^{2+}), cloreto (Cl^-) e fosfato (PO_4^{3-}).

Do mesmo modo, gerou-se matriz de correlação para as águas superficiais da microbacia do ISJ, que a partir da análise da matriz anti-imagem, foi possível selecionar as variáveis de maior significância para a proposta do estudo (maior correlação), dentre as quais, 6 apresentaram maior significância na análise fatorial, sendo: coliformes termotolerantes (COLIF.) e os íons sódio (Na^+), amônio (NH_4^+), cálcio (Ca^{2+}), cloreto (Cl^-) e fosfato (PO_4^{3-}). De acordo as Tabelas 44 e 45 pôde-se observar boas correlações, com valores absolutos superiores a 0,30, recomendado por Norusis (1990), o que permite dar continuidade a aplicação da técnica análise fatorial.

A matriz anti-imagem de correlação apresenta os valores negativos das correlações parciais entre as variáveis físico-químicas. Neste tipo de matriz, os valores da diagonal principal também representam uma medida de adequação dos dados à análise fatorial, conhecida por Medida de Adequação da Amostra (MSA), para cada variável em estudo. Desse modo, conforme as Tabelas 46 e 47, a MSA foi superior a 0,50 para todas as variáveis físico-químicas, exceto para coliformes termotolerantes. Contudo, optou-se por mantê-la na análise, pois seus valores de comunalidade e cargas fatoriais apresentam-se elevados, logo, se encontram em domínio aceitável para aplicação da técnica.

Tabela 44- Matriz de correlação para as variáveis físico-químicas referentes às águas superficiais da microbacia do ICU.

	pH	CE	OD	COLIF.	COD	CID	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻
pH	1,000										
CE	-,748	1,000									
OD	,823	-,868	1,000								
COLIF.	,024	-,013	-,087	1,000							
COD	,343	-,350	,434	-,153	1,000						
CID	-,073	,110	-,023	-,175	-,594	1,000					
Na ⁺	,079	-,011	-,043	,062	,570	-,837	1,000				
NH ₄ ⁺	,015	-,052	,163	-,141	-,379	,727	-,738	1,000			
Ca ²⁺	,129	-,140	,326	-,213	-,249	,704	-,779	,716	1,000		
Cl ⁻	,077	,019	-,016	,053	,622	-,786	,896	-,698	-,739	1,000	
PO ₄ ³⁻	-,185	,129	-,072	-,162	-,530	,768	-,846	,711	,793	-,840	1,000

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 45- Matriz de correlação para as variáveis físico-químicas referentes às águas superficiais da microbacia do ISJ.

	COLIF.	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻
COLIF.	1,000					
Na ⁺	-,096	1,000				
NH ₄ ⁺	-,064	-,792	1,000			
Ca ²⁺	-,132	-,756	,687	1,000		
Cl ⁻	,068	,837	-,743	-,669	1,000	
PO ₄ ³⁻	-,076	-,798	,776	,797	-,809	1,000

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 46- Matriz de Correlação Anti-imagem para as variáveis físico-químicas referentes às águas superficiais da microbacia do ICU.

	pH	CE	OD	COLIF.	COD	CID	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻
pH	,792^a										
CE	,032	,663^a									
OD	-,523	,713	,593^a								
COLIF.	-,128	,045	,077	,452^a							
COD	,097	-,016	-,233	,233	,854^a						
CID	-,189	-,122	,033	,261	,289	,891^a					
Na ⁺	-,130	-,006	,078	,179	-,031	,357	,896^a				
NH ₄ ⁺	,107	-,070	-,175	-,024	,002	-,257	,075	,950^a			
Ca ²⁺	,090	-,370	-,497	,029	-,188	-,112	,126	-,054	,809^a		
Cl ⁻	,015	-,277	-,143	-,007	-,322	,008	-,442	,039	,168	,881^a	
PO ₄ ³⁻	,008	,101	,256	,121	,013	,008	,171	-,148	-,479	,228	,892^a

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 47- Matriz de Correlação Anti-imagem para as variáveis físico-químicas referentes às águas superficiais da microbacia do ISJ.

	COLIF.	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻
COLIF.	,126^a					
Na ⁺	,401	,786^a				
NH ₄ ⁺	,125	,344	,915^a			
Ca ²⁺	,252	,378	-,015	,826^a		
Cl ⁻	-,214	-,521	,066	-,187	,823^a	
PO ₄ ³⁻	-,021	,025	-,267	-,456	,387	,855^a

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados da estatística de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), a qual compara as correlações simples com as parciais observadas entre as variáveis físico-químicas, que varia entre 0 e 1, e do teste de esfericidade de Bartlett, o qual verifica a hipótese de a matriz de correlações ser a matriz identidade, encontram-se na Tabela 48. Verifica-se que o valor da estatística KMO para águas superficiais das microbacias dos ICU e ISJ foram, respectivamente, 0,830 e 0,822, indicando boa adequação da amostra à análise fatorial. Além disso, o nível de significância do teste de esfericidade de Bartlett ($p = 0,000$) conduz a rejeição da hipótese de a matriz de correlações ser a matriz identidade. Estes resultados respaldam o emprego da análise fatorial para a extração de fatores.

Pelo método de extração via componentes principais, foi possível gerar os modelos de componentes para as duas microbacias, sendo que para a ICU, foi gerado um modelo com três componentes as quais explicam 84,22% da variância total, e para a ISJ foi gerado um modelo com duas componentes as quais explicam 85,08% da variância total (Tabela 49).

Para a microbacia do ICU, o primeiro fator explica a maior parcela de variância, com 47,47%, o segundo fator explica 26,35% e o terceiro fator, 10,39%. Para a microbacia do ISJ, o primeiro fator explica a maior parcela de variância, com 67,78% e o segundo fator explica 17,3%. Essas análises tem com base os princípios descritos por Norusis (1990), onde se deve considerar somente aquelas componentes que apresentem um autovalor superior a 1 (um). Este critério fundamenta-se no fato de que qualquer fator deve explicar uma variância superior àquela apresentada por uma simples variável.

Tabela 48- Resultado da Medida de Kaiser-Meyer-Olkin e do Teste de Esfericidade de Bartlett para as variáveis físico-químicas referentes às águas superficiais das microbacias ICU e ISJ.

ICU		
Medida		Valor
KMO		0,830
Teste de esfericidade de Bartlett	χ^2	340,201
	p	0
ISJ		
Medida		Valor
KMO		0,822
Teste de esfericidade de Bartlett	χ^2	217,269
	p	0

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 49- Autovalor e Percentual de Variância Explicada pelos Fatores para as variáveis físico-químicas referentes às águas superficiais das microbacias dos ICU e ISJ.

Componentes	ICU					
	Variância Inicial			Após a rotação		
	Total	% of Variância	% Acumulado	Total	% of Variância	% Acumulado
1	5,248	47,708	47,708	5,222	47,474	47,474
2	2,908	26,433	74,141	2,898	26,348	73,822
3	1,108	10,074	84,216	1,143	10,394	84,216
4	0,493	4,481	88,697			
5	0,348	3,164	91,861			
6	0,288	2,615	94,476			
7	0,191	1,736	96,212			
8	0,15	1,36	97,572			
9	0,124	1,124	98,696			
10	0,089	0,805	99,502			
11	0,055	0,498	100			
Componentes	ISJ					
	Variância Inicial			Após a rotação		
	Total	% of Variância	% Acumulado	Total	% of Variância	% Acumulado
1	4,072	67,864	67,864	4,067	67,779	67,779
2	1,033	17,214	85,077	1,038	17,299	85,077
3	0,344	5,74	90,817			
4	0,264	4,397	95,214			
5	0,182	3,038	98,252			
6	0,105	1,748	100			

Fonte: Dados da pesquisa.

A matriz de cargas fatoriais gerada inicialmente apresentava valores de difícil interpretação. Para superar essa limitação, aplicou-se o método de rotação ortogonal *Varimax* (Tabela 50), o qual maximiza a variância entre os fatores, alterando a raiz característica sem afetar a proporção da variância total explicada pelo conjunto. A última coluna da tabela fornece os valores das comunalidades, que indicam o quanto da variância de cada variável é explicada

pelos fatores juntos. Nota-se que todas as variáveis físico-químicas selecionadas possuem forte relação com os fatores retidos, pois tem elevadas comunalidades. Pesquisadores como, Helena et al. (2000), Palácio (2004), Machado (2006) e Andrade et al. (2007) também obtiveram uma matriz de mais fácil interpretação com a aplicação do algoritmo *Varimax*, na elaboração da matriz transformada.

Tabela 50- Matriz de Cargas Fatoriais após Rotação Ortogonal pelo método *Varimax* para as variáveis físico-químicas referentes às águas superficiais das microbacias dos ICU e ISJ.

ICU				
Variáveis	CP1-C	CP2-C	CP3-C	Comunalidades
pH	-0,046	0,901	-0,049	0,816
CE	0,003	-0,921	0,045	0,850
OD	0,071	0,965	0,115	0,949
COLIF.	-0,12	0,024	-0,945	0,908
COD	-0,609	0,461	0,397	0,741
CID	0,898	-0,094	0,052	0,818
Na ⁺	-0,948	0,02	0,055	0,902
NH ₄ ⁺	0,836	0,096	0,095	0,717
Ca ²⁺	0,854	0,236	0,206	0,827
Cl ⁻	-0,931	0,027	0,098	0,877
PO ₄ ³⁻	0,911	-0,14	0,089	0,858
Autovalor	5,222	2,898	1,143	
% Variância explicada	47,474	26,348	10,394	
% Variância acumulada	47,474	73,822	84,216	
ISJ				
Variáveis	CP1-SJ	CP2-SJ	Comunalidades	
COLIF.	-0,029	0,995	0,992	
Na ⁺	-0,933	-0,148	0,892	
NH ₄ ⁺	0,885	-0,035	0,785	
Ca ²⁺	0,861	-0,138	0,761	
Cl ⁻	-0,901	0,028	0,812	
PO ₄ ³⁻	0,926	-0,063	0,862	
Autovalor	4,067	1,038		
% Variância explicada	67,779	17,299		
% Variância acumulada	67,779	85,077		

Fonte: Dados da pesquisa.

A primeira componente rotacionada (CP1-C) para as águas superficiais da microbacia do ICU, foi composta pelas variáveis carbono orgânico dissolvido (COD), carbono inorgânico dissolvido (CID), íons sódio (Na⁺), amônio (NH₄⁺), cálcio (Ca²⁺), cloreto (Cl⁻) e fosfato (PO₄³⁻), e passou a explicar 47,47% da variância. De forma análoga, a primeira componente rotacionada (CP1-SJ), para as águas superficiais da microbacia do ISJ, foi composta pelas mesmas variáveis, com exceção das variáveis COD e CID, passando a explicar 67,78% da variância. As duas componentes geradas foram denominadas de “Componentes Nutricionais”.

A seleção destas variáveis para compor a primeira componente da análise mostrou-se coerente com os resultados anteriores apresentados, uma vez que, as variáveis COD, Na⁺ e Cl⁻

mostraram-se mais suscetíveis a alteração em decorrência da sazonalidade, bem como, a possíveis alterações por conta de mudanças no uso e cobertura da terra. Estas apresentaram relação negativa com a componente gerada, indicando que são as variáveis mais propensas a sofrer alterações, podendo refletir em diminuição da qualidade da água.

As variáveis CID (CP1-C), NH_4^+ , Ca^{2+} e PO_4^{3-} (CP1-SJ) apresentam relação positiva com a componente, o que indica que as concentrações observadas nesse primeiro momento, possivelmente, não causaram alteração na qualidade da qualidade da água.

A segunda componente rotacionada (CP2-C) para as águas superficiais da microbacia do ICU, foi denominada “Componente Físico-Química”, pois é composta pelas variáveis pH, condutividade elétrica (CE) e oxigênio dissolvido (OD), passou a explicar 26,35% da variância.

A variável CE apresentou relação negativa com esta componente, o que indica que ela está mais propensa a sofrer alterações de caráter natural e/ou antrópico, uma vez que, expressa capacidade que um corpo hídrico tem em conduzir corrente elétrica, em função da presença de íons dissolvidos. A relação negativa denota que possíveis variações podem refletir em alterações na qualidade da água. Por outro lado, as variáveis pH e OD apresentaram relação positiva com esta componente, indicando que os valores observados nesse primeiro momento, possivelmente, não refletiram em mudanças na qualidade de água.

E por fim, a terceira componente rotacionada (CP3-C) para as águas superficiais da microbacia do ICU, bem como, a segunda rotacionada (CP2-SJ), para as águas superficiais da microbacia do ISJ, foram denominadas de “Componentes Biológicas”, as quais foram compostas, apenas, da variável coliformes termotolerantes, as quais passaram a explicar, respectivamente, 10,39% da variância (CP3-C) e 17,3% da variância (CP2-SJ).

Ressalta-se que, para a componente CP3-C, a relação apresentou-se negativa, sugerindo que as concentrações de bactérias patogênicas observadas nesta microbacia torna a variável coliformes termotolerantes em um potencial contaminante de seus corpos hídricos, refletindo em diminuição da qualidade da água.

4.5 Análise dos condicionantes socioambientais

4.5.1 Caracterização dos entrevistados

A Tabela 51 ilustra o perfil geral dos entrevistados nas duas microbacias. Na ICU apenas 10,62% possuem o 2º grau completo e a maior parte, 41,33% dos entrevistados é alfabetizada e, 25,33% não concluiu o 1º grau. Na ISJ, mais de 77% possuem o 1º grau incompleto e os 23%

restantes somam analfabetos e alfabetizados. No que concerne a renda familiar, o número médio de moradores foi de 4 em cada domicílio, sendo que, economicamente ativos, apenas 2, em ambas microbacias. Em alguns casos, observou-se residências com 3 a 4 famílias agregadas no mesmo domicílio, intensificando os problemas socioeconômicos na unidade familiar onde a renda é fragmentada pela relação renda/nº de pessoas no imóvel.

Tabela 51- Caracterização dos moradores das comunidades entrevistadas, nas duas microbacias estudadas.

Características pessoais	Microbacia	
	ICU	ISJ
Sexo	Percentual	
Masculino	25,33	45,45
Feminino	74,67	54,55
Escolaridade		
Analfabeto	14,67	18,18
Alfabetizado	41,33	4,55
1º grau incompleto	25,33	77,27
1º grau completo	4,00	0,00
2º grau incompleto	4,00	0,00
2º grau completo	10,67	0,00
Outros	0,00	0,00
Renda Familiar		
Bolsa família	40,00	27,27
Aposentadoria	25,33	36,36
diária rural	32,00	18,18
Até 1 salário mínimo	25,33	36,36
De 2 a 5 salários mínimos	13,33	40,91
De 6 a 10 salários mínimos	0,00	0,00
Acima de 10 salários mínimos	0,00	0,00
Não possui renda fixa	9,33	4,55
Quantos moradores na unidade familiar?	4	4
Quantos economicamente ativos?	2	2
Ocupação dos moradores economicamente ativos	Agricultura familiar	Agricultura familiar
Como a propriedade foi adquirida?		
Herança	42,67	31,82
Comprado	32,00	40,91
Cedido	25,33	27,27

Ressalta-se que a renda média das famílias entrevistadas não ultrapassa 2 salários mínimos, com atividade econômica baseada na agricultura familiar, mesmo que, uma boa parcela conte com os recursos do programa bolsa família e/ou com a aposentadoria de algum membro da família, geralmente pais ou avós. Isso elucida o fato da existência do significativo percentual de famílias nucleares completas ampliadas, em que famílias sem rendimentos, de fato, convivem com outras famílias, como estratégia de sobrevivência, a fim de compartilhar os recursos do domicílio (BORGES; FABBRO; FERREIRA FILHO, 2006).

Em relação as propriedades e moradias, 42,67% e 25,33% (ICU) e 31,82% e 40,91% (ISJ) dos agricultores são herdeiros e comodatários da posse da terra, respectivamente. As

menores percentagens observadas nas duas microbacias foram relativas as propriedades cedidas às famílias.

Culturalmente os agricultores dividem o mesmo estabelecimento agrícola em virtude do tamanho das famílias, normalmente com grau de proximidade parental de 1º e 2º grau, sendo comum encontrar casais de primos ou outro grau de parentesco que constituíram família, permanecendo no estabelecimento agrícola da família. Normalmente quando surge um novo núcleo familiar na casa, os pais cedem aos seus filhos parte da propriedade para que estes construam suas casas e que tenham uma área produtiva para seu sustento (SOUZA et al., 2016).

4.5.2 Usos da água pelas comunidades

Conforme a Tabela 52, observou-se que mais de 50% dos entrevistados nas duas microbacias possuem fonte ou curso água em sua propriedade, sendo que destes, 17,33% (ICU) e 31,82% (ISJ) possuem, também, nascentes. Um ponto positivo revelado pelo estudo foi que, a maioria dos entrevistados que possuem nascentes, relataram adotar como medidas protetivas desta fonte de água a preservação da vegetação ripária. Em contrapartida, o ponto negativo também observado foi a presença de cultivos agrícolas próximos as fontes de água o que acarreta em contaminação ao uso de agrodefensivos.

Os demais entrevistados dependem de outras fontes de água como, por exemplo, a concessão por vizinhos (18,67% na ICU, e 40,91% na ISJ) e parentes (36,0% na ICU, e 9,09% na ISJ) para que possam adentrar na área para a coleta de água nos igarapés, cacimbas, ou ainda, através de poços de boca larga e artesianos.

Tabela 52- Caracterização dos diferentes usos da água pelos moradores das comunidades entrevistadas, nas duas microbacias estudadas.

Usos da água	Microbacia	
	ICU	ISJ
Possui algum curso de água na propriedade?	Percentual	
Não	40,00%	50,00%
Sim	60,00%	50,00%
rio/córrego/igarapé	58,67%	50,00%
Nascente	17,33%	31,82%
Cacimba	4,00%	0,00%
Onde é captada a água para beber?		
Poço artesiano	34,67%	59,09%

Usos da água	(Cont.)	
	Microbacia	
	ICU	ISJ
Abastecimento público	4,00%	0,00%
Cacimba	18,67%	4,55%
Poço de boca larga	41,33%	18,18%
Igarapé	2,67%	22,73%
Outros	0,00%	0,00%
Essas fontes de água você/sua família usa sozinho? Outras famílias também usam? São parentes ou vizinhos?		
Só família	48,00%	45,45%
Parente	36,00%	9,09%
n° de famílias	2	2
Vizinhos	18,67%	40,91%
A água que sua família usa para beber?		
Clorada/tratada	10,67%	0,00%
Fervida	4,00%	9,09%
Filtrada	5,33%	9,09%
Coadada	45,33%	36,36%
Sem tratamento	34,67%	45,45%
Vocês consideram a água da comunidade de boa qualidade? Por quê?		
Não	5%	0%
Sim	95%	100%
Sem cheiro	88%	100%
Sem gosto	85%	100%
Sem cor	45%	86%
Outros	1%	0%
Destino principal do esgoto da casa?		
	Percentual	
Esgoto a céu aberto	2,67%	4,55%
fossa séptica	26,67%	40,91%
Fossa negra (“privada ou casinha”)	64,00%	45,45%
rede pública	0,00%	0,00%
Tem fossa séptica, mas ainda usa a casinha	6,67%	9,09%
Destino do lixo da propriedade?		
Coleta pela prefeitura	8,00%	0,00%
Em terreno a céu aberto	6,67%	18,18%
Enterrado	4,00%	0,00%
rio / igarapé / riacho	0,00%	0,00%
Queimado	88,00%	81,82%
Reciclado	0,00%	0,00%
Principal fonte de consumo geral de água?		
mina, rio, igarapé, riacho, ribeirão	21,33%	27,27%
Cacimba	13,33%	0,00%
caminha, pipa ou tanque	0,00%	0,00%
poço de boca larga	41,33%	18,18%

Usos da água	(Conclusão)	
	ICU	ISJ
poço artesiano	37,33%	63,64%
rede pública	4,00%	0,00%
Existe alguma ação para conservar as nascentes ou fontes de água?		
Não	22,67%	36,36%
Sim	32,00%	45,45%
quais?	Preservação da vegetação ripária	
Não tem nascente	45,33%	18,18%

A cerca dos poços de boca larga e artesianos, observou-se que estes são a principal fonte de captação de água para beber na ICU (41,33% boca larga e 34,67% artesianos). Já na ISJ, mais de 59% dos entrevistados utilizam os poços artesianos, e 22,73% captam água direto dos igarapés para beber. Os aglomerados de residências e o acesso livre às fontes de água nas comunidades são fatores que contribuem para a contaminação das fontes, e isso ocorre por conta da precariedade de saneamento básico, da ausência de abastecimento público e esgoto sanitário.

O quadro citado acima torna-se mais preocupante quando se refere aos tipos tratamentos utilizados para purificar a água. Os resultados revelaram que apenas 20% das famílias entrevistadas na ICU cloram (10,67%), fervem (4%) ou filtram (5,33%) a água antes da ingestão. Na ISJ, apenas 18% fervem ou filtram a água, o que remete a mais de 80% da água consumida não passa por um tratamento mínimo satisfatório.

Quanto a percepção de qualidade de água dos moradores das comunidades entrevistadas, observou-se que a preocupação de qualidade fica restrita a características superficiais como cor, gosto e cheiro. Na ISJ, 100% dos entrevistados afirmaram que a água é de boa qualidade para beber, considerando os aspectos cor, cheiro e gosto. Na ICU, apenas 5% dos entrevistados agricultores afirmaram que a água não é de boa qualidade, apresentando gosto de raiz ou ferrugem, associando a qualidade ao período seco e chuvoso, os quais visualmente, podem alterar esses aspectos.

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde, 80% dos casos de doenças diarreicas são decorrentes do abastecimento de água insalubre, de esgoto sanitário inadequado e de higiene deficiente. A melhoria do abastecimento de água reduz entre 6% a 21% a sua morbidade; a melhoria do esgoto sanitário reduz a sua mortalidade em 32%; as medidas de higiene podem reduzir o número de casos em até 45% e, por fim, a melhoria da qualidade da água para o consumo, por meio de seu tratamento doméstico, pode reduzir de 35% a 39% os episódios dessa doença (ITB, 2010).

A incidência de doenças de veiculação hídrica está relacionada à ausência de tratamento que é destinado à água para ingestão, que por sua vez tem relação com a percepção da qualidade da água por seus usuários. Esse fato causa preocupação, visto que os agricultores das comunidades estudadas mostraram desconhecer a potabilidade do recurso, associando qualidade e potabilidade da água apenas aos aspectos de cor, cheiro e gosto. Para o Ministério da Saúde, a água potável deve atender a parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos (BRASIL, 2011).

Um fator relevante nas duas microbacias está relacionado ao saneamento básico. Observou-se que 100% dos entrevistados não possui acesso a rede pública de esgoto, dos quais, 2,67% (ICU) e 4,55% (ISJ), despejam os seus rejeitos a céu aberto. Na ausência de sistema de esgoto sanitário, as famílias improvisam estruturas precárias, como as fossas negras, comumente denominadas de “casinhas ou privadas” (64% na ICU e 45,45% na ISJ), que consistem em buracos escavados com três a quatro metros de profundidade por um ou dois metros de largura e/ou de comprimento, sem proteção interna.

Para os moradores das comunidades as fossas negras não são vistas como uma ameaça de contaminação dos mananciais e presume-se que a vulnerabilidade à contaminação das fontes de água por essas vias é uma ameaça real à saúde da população local. Essa é uma prática muito comum e preocupante, uma vez que, a população rural se abastece, em sua maioria, de poços rasos com profundidades que variam de seis a doze metros em solos em geral arenosos. Lima, Souza e Figueiredo (2004), estudando a microbacia do Igarapé Cumaru, verificaram que a população se auto abastece através de poços rasos e também das águas superficiais, o que torna a fonte de água vulnerável a contaminações.

A respeito do destino do lixo dos moradores, observou-se que mais de 80% dos entrevistados, nas duas microbacias, queimam seus lixos nos fundos da própria propriedade, e 6,67% (ICU) e 18,18% (ISJ) despejam o lixo a céu aberto. Nota-se que a percepção da problemática do destino do lixo - e da poluição ambiental em um sentido mais abrangente - pela maioria dos entrevistados está associada a um caráter superficialmente visual.

4.5.3 Atividade agropecuária e os usos da água

Apesar dos estabelecimentos agrícolas se caracterizarem pela presença de várias casas, cada morador possui um determinado espaço no lote para o cultivo de produtos agrícolas, que em sua maioria são destinados a subsistência das famílias (92% na ICU, e 86,4% na ISJ), e/ou

voltadas para comercialização (72% na ICU e 63,6% na ISJ) e uma pequena parcela voltada para o turismo rural (1,3% na ICU e 4,6% na ISJ), conforme a Tabela 53.

Mais de 90% dos entrevistados possuem algum tipo de cultivo agrícola em sua propriedade, dentre estes a cultura da mandioca (82%) é a mais difundida, seguida do maracujá (48%), feijão (32%), pimenta doce (31%), mamão (28%), milho (27%) e pimenta do reino (9%), além de verduras, hortaliças e frutíferas. Um aspecto importante observado foi acerca do tipo de trato cultural adotado pelos agricultores entrevistados, onde na ICU 52% dos agricultores relatam utilizar a prática do plantio direto, em oposição aos 54,5% (ISJ) que relataram utilizar a prática convencional da queima da área.

Um aspecto de extrema relevância observado neste estudo foi a forma indiscriminada e desprotegida com a qual os agricultores entrevistados, mais de 70%, em ambas microbacias, aplicam agrodefensivos. A partir dos questionários e, observações de campo, pôde-se constatar o uso abusivo sem a devida proteção à saúde (ausência de EPI), uma vez que, conforme a tabela 22, mais de 48% (ICU) e 45% (ISJ) relataram fazer aplicações mensais, quinzenais e até semanais de agrodefensivos. Vale destacar que 45% (ICU) e 55% (ISJ) dos entrevistados que não souberam informar qual tipo de agrodefensivo, ou não quiseram.

Tabela 53- Caracterização das atividades agropecuárias desenvolvidas pelos moradores das comunidades entrevistadas, nas duas microbacias estudadas.

Atividade agropecuária e os usos da água	Microbacia	
	ICU	ISJ
Possui algum tipo de cultivo agrícola na propriedade? Ou em outra área?	Percentual	
Não	6,67%	9,09%
Sim	93,33%	90,91%
A água na propriedade (ou área) é suficiente para o cultivo agrícola?		
Insuficiente	5,33%	0,00%
Parcial	8,00%	4,55%
Totalmente	80,00%	90,91%
não se aplica	6,67%	4,55%
Possui algum mecanismo para irrigação dos plantios? Qual? Onde a água é captada?		
Não	64,00%	63,64%
Sim	36,00%	36,36%
Bombeamento direto do rio/igarapé	6,67%	4,55%
Aspersão	0,00%	0,00%
Irrigação manual	4,00%	0,00%
Igarapé	0,00%	0,00%
Bombeamento direto do poço	22,67%	31,82%
Reservatório	0,00%	0,00%
Outros	2,67%	0,00%
Faz uso de agrotóxicos?		
Não	21,33%	27,27%
Sim	78,67%	72,73%

(cont.).

Atividade agropecuária e os usos da água	Microbacia	
	ICU	ISJ
Qual a frequência e quantidade de uso por área/tarefa?	Percentual	
Semanal	17,57%	18,18%
Quinzenal	14,67%	4,55%
Mensal	16,00%	22,73%
Semestral	10,67%	9,09%
Anual	9,33%	4,55%
não sabe informar ou não respondeu	45,00%	55,00%
Destino das embalagens vazias de agrotóxicos?		
devolvido ao comerciante	4,00%	0,00%
depositada no estabelecimento, aguardando a retirada	2,67%	0,00%
depósito de lixo comum	2,67%	0,00%
largadas no campo	10,67%	9,09%
Queimadas	49,33%	59,09%
Enterradas	0,00%	0,00%
Reaproveitadas	0,00%	0,00%
não se aplica ou não respondeu	30,67%	31,82%
Quanto a utilização de resíduos nas culturas agrícolas?(plantio direto ou com queima)		
Não (Queima)	34,67%	54,55%
Sim (PD)	52,00%	40,91%
não se aplica ou não respondeu	13,33%	4,55%
Possui criação de animais na propriedade?		
Não	25,33%	31,82%
Sim	74,67%	68,18%
Quais?		
Principal destino dos dejetos das criações da propriedade?		
Compostagem	12,00%	9,09%
escorre a céu aberto	1,33%	0,00%
estrumeira para dejetos	9,33%	4,55%
permanece no curral	0,00%	0,00%
nenhum / não cria animais	52,00%	54,55%
A produção agropecuária está voltada para?		
Atividade rural de subsistência	92,00%	86,36%
Atividade rural comercial	72,00%	63,64%
Atividade de turismo rural	1,33%	4,55%
Outros tipos	0,00%	9,09%
Nenhum	4,00%	0,00%

Os agrodefensivos mais mencionados pelos entrevistados são a base de Glifosato (herbicida – grupo químico: glicina substituída), Dimetoato (acaricida e inseticida - grupo químico: organofosforado), Deltametrina (inseticida – grupo químico: piretróide), Difenoconazole (fungicida - grupo químico: triazol), Mancozeb (acaricida e fungicida - grupo químico: ditiocarbamato) e Diuron (herbicida - grupo químico: bupiridílio + uréia), ambos com elevado grau de toxicidade.

A queima (49,33% na ICU e 59,09% na ISJ) é o principal destino das embalagens vazias de agrotóxicos, seguido de 10,67% (ICU) e 9,09% (ISJ) que são deixadas em campo ou em locais não apropriados, que na maioria das vezes, são arrastados para as fontes hídricas, agravando ainda mais a situação da contaminação dos corpos d'água. Mais de 30% dos entrevistados, não duas microbacias, não souberam ou não quiseram informa o destino das embalagens de agrotóxicos.

Borges, Fabbro e Ferreira Filho (2006) observaram situação semelhante estudando dois assentamentos na região de Ribeirão Preto, uma das regiões mais capitalizadas e modernizadas do interior paulista. Os autores observaram que a percepção de risco e fim dos perigos ligados à própria a saúde estão associados a 'invisibilidade' das embalagens e dos "restos" de produto, fato que os colocam em maior exposição a estes agrotóxicos, assim como, daqueles que jogam os resíduos nos corpos d'água, como se esses fossem sumidouros naturais e fim dos efeitos deletérios.

Lima, Souza e Figueiredo (2004) estudando a microbacia do Igarapé Cumaru, analisaram o potencial de contaminação das águas subterrâneas por agrotóxicos, submetendo Dimetoato, Difenoconazole, Deltametrina e Mancozeb ao índice GUS. Os resultados revelaram que o Dimetoato é o defensivo que apresentou maior potencial de contaminação para as águas subterrâneas. O experimento de sorção mostrou que, em termos percentuais a sorção do dimetoato pelos sedimentos da zona não saturada foi baixa, comprovando o elevado potencial de contaminação da água subterrânea por essa substância.

Os mesmo autores observaram que o teor de matéria orgânica nos sedimentos é a propriedade mais importante na sorção do dimetoato. Seu comportamento não-iônico torna sem importância a variação do teor e do tipo da argila. Por outro lado, o caráter hidrofóbico do dimetoato aumenta a sua afinidade com a matéria orgânica.

A respeito da criação de animais nas propriedades, 74,67% (ICU) e 68,18% (ISJ), possuem criação para comercialização e consumo próprio, dentre os quais aves (95,8%), bovinos (11,3%), equinos (7%) e suínos (5,6%). Destes, apenas 12% (ICU) e 9% (ISJ) destinam os dejetos para a compostagem, e 9,33% (ICU) e 4,55% (ISJ) relataram destinar os dejetos para estrumeira.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados das análises físico-químicas e biológicas das águas das microbacias dos Igarapés Cumaru e São João, conclui-se que as águas superficiais e subterrâneas das duas microbacias, de maneira geral, apresentam características ácidas e baixa dissolução de íons inorgânicos, características típicas da formação geológica da região, Grupo Barreiras, como também observados na literatura consultada.

Neste estudo, não foi possível obter informação sobre a química das águas da chuva. Contudo, a partir da literatura consultada pode-se ressaltar as importantes contribuições nas concentrações dos íons sódio, magnésio, cloreto e sulfato nas águas das regiões do nordeste paraense, oriundos do aporte de aerossóis oceânicos.

Para as águas superficiais, as variáveis Condutividade elétrica, Carbono orgânico dissolvido, e os íons amônio, sódio, cálcio, cloreto e fosfato, apresentaram diferença significativa entre os períodos estudados. Para as águas subterrâneas, as diferenças significativas observadas entre os períodos estudados foram nas variáveis Temperatura, Oxigênio dissolvido, Carbono orgânico e inorgânico dissolvidos, e os íons sódio, magnésio, amônio, fosfato e nitrato.

A cerca do impacto dos diferentes usos do solo sobre a qualidade das águas, deve-se, contudo, ressaltar que, a prática do preparo do solo baseado na queima da área, ainda muito utilizada na região, é notadamente, uma das principais fontes de alterações observadas ao longo do estudo, seguidos da retirada de fragmentos de vegetação secundária para implantação de pastos e uso da água para outros fins (recreação e despejo de esgoto doméstico).

De maneira geral, as nascentes apresentaram-se menos impactadas em relação aos demais trechos nas duas microbacias, na ordem $NasSJ > NasC$. As variáveis analisadas apresentaram concentrações dentro do esperado, apesar da região possuir extensas áreas antropizadas (pasto e/ou cultivo), isso se deve, substancialmente, aos poucos fragmentos florestais que atuam como “grandes filtros”, sobretudo, as áreas ripárias.

Dito isso, a matéria orgânica é sem dúvida a estrutura mais importante dentro dos sistemas ecológicos das duas microbacias, desempenhando as funções de “catalisador” para os processos de nutrição e equilíbrio dinâmico do solo, bem como, de “filtro” e/ou “solução tampão” para substâncias nocivas ao organismo, principalmente de atividades oriundas da agricultura familiar.

Atenção maior deve ser dada a variável Coliformes termotolerantes devido aos elevados valores observados nos trechos a jusante, muito provavelmente por conta do aumento da

descarga de esgoto, além do seu uso (balneário) pela própria comunidade, e esporadicamente, por visitantes externos. Posto isto, ressaltasse que é de suma importância manter o monitoramento regular das variáveis pH, OD, DBO e coliformes termotolerantes para o acompanhamento de possíveis oscilações.

A cerca das águas subterrâneas, seria também de fundamental importância a regularidade de monitoramento de, ao menos, um poço nas áreas de pasto, queima e trituração nas duas microbacias, alimentando um banco de dados importante para as variáveis mais oscilantes, além de informações a curto e médio prazos sobre a utilização de práticas agrícolas de menor impacto na região. Cabe destaque à variável nitrato, que apresentou concentrações, notadamente, elevadas nas águas subterrâneas, evidenciando a vulnerabilidade do aquífero.

A utilização da técnica da AF/ACP, proporcionou uma redução significativa nos parâmetros físico-químicos analisados neste estudo. Para as águas superficiais da microbacia do ICU, a técnica proporcionou a redução de 19 parâmetros em 11, os quais explicaram 84,22% da variância total dos dados, divididos em três componentes (nutricional, biológica e físico-química). Para as águas superficiais da microbacia do ISJ, a técnica proporcionou a redução de 19 parâmetros em 6, os quais explicaram 85,08% da variância total dos dados, divididos em duas componentes (Nutricional e biológica),

Ao longo do período de coleta de amostras e aplicação de questionários, foi possível ter contado direto com as comunidades das microbacias dos Igarapés Cumaru e São João, onde se observou que a falta de conhecimento e/ou reconhecimento, por vezes notada, acerca das possíveis formas de poluição ambiental, oriundas das atividades antrópicas, é algo que precisa ser trabalhado de maneira conjunta entre as instituições de pesquisa e órgãos da administração pública municipal, através de cursos, palestras, assistência técnica, que detenham uma linguagem simples e prática, em virtude do nível de escolaridade dos agricultores.

A Embrapa já possui trabalhos desenvolvidos na região nos quais vem difundindo a prática da agricultura sem queima, aderida por uma parcela dos agricultores entrevistados. No entanto, a percepção das comunidades entrevistadas em torno da qualidade ambiental da área, se revela de extrema superficialidade, representando potenciais impactos à saúde e ao meio ambiente. Estes demandam por informações acerca da conservação do meio onde vivem, uma vez que, expressam preocupação em proteger áreas de nascentes, ou até mesmo com a queima do lixo produzido, já que relataram não haver coleta periódica de lixo nas comunidades.

A região Norte é possuidora de uma extensa rede hidrológica em interação com diferentes ecossistemas, o que torna indispensável a necessidade de monitoramento e enquadramento dos sistemas hídricos. Contudo, é necessário inseri-los nas discussões políticas

de forma a acelerar estudos que visem à implantação de uma rede de monitoramento qualitativo da água constante, e principalmente, inserir as comunidades locais nas discussões sobre medidas a serem adotadas a fim de se tornarem multiplicadores de boas práticas agrícolas e mantenedores do meio em que vivem.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. C.; SILVA, C. F.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G.; SOUZA FILHO, E. E. de; CARNIEL, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Scientiarum Technology**, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília,DF: Agência Nacional de Águas- ANA, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos- SPR, 2005. 176 p.

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. de F. P.; ROSA, M. F.; DISNEY, W.; ALVES, A. B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 683-690, 2007.

ANDRADE, E. M.; GIRÃO, E. G.; ROSA, M. F.; CHAVES, L. C. G.; MENDONÇA, M. A. B.; MEIRELES, A. C. M. Avaliação da qualidade das ‘ 1, p. 39-44, 2003.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION- APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: American Public Health Association, 1995, 140p.

ARAÚJO, P. P. **Avaliação dos compostos nitrogenados no aquífero livre em agroecossistemas de citros no alto do rio Capitão Pocinho, Amazônia Oriental**. 2011. 175f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2011.

ARCOVA, F. C. S.; CESAR, S. F.; CICCIO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, v. 10, n. 2, p. 185-96, 1998.

ARRUDA, R. O. M.; DALMAS, F. B.; MILITÃO, F. A.; SANTOS, J. C.; GARCIA, A. P. Análise geoambiental aplicada ao estudo da relação entre qualidade da água e ocupação das margens da represa Guarapiranga (São Paulo/SP), entre 2004 e 2014. **Geociências**, v. 15, n. 1, 2016.

ATTANASIO, C. M.; GANDOLFI, S.; ZAKIA, M. J. B.; VENIZIANI JUNIOR, J. C. T.; LIMA, W. de P. A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p.493-501, 2012.

BARROSO, D. F. R. **Fluxos hidrogeoquímicos em águas fluviais de microbacias do Nordeste paraense e a sua relação com o uso da terra**. Pará. 2011. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará Universidade Federal do Pará. Belém, 2011.

BESSA M.F.; PAREDES J.F. Transporte do carbono e do nitrogênio orgânico e inorgânico dissolvidos pelo Rio São Francisco, Brasil, durante um ano hidrológico (1984-1985). **Geochimica Brasiliensis**, v.1, n.4, p.17-31. 1990.

BERTOSSI, A. P. A.; MENEZES, J. P. C. de; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. de O.; NEVES, M. A. Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando Estatística Multivariada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2025-2036, set./out. 2013.

BIGGS, T.W.; DUNNE, T.; MARTINELLI, L.A. Natural controls and human impacts on stream nutrient concentrations in a deforested region of the Brazilian Amazon basin. **Biogeochemistry**, v. 68, p. 227–257, 2004.

BOLLMANN, H. A.; MARQUES, D. da M. Bases para a estruturação de indicadores de qualidade de águas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 37-60, 2000.

BORGES, J. R. P.; FABRO, A. L. D.; FERREIRA FILHO, P. Condições de vida e qualidade do saneamento ambiental em assentamentos da reforma agrária paulista – representações e práticas cotidianas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 15., 2006, Caxambú – MG. **Anais[...]**. Caxambú – MG: ABEP, 2006. p. 1-16.

BRASIL. Congresso. Senado. “**Resolução CONAMA nº 274**”, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Congresso. Senado. “**Resolução CONAMA Nº 357**”, 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Congresso. Senado. “**Resolução CONAMA Nº 396**”, 3 de Abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 dez. 2011.

BRITO, L.T. de L. **Avaliação de impactos das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Salitre-Bahia e classificação das fontes hídricas**. 184 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. da. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente e Água**, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

CARNIATTO, I. **Subsídios para um processo de gestão de recursos hídricos e educação ambiental nas sub-bacias Xaxim e Santa Rosa, bacia hidrográfica Paraná III**. 277 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

CARVALHO, D. F.; SANTANA, A. C.; NOGUEIRA, A. K. M.; MENDES, F. A. T.; CARVALHO, A. C. Análise do desempenho competitivo da indústria de móveis de madeira do Estado do Pará. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v. 2, n. 4, p. 37-36, 2007.

COLAVITE, A. P. **Geotecnologias aplicadas a análise da paisagem na bacia hidrográfica do Rio do Campo, Paraná-Brasil**. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Hidrologia/04.pdf>. Acesso em 20/06/2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO-CETESB. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e**

metodologias analíticas e de amostragem - qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. 2009, 43p.(Série Relatórios).

CONCEIÇÃO, F. T.; CUNHA, R.; SARDINHA, D. S.; SOUZA, A. D. G.; SINELLI, O. Hidrogeoquímica do aquífero guarani na área urbana de Ribeirão Preto (SP). **Geociências**, v. 28, n. 1, p. 65-77, 2009.

CORREA, I. C. S. **Metodologia para o cálculo de vazão de uma seção transversal a um canal fluvial**. Porto Alegre: Instituto de Geociências-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

COSTA FILHA, C. L. **Avaliação da potencialidade das terras para determinação de zonas agroecológicas, no município de Igarapé-Açú, Pará**. 2005. 101f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, Belém, 2005.

COSTA, F. F. **Avaliação geoquímica de área selecionada da bacia hidrográfica do rio Maracanã (Nordeste do Pará)**. Orientador: Waterloo Napoleão Lima. 2004. 143 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2004.

COUTINHO, L. M.; ZANETTI, S. S.; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. de O. G.; XAVIER, A. C. Usos da terra e áreas de preservação permanente (APP) na bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. **Floresta e Ambiente**, v.20, n.4, p.425-434, 2013.

CRISPIM, D. L.; OLIVEIRA, A. M. B. M. de; CHAVES, A. D. C. G.; COELHO, L. F. de O.; ANDRADE, S. O. de. Análise físico-química das águas de Três Poços Amazonas no Centro da Cidade de Pombal-PB. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 21, n. 2, p. 155-163, 2017.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda., 1981.

CHRISTOFOLETTI, S. R.; CONCEIÇÃO, F. T. da; SPATTI JÚNIOR, E. P. Relações Hidroquímicas Aplicadas a Avaliação da Qualidade da Água na Bacia do Córrego Ibitinga, Rio Claro (SP). **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 34, n. 2, p.224-237, 2015.

CUNHA, A. C. **Monitoramento, parâmetros e modelos da qualidade da água**. Macapá: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2000. 83p.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; DE PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005.

ESCHRIQUE, S. A.; COELHO, L. H.; OLIVEIRA, E. N.; BRAGA, E. S. Qualidade da água como ferramenta na gestão ambiental de estuários – exemplo do litoral sul de São Paulo. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 5., 2011, Santos. **Anais[...]** Santos: [s.n], 2011.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 602p. 1998.

FAUST, S. D.; ALY, O. M. (eds.) **Chemistry of natural waters**. Sydney: Butterworths Publishers, 1981. 400p.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrologia: conceitos e aplicações**. [S.l.]: LABHID-UFPE; CPRM, 1997, 412p.

FERREIRA, E. C. F.; ALMEIDA, M. C. **Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA)** - estabelecimento das equações do índice de qualidade das águas (IQA) - Relatório 1. [S.l.]:

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD/Unidade de Coordenação Estadual - UCEMG / PNMA II. Jun.2005.

FERREIRA, J. H. O.; KATO, O. R.; AZEVEDO, C. M. B. C. de; MATOS, L.; ROFFE, A.; SHIMIZU, M. Avaliação de sistemas agrofloretais introduzidos por agricultores familiares no Nordeste paraense. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS*, 9., 2013, Ilhéus, BA. **Anais[...]** Ilhéus, BA : SBSAF, 2013. p.01-04.

FIGUEIREDO, R. O. Efeitos do uso da terra sobre processos hidrológicos e hidroquímicos em pequenas bacias na Amazônia. *In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL*, 8., 2007, Caxambu-MG. **Anais[...]**.Caxambu-MG: SEB, 2007. p. 01-02.

FIGUEIREDO, R. O. Estudos em pequenos riachos amazônicos (igarapés) e suas bacias alteradas por desmatamento e atividades agrícolas. *In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ECOLOGIA*, 3. & *CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA DO BRASIL*, 9., 2009, São Lourenço-MG. **Anais[...]**. São Lourenço-MG: SEB, 2009. p. 01-04.

FIGUEIREDO, R. O. Impactos do manejo da vegetação secundária e outras práticas agrícolas sobre os recursos hídricos. *In: CORDEIRO, I. M. C. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; SCHWARTZ, G.; OLIVEIRA, F. de A. (org.). Nordeste paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias*. Belém, PA: EDUFRA, 2017. p. 237-253.

FIGUEIREDO, R. O. Processos hidrológicos e biogeoquímicos em bacias hidrográficas sob uso agrícola e agroflorestral na Amazônia brasileira. *In: PORRO, R. (ed.). Alternativa agroflorestral na Amazônia em transformação*. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 478-500.

FIGUEIREDO R. O. *et al.* Effects of land use change on stream water chemistry in three meso-scale catchments in Eastern Amazonia. *In: LBA-ECO SCIENCE TEAM MEETING*, 10., 2006, Brasília-DF. **Resumos[...]**. Brasília-DF: LBA, 2006. p.10-11.

FIGUEIREDO, R. O. *et al.* Land-use effects on the chemical attributes of low-order streams in the eastern Amazon. **Journal of Geophysical Research**, v. 115, p. 01-14, 2010a.

FIGUEIREDO, R. O. *et al.* Rainwater chemistry in the Eastern Amazon along a Gradient from the Ocean. *In: THE MEETING OF THE AMERICA*. Foz do Iguaçu, Eos Trans.; Washington: AGU, 2010b. p. 01-02.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Revista Química Nova na Escola**, n. 22, p. 10-16, 2005.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais**. São Paulo: Servmar – Ambiental e Engenharia, 2006. 104p.

GIRÃO, E. G.; ANDRADE, E. M. de; ROSA, M. de F.; ARAÚJO, L. de F. P. de; MEIRELES, A. C. M. Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibas pelo emprego da análise da componente principal. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 17-24, 2007.

GOÉS, A. M.; TRUCKENBRODT, W. Caracterização faciológica e interpretação ambiental dos sedimentos Barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 31., Camboriú. **Anais[...]** Camboriú: SBG, 1980. v 2, p. 766-771.

GONÇALVES, D. R. P.; ROCHA, C. H. Indicadores de qualidade da água e padrões de uso da terra em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília,DF, v.51, n.9, p.1172-1183, set. 2016.

GONÇALVES, E. M. **Avaliação da qualidade da água do rio uberabinha – UBERLÂNDIA – MG**. 2009. 159f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2009.

GORAYEB, A.; LOMBARDO, M. A.; PEREIRA, L. C. C. Condições ambientais em áreas urbanas da bacia hidrográfica do rio Caeté – Amazônia Oriental – Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.9, n. 2, p. 59-70, 2009.

HAIR, J. J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 593 p.

HELENA, B.; PARDO, R.; VEGA, M.; BARRADO, E.; FERNANDEZ J. M.; FERNANDEZ, L. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga river, Spain) by principal component analysis. **Water Research**, v. 34, n. 3, p. 807-16, 2000.

HIRATA, R. C. A.; REBOUÇAS, A. La protección de los recursos hídricos subterráneos: una visión integrada, basada em perímetros de protección de pozos y vulnerabilidad de acuíferos. **Boletín Geológico y Minero**, n. 110-4, p. 423-436, 1999.

INSTITUTO TRATA BRASIL- ITB. **Esgotamento sanitário inadequado e impactos na saúde da população**. São Paulo, 2010. Disponível em: http://www.tratabrasil.org.br/novo_site/cms/templates/trata_brasil/files/esgotamento.pdf. Acesso em 20/09/2016.

KATO, M. do S. A. (coord.). **Adaptação e validação participativa de uma alternativa tecnológica de preparo de área sem queima no Nordeste paraense**: relatório final. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 116p. (Edital CNPq/COAGR004-2001 – C&T).

KATO, O. R.; KATO, M. do S. A.; JESUS, C. C. de; RENDEIRO, A. C. **Época de preparo de área e plantio de milho no sistema de corte e trituração no município de Igarapé-Açu, Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, março, 2002. (Comunicado técnico). ISSN 1517-2244.

KATO, O. R.; KATO, M. do S. A.; PARRY, M. M.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. **Método de preparo de área sem queima**: uma alternativa para agricultura tradicional da Amazônia Oriental. [S.l.]: Embrapa Amazônia Oriental, n.13, p.1-3, 1999. (Comunicado técnico).

KATO, O. R.; VASCONCELOS, S. S.; FIGUEIREDO, R. de O.; CARVALHO, C. J. R de; SÁ, T. D. de A.; SHIMIZU, M. K. Agricultura sem queima: uma proposta de recuperação de áreas degradadas com sistemas agroflorestais seqüenciais. *In*: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18., 2010, Teresina-PI. **Novos caminhos para a agricultura conservacionista no Brasil**: anais. Teresina – PI: EMBRAPA Meio Norte. 2010. 1 CD-ROM.

LIMA, A. M. M.; CRUZ, F. M.; CAVALCANTE, L. M.; CHAVES, L. M. L.; IMBIRIBA JUNIOR. M.; SANTOS, V. J. C. A Gestão da oferta hídrica no Estado do Pará e seus Aspectos Condicionantes. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v 15, n. 3, p. 69-83, 2010.

LIMA, E. B. N. R. **Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

LIMA, B. P.; MAMEDE, G. L.; LIMA NETO, I. E. Monitoramento e modelagem da qualidade de água em uma bacia hidrográfica semiárida. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 23, n. 1, p. 125-135, 2018.

LIMA, L. M.; SOUZA, E. L.; FIGUEIREDO, R. O. Análise do risco de contaminação das águas subterrâneas por agrotóxicos na microbacia hidrográfica do igarapé Cumaru – município de Igarapé-Açu (PA). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, Cuiabá. **Anais[...]**. Cuiabá: ABAS, 2004. p. 01-12.

LIMA, L. M.; SOUZA, E. L.; FIGUEIREDO, R. O. Retenção do dimetoato e sua relação com pH e teores de argila e matéria orgânica nos sedimentos da zona não saturada de uma microbacia no nordeste paraense. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 2, p. 187-194, 2007.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba-SP: USP, ESALQ, 2008. 246p.

MACHADO, W. C. P. **Indicadores da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Pato Branco**. 2006. 315 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C.; CÉSAR, E. G. M.; PEREIRA, I. C. B. **Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thornthwhite, Mather)**. Belém-PA: SUDAM/EMBRAPA; SNLCS, 1993. 55 p.

MATTA, M. A. S. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil**. 2002. 292 f. Tese (Doutorado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.

MATOS, L. M. S. de. **Agricultura familiar e informação para o desenvolvimento rural nos municípios de Igarapé-Açu e Marapanim**. 2005. 147 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2005.

MELO JÚNIOR, H. R. de; LIMA, J. B. M. Principais aquíferos do estado e qualidade de suas águas. *In*: JOÃO, X. S. J.; TEIXEIRA, S. G.; FONSECA, D. D. F. (org.). **Geodiversidade do Estado do Pará**. Belém: CPRM, 2013. (Programa Geologia do Brasil Levantamento da Geodiversidade).

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. de S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.21 n.3. p-519-534. 2016.

MENEZES, P. C.; BERTOSI, A. P. A.; SANTOS, A. R.; NEVES, M. A. Correlação entre uso da terra e qualidade da água subterrânea. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 173-186, 2014.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD). **Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA): estabelecimento das equações do índice de qualidade das águas (IQA)**. Belo Horizonte: SEMAD, 2005. (Relatório 1).

MOBUS, G. **Qualigraf**: programa para análise da qualidade da água. Fortaleza: FUNCENE – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Software-CD, 2002.

MOITA, R.; CUDO, K. Aspectos gerais da qualidade da água no Brasil. *In*: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E SAÚDE NO BRASIL, Brasília,DF. **Anais[...]** Brasília,DF: Ministério da Saúde, Secretaria do Meio Ambiente, 1991. p.1-6.

NASCIMENTO, S. A. M.; BARBOSA, J. S. F. Qualidade da água do aquífero freático no Alto Cristalino de Salvador, Bacia do Rio Lucaia, Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 4, p. 543-550, 2005.

NORUSIS, M. J. **SPSS base system user's guide**. Chicago: SPSS, 1990. 520p.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro; Guanabara, 1988.

OLIVEIRA FILHO, O. B. Q.; GALARZA, M. A. Investigação de mistura de águas entre o sistema Barreiras e Pirabas com base na assinatura Isotópica de Estrôncio (Sr) e Hidrogeoquímica em Ananindeua, Belém & Backgrounds comparativos nos Municípios de Benevides e Capanema (PA). *In*: WANKLER, F. L.; HOLANDA, E. C.; VASQUEZ, M. L. (org.). **Contribuições à geologia da Amazônia**. Belém: SBGeo-Núcleo Norte, 2013. v. 8, p. 177-198.

PACHÊCO, N. A.; BASTOS, T. X. **Boletim Agrometeorológico de 2004 para Igarapé-Açu, PA**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 216). 28 p.

PALÁCIO, H. A. Q. **Índice de qualidade das águas na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu, Ceará**. 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

PARÁ. Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Macrozoneamento ecológico-econômico do Estado do Pará/2004**: proposta para discussão. Belém, 2004.

PARRON, M.P., MUNIZ, D.H.F., PEREIRA, C.M., 2011. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas. ISSN 1980-3958, **Documentos 232**, Colombo – PR.

PESSOA, M. C. Y. *et al.* Avaliação do potencial de riscos de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos aplicados na cultura do maracujá-amarelo na microbacia hidrográfica do igarapé Cumaru, estado do Pará. *In*: GOMES, M. A. F; PESSOA, M. C. P. Y. (org.). **Planejamento ambiental do espaço rural com ênfase em microbacias hidrográficas**: manejo de recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental. Brasília, DF: Embrapa, 2010. p. 201-225.

PESTANA, M. H.; GAGEIRO, J. N. **Análise de dados para ciências sociais - a complementaridade do SPSS**. 1ª ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2005.

PROJETO TerraClass - 2014: mapeamento do uso e cobertura da terra na Amazônia Legal Brasileira. Brasília, DF: Embrapa; São José dos Campos: INPE, 2014. [37 p.]. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/TerraClass_2012.pdf. Acesso em 14/09/2017.

RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; KATO, O. R.; BRANCHER, T.; NASCIMENTO, E. A. P. Estoque de carbono e diversidade florística de vegetação de pousio em áreas submetidas aos sistemas de corte-e-queima e corte-e-trituração em Marapanim, Nordeste paraense. *In*:

CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 6.; CONGRESSO LATINO AMERICANO DE AGROECOLOGIA, 2., 2009, Curitiba. Agricultura familiar e camponesa experiências passadas e presentes construindo um futuro sustentável: **Anais [...]**. Curitiba: ABA: SOCLA, 2009. p. 01-04.

REIS, E. **Estatística multivariada**. Lisboa: Sílado, 2001.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Planaltina,DF: Embrapa Cerrados, 2002. (Documentos, 57).

ROCHA, T. S. **Avaliação da qualidade das águas dos poços tubulares da bacia do rio do peixe equipados com dessalinizadores, com vistas ao aproveitamento econômico dos sais de rejeito**. 94 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Universidade Federal da Bahia, 2008.

RODRIGUES, L. N. **Agricultura e recursos hídricos em bacias hidrográficas de diferentes biomas brasileiros**: Rede AgroHidro. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2010.

ROSA, M. B. S. da. **Dinâmica do carbono em pequenas bacias de drenagem sob uso de agricultura familiar na Amazônia Oriental**. 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

ROSÁRIO, U. **Saga do Caeté**: folclore, história, etnografia e jornalismo na cultura amazônica da Marujada, Zona Bragantina, Pará. Belém: CEJUP, 2000.

SÁ, T. D. A.; KATO, O. R.; CARVALHO, C. J. R.; FIGUEIREDO, R. O. Queimar ou não queimar? De como produzir na Amazônia sem queimar. **Revista USP**, v. 72, p. 90-97, 2007.

SILVA, A. A.; SOUSA FILHO, F. R.; CORTELETTI, J.; PINTO, W. S.; SILVEIRA, J. L.; SILVA, S. R. M.; KASPER, A.; MARQUES, U. M.; CAHETE, F. L. S. A historical dynamics of reproduction of agriculture in Igarapé-Açu (Northeast of the State of Pará): a study focusing on agrarian systems. *In* SHIFT-WORKSHOP, 3., Manaus-AM. **Proceedings [...]** Manaus: [s.n], 1999. p. 67-82.

SILVA, B. N. R.; SILVA, L. G. T.; RODRIGUES, T. E.; GERHARD, P. Solos das mesobacias hidrográficas dos igarapés São João e Cumaru, municípios de Marapanim e Igarapé Açu. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza-CE. **O Solo e a Produção de Bioenergia: Perspectivas e Desafios**: anais. Fortaleza – CE: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 01-05.

SILVA, I. R. da; COSTA, R. M. da; PEREIRA, L. C. C. Uso e ocupação em uma comunidade pesqueira na margem do estuário do Rio Caeté (PA, Brasil). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Editora UFPR, n. 13, p. 11-18, jan./jun. 2006.

SILVA, I. R. F. da; GALARZA, M. A. Caracterização hidrogeoquímica e isotópica ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) dos sistemas aquíferos Barreiras e Pirabas Superior nos municípios de Castanhal e Santa Maria do Para, Estado do Para. *In*: LIMA, A. M. M. de; GORAYEB, P. S. de S. **Contribuições à geologia da Amazônia**. Belém: SBGeo-Núcleo Norte, 2017. v.10, p. 83-98.

SILVA, M.G.M. *et al.* Variação espaço-temporal de carbono orgânico dissolvido em três pequenas bacias de drenagem na Amazônia Oriental. *In*: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu-MG. **Anais[...]**. Caxambu-MG: SBE, 2007. p. 01-03.

SILVA, V. C. da; BRIENZA JÚNIOR; S.; BARROS, S. C. T. de; BARBOSA, M. G.; DIAS; P. H. N.; CAMPOS, M. S. Qualidade da água superficial e subterrânea em três municípios do nordeste paraense. VI Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia. “Perspectivas e inovação para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental da Amazônia”. Belém-PA. Anais [...]. Trabalhos completos, volume I. 2017.

SIOLI, H. Tropical rivers as expressions of their terrestrial environments. *In*: GOLLEY, F.B.; MEDINA, E. (ed.). **Tropical ecological systems trends in terrestrial and aquatic research**. Berlin: Springer, 1975. p. 275-288.

SOARES, V.P.; MOREIRA, A. A.; RIBEIRO, C. A. A. S.; GLERIANI, J. M. Mapeamento das áreas de preservação permanente e dos fragmentos florestais naturais como subsídio à averbação de Reserva Legal em imóveis rurais. **Cerne**, v.17, n. 4, p. 555-561, 2011.

SOUZA, E. L. de. **Fatores controladores do quimismo de águas subterrâneas da região Nordeste do Pará**. 1996. 189 f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) – Universidade Federal do Pará, Belém – PA, 1996.

SOUZA FILHO, P.W.M.; EL-ROBRINI, M. Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfo-sedimentares da Planície Costeira Bragantina – Nordeste do Pará (Brasil). **Geonomos.**, Belo Horizonte, MG, Brasil, Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa, UFMG, v.4, n.2, p.1-16, 1996.

SOUZA, R. S. de; MENEZES, L. G. C. de; FELIZZOLA, J. F.; FIGUEIREDO, R. de O.; SÁ, T. D. de A.; GUERRA, G. A. D. Água e saúde no município de Igarapé-açu, Pará. **Saúde e Sociedade**, v. 25, n. 4, p. 1095-1107, 2016.

TAPIA-CORAL, S. C.; LUIZÃO, F. J.; WANDELLI, E.; SARRAZIN, M.; CHAVES, E.; FERNANDES, E. C. M. Carbono e nutrientes na camada de liteira em sistemas agrofloreais na Amazônia Centrais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., 2000, Manaus – AM. **Sistemas Agrofloreais: Manejando a Biodiversidade e Composto a Paisagem Rural**: resumos expandidos. Manaus-AM: Embrapa Aamzônia Oriental, 2000. p. 85-87.

TOLEDO, L. G. de; NICOLELLA, G. índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.1, p.181-186. jan./mar. 2002.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA - UNESCO. **Methodological guidelines for the integrated environmental evaluation of water resources development**. Paris: IHR – International Hydrological Programme, 1987. p.152.

VASCONCELOS, V. M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v.6, p.305-324, 2011.

VEIGA, J. E. Indicadores de sustentabilidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 68, n. 24, p. 39-52, 2010.

VIEIRA, T. A.; ROSA, L. dos S.; VASCONCELOS, P. C. S.; SANTOS, M. M. dos S.; MODESTO, R. da S. Sistemas agrofloreais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização florística, implantação e manejo. **Revista Acta Amazônica**, v. 37, n.4. p.549 – 558, 2007.

VILAR, R.R.L.; COSTA, F. de A. **Dinâmica do investimento em trabalho nas unidades agrícolas familiares com restrição de terra e abundância de trabalho, em Capitão Poço, Pará.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 15p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 47).

WATER SANITATION HEALTH- WHO. **Chemical hazards in drinking-water.** Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/. Acesso em 15/03/2016.

WICKEL, A. J. **Water and nutrient dynamics of a humid tropical watershed in Eastern Amazonia.** Unibonn: ZEF, 2004. 135 p. (Ecology and Development Series, 21).

APÊNDICE A - VARIÁVEIS ANALISADAS PARA TODO O PERÍODO DO ESTUDO, REFERENTES ÀS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA MICROBACIA DO IGARAPÉ CUMARU - ICU.

a. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, referentes à nascente da microbacia do igarapé Cumaru (NasC).

MÊS	Pp	Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	COD	NT	CID	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	25,46	7,35	4,89	27,00	0,00	4,81	1,84	0,05	0,14	0,42	0,23	0,65	0,59	1,34	2,98	0,74	0,00	1,09	121,00	12,00
mai/14	290,80	25,09	5,88	4,67	27,00	1,40	6,41	2,05	0,23	0,19	0,25	0,71	0,88	0,48	0,25	3,26	0,65	0,00	1,00	1,00	11,00
jun/14	258,10	25,25	4,08	4,66	28,00	0,00	5,74	2,14	0,24	0,71	0,28	1,51	1,98	0,86	0,10	4,49	1,02	0,00	1,65	20,00	11,00
jul/14	107,40	25,39	4,47	4,69	24,00	0,00	6,23	1,84	0,04	0,22	0,22	1,18	2,43	0,73	0,27	2,87	0,44	0,00	0,96	160,00	22,00
ago/14	93,10	25,24	1,62	4,78	25,00	0,00	4,81	1,15	0,00	0,50	0,33	0,02	0,52	0,76	0,37	2,67	0,02	0,00	1,14	19863,00	13,00
set/14	24,10	25,01	1,91	4,46	26,00	0,00	5,00	2,11	0,00	0,00	0,40	0,00	1,23	0,73	0,39	3,04	0,37	0,02	1,36	309,00	2,20
out/14	47,30	25,12	1,98	4,30	26,00	4,00	3,65	2,05	0,00	0,31	0,37	0,22	0,56	0,47	0,19	2,50	1,43	0,86	1,96	369,00	13,00
nov/14	7,40	25,45	1,22	4,74	28,00	0,00	4,29	1,62	0,00	0,00	0,04	0,00	0,77	0,75	0,22	2,71	0,72	0,00	1,11	187,20	17,00
dez/14	21,80	25,22	1,97	4,22	29,00	0,00	3,45	1,98	0,06	0,14	0,12	0,00	0,50	0,47	0,22	2,91	0,99	0,00	1,29	7940,00	14,00
jan/15	25,80	25,40	1,49	4,38	29,00	0,00	3,05	1,90	0,06	0,05	0,20	0,07	0,67	0,79	0,94	2,67	0,57	0,17	1,04	145,00	8,00
fev/15	122,00	25,54	1,40	4,28	29,00	0,00	3,64	1,53	0,09	0,24	0,23	0,00	0,56	0,61	1,02	2,65	0,54	0,00	1,23	110,00	10,00
mar/15	448,90	25,81	1,10	4,45	31,00	0,10	3,52	1,36	0,14	0,57	0,36	0,39	0,39	0,73	1,94	2,88	0,63	0,00	1,26	24,60	10,00
Máximo	552,80	25,81	7,35	4,89	31,00	4,00	6,41	2,14	0,24	0,71	0,42	1,51	2,43	0,86	1,94	4,49	1,43	0,86	1,96	19863,00	22,00
Mínimo	7,40	25,01	1,10	4,22	24,00	0,00	3,05	1,15	0,00	0,00	0,04	0,00	0,39	0,47	0,10	2,50	0,02	0,00	0,96	1,00	2,20
Média	166,63	25,33	2,87	4,54	27,42	0,46	4,55	1,80	0,08	0,26	0,27	0,36	0,93	0,66	0,60	2,97	0,68	0,09	1,26	2437,48	11,93
Desvio	181,96	0,22	2,07	0,22	1,98	1,19	1,14	0,32	0,09	0,23	0,12	0,51	0,64	0,14	0,58	0,52	0,36	0,25	0,29	5928,57	4,80

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); Vazão (L.s⁻¹); CE – Condutividade elétrica (µS.cm⁻¹); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions (mg.l⁻¹); COD – Carbono orgânico dissolvido (mg.l⁻¹); NT – Nitrogênio total (mg.l⁻¹); CID – Carbono inorgânico dissolvido (mg.l⁻¹); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio (mg.l⁻¹).

b. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na nascente da microbacia do igarapé Cumaru, para o período total do estudo (NasC).

		Pp	Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	COD	NT	CID	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																					
	Sig.																						
Temp.	C.C	,402	1,000																				
	Sig.	,195																					
Vazão	C.C	,371	-,363	1,000																			
	Sig.	,236	,246																				
pH	C.C	,375	,053	,407	1,000																		
	Sig.	,230	,871	,189																			
CE	C.C	,057	,514	-,545	-,524	1,000																	
	Sig.	,861	,088	,067	,080																		
Turb.	C.C	,303	-,229	,092	-,244	,005	1,000																
	Sig.	,339	,474	,777	,445	,989																	
OD	C.C	,333	-,380	,625*	,670*	-,679*	,014	1,000															
	Sig.	,290	,223	,030	,017	,015	,966																
Na ⁺	C.C	-,194	-,703*	,512	-,191	-,127	,093	,268	1,000														
	Sig.	,545	,011	,089	,551	,694	,774	,400															
NH ₄ ⁺	C.C	,555	,160	,242	-,046	,574	,129	,030	,258	1,000													
	Sig.	,061	,620	,449	,886	,051	,690	,925	,419														
K ⁺	C.C	,576	,060	,082	,073	-,045	,401	,205	-,167	,257	1,000												
	Sig.	,050	,854	,801	,823	,890	,196	,523	,604	,420													
Mg ²⁺	C.C	,483	-,078	,171	,150	-,234	,343	,106	,095	-,086	,375	1,000											
	Sig.	,112	,810	,596	,641	,465	,275	,744	,768	,790	,230												
Ca ²⁺	C.C	,643*	,059	,530	,273	-,121	,386	,467	,262	,443	,537	,249	1,000										
	Sig.	,024	,855	,076	,391	,707	,215	,126	,410	,149	,072	,435											
COD	C.C	-,018	-,313	,503	,411	-,459	-,245	,730**	,538	,015	-,218	-,130	,438	1,000									
	Sig.	,957	,322	,096	,184	,133	,444	,007	,071	,963	,496	,688	,154										
NT	C.C	-,036	,158	-,306	,392	-,024	-,505	,078	-,147	-,070	,152	,069	,110	,242	1,000								
	Sig.	,912	,625	,334	,208	,942	,094	,810	,648	,829	,638	,831	,733	,448									
CID	C.C	,389	,657*	-,339	,024	,253	-,108	-,351	-,596*	-,056	-,107	,389	-,202	-,425	,083	1,000							
	Sig.	,212	,020	,281	,942	,428	,739	,264	,041	,863	,741	,211	,529	,169	,799								
Cl ⁻	C.C	,416	-,201	,547	,443	-,061	-,084	,608*	,503	,537	,088	,166	,511	,505	,124	-,194	1,000						
	Sig.	,179	,532	,066	,149	,850	,795	,036	,096	,072	,785	,606	,089	,094	,700	,546							
NO ₃ ⁻	C.C	-,014	-,177	,294	-,278	,294	,395	-,181	,496	,396	,103	-,057	,272	-,046	-,430	-,556	,103	1,000					
	Sig.	,965	,583	,354	,381	,354	,204	,573	,101	,203	,751	,860	,392	,886	,163	,061	,751						
PO ₄ ³⁻	C.C	-,253	-,194	-,043	-,406	-,003	,388	-,467	,206	-,168	-,093	,168	,042	-,141	-,080	-,063	-,541	,329	1,000				
	Sig.	,428	,545	,894	,190	,993	,213	,126	,520	,601	,774	,603	,897	,663	,804	,846	,069	,296					
SO ₄ ²⁻	C.C	-,103	-,286	-,128	-,427	,126	,201	-,185	,377	-,058	,348	,489	-,078	-,220	-,082	-,219	-,025	,421	,120	1,000			
	Sig.	,750	,368	,692	,167	,697	,532	,564	,227	,859	,267	,107	,811	,493	,799	,494	,938	,173	,710				
COLIF.	C.C	-,713**	-,335	-,154	-,154	-,393	-,239	-,291	-,088	-,774**	-,270	-,054	-,643*	-,302	-,050	-,111	-,497	-,149	,215	,178	1,000		
	Sig.	,009	,288	,633	,634	,206	,455	,358	,785	,003	,396	,866	,024	,340	,876	,732	,100	,645	,502	,581			
DBO	C.C	-,228	,009	,264	,217	-,393	-,065	,168	-,197	-,376	,075	-,420	,057	,051	-,212	-,457	-,175	,221	-,127	-,170	,415	1,000	
	Sig.	,475	,978	,408	,498	,206	,842	,603	,539	,228	,817	,174	,861	,874	,509	,135	,586	,491	,694	,598	,180		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

c. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, referentes ao trecho médio da microbacia do igarapé Cumaru (TmC).

MÊS	Pp	Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	COD	NT	CID	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	24,95	149,65	5,45	22,00	7,10	6,66	1,88	0,05	0,43	0,60	0,52	2,92	0,60	0,47	3,07	0,59	0,00	0,77	256,00	6,30
mai/14	290,80	24,74	233,06	5,34	19,00	14,90	8,19	2,60	0,00	0,38	0,48	1,04	3,32	0,48	0,29	2,86	0,22	0,00	0,57	789,00	5,50
jun/14	258,10	24,74	101,40	5,56	21,00	8,40	8,36	2,21	0,07	0,42	0,33	1,61	2,50	0,79	0,40	4,80	0,72	0,00	1,34	480,00	9,40
jul/14	107,40	24,61	116,68	5,35	18,00	0,50	7,88	1,83	0,14	0,41	0,33	2,00	1,76	0,70	0,44	0,95	0,28	0,02	0,42	2310,00	4,90
ago/14	93,10	25,10	96,88	5,29	17,00	8,10	7,37	1,27	0,00	0,45	0,35	0,02	1,36	0,68	0,36	2,94	0,00	0,00	0,88	960,00	1,00
set/14	24,10	24,19	71,20	5,12	17,00	29,20	7,67	2,07	0,00	0,48	0,45	0,86	1,79	0,72	0,35	3,40	0,44	0,05	1,21	3654,00	1,00
out/14	47,30	24,13	18,44	5,30	19,00	8,60	7,09	2,32	0,00	0,59	0,66	0,66	1,22	0,41	0,40	2,87	0,40	0,01	1,05	1850,00	12,00
nov/14	7,40	24,41	33,00	5,31	20,00	0,00	8,06	1,94	0,00	0,31	0,18	0,30	1,38	0,75	0,43	2,98	0,07	0,00	1,09	3282,00	8,00
dez/14	21,80	24,29	29,18	5,28	24,00	1,80	6,98	2,33	0,08	0,41	0,37	0,47	1,22	0,43	0,40	3,20	0,55	0,00	1,37	1019,00	2,00
jan/15	25,80	24,95	39,87	5,95	21,00	0,00	7,36	2,30	0,02	0,37	0,43	0,54	1,40	0,70	0,73	3,02	0,33	0,00	1,27	5794,00	1,00
fev/15	122,00	24,62	48,93	5,51	23,00	0,50	7,79	1,77	0,02	0,52	0,36	0,31	1,65	0,60	0,94	3,30	0,10	0,06	1,28	880,00	12,00
mar/15	448,90	24,80	43,03	4,47	24,00	7,30	6,65	2,00	0,11	0,60	0,54	0,58	1,70	0,72	0,93	3,59	0,12	0,00	1,27	1333,00	12,00
Máximo	552,80	25,10	233,06	5,95	24,00	29,20	8,36	2,60	0,14	0,60	0,66	2,00	3,32	0,79	0,94	4,80	0,72	0,06	1,37	5794,00	12,00
Mínimo	7,40	24,13	18,44	4,47	17,00	0,00	6,65	1,27	0,00	0,31	0,18	0,02	1,22	0,41	0,29	0,95	0,00	0,00	0,42	256,00	1,00
Média	166,63	24,63	81,78	5,33	20,42	7,20	7,51	2,04	0,04	0,45	0,42	0,74	1,85	0,63	0,51	3,08	0,32	0,01	1,04	1883,92	6,26
Desvio	181,96	0,31	62,47	0,34	2,50	8,37	0,58	0,35	0,05	0,09	0,13	0,57	0,69	0,13	0,23	0,85	0,23	0,02	0,32	1631,85	4,42

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); Vazão (L.s⁻¹); CE – Condutividade elétrica (µS.cm⁻¹); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions (mg.l⁻¹); COD – Carbono orgânico dissolvido (mg.l⁻¹); NT – Nitrogênio total (mg.l⁻¹); CID – Carbono inorgânico dissolvido (mg.l⁻¹); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio (mg.l⁻¹).

d. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas no trecho médio da microbacia do igarapé Cumaru, para o período total do estudo (TmC).

		Pp	Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																					
	Sig.																						
Temp.	C.C	,551	1,000																				
	Sig.	,063																					
Vazão	C.C	,671*	,477	1,000																			
	Sig.	,017	,117																				
pH	C.C	,224	,333	,301	1,000																		
	Sig.	,484	,290	,342																			
CE	C.C	,254	,133	-,289	,109	1,000																	
	Sig.	,427	,681	,363	,736																		
Turb.	C.C	,260	-,181	,291	-,414	-,405	1,000																
	Sig.	,415	,573	,358	,181	,192																	
OD	C.C	-,048	-,339	,386	,241	-,316	,073	1,000															
	Sig.	,882	,281	,215	,450	,317	,822																
Na ⁺	C.C	-,168	-,354	-,245	-,070	,155	,340	-,097	1,000														
	Sig.	,602	,258	,443	,829	,631	,279	,765															
NH ₄ ⁺	C.C	,356	,052	,021	,110	,582*	-,316	-,172	-,075	1,000													
	Sig.	,256	,873	,947	,733	,047	,317	,593	,817														
K ⁺	C.C	,385	-,077	-,091	-,406	,067	,456	-,241	-,280	,174	1,000												
	Sig.	,217	,812	,779	,191	,836	,136	,450	,379	,588													
Mg ²⁺	C.C	,385	0,000	-,056	-,252	,180	,488	-,531	,413	-,043	,490	1,000											
	Sig.	,217	1,000	,863	,430	,577	,108	,076	,183	,895	,106												
Ca ²⁺	C.C	,308	-,246	,399	,140	-,239	,432	,386	,399	,320	,035	,140	1,000										
	Sig.	,331	,442	,199	,665	,454	,161	,215	,199	,310	,914	,665											
Cl ⁻	C.C	,133	,053	-,133	-,084	,535	,109	0,000	-,007	,260	,357	,056	-,056	1,000									
	Sig.	,681	,871	,681	,795	,073	,736	1,000	,983	,415	,255	,863	,863										
NO ₃ ⁻	C.C	,112	-,214	,091	,203	,204	,288	-,097	,476	,359	-,014	,315	,497	,357	1,000								
	Sig.	,729	,504	,779	,527	,524	,364	,765	,118	,251	,966	,319	,101	,255									
PO ₄ ³⁻	C.C	-,129	-,551	-,050	-,012	-,289	,104	,431	-,283	,011	,453	-,012	,225	-,037	-,050	1,000							
	Sig.	,690	,063	,878	,969	,362	,747	,162	,373	,974	,139	,969	,483	,908	,878								
SO ₄ ²⁻	C.C	-,287	-,137	-,538	,042	,613*	-,175	-,097	,238	,231	,063	-,126	-,224	,769**	,266	-,062	1,000						
	Sig.	,366	,672	,071	,897	,034	,585	,765	,457	,469	,846	,697	,484	,003	,404	,847							
COD	C.C	,678*	,281	,853**	,308	-,102	,347	,483	,007	,043	-,035	,147	,580*	,133	,287	,004	-,350	1,000					
	Sig.	,015	,377	,000	,331	,752	,269	,112	,983	,895	,914	,649	,048	,681	,366	,990	,265						
NT	C.C	0,000	,186	,161	,056	-,077	-,147	,386	-,308	,103	-,126	-,510	,175	,434	-,049	-,158	,133	,308	1,000				
	Sig.	1,000	,563	,618	,863	,811	,648	,215	,331	,750	,697	,090	,587	,159	,880	,624	,681	,331					
CID	C.C	,217	,211	-,266	,301	,620*	-,705*	-,241	-,392	,530	,210	,042	-,252	,196	-,168	,150	,210	-,147	,070	1,000			
	Sig.	,499	,511	,404	,342	,032	,010	,450	,208	,076	,513	,897	,430	,542	,602	,642	,513	,649	,829				
COLIF.	C.C	-,713**	-,372	-,545	-,224	-,303	-,284	0,000	,084	-,167	-,175	-,147	,021	-,168	-,217	,258	,042	-,413	,224	,105	1,000		
	Sig.	,009	,234	,067	,484	,339	,371	1,000	,795	,603	,587	,649	,948	,602	,499	,418	,897	,183	,484	,746			
DBO	C.C	,418	-,192	-,177	,064	,475	0,000	,098	-,028	,289	,454	,199	,064	,227	-,050	,139	,135	,050	-,007	,447	-,355	1,000	
	Sig.	,176	,550	,581	,844	,119	1,000	,762	,930	,363	,138	,536	,844	,478	,878	,666	,676	,878	,983	,145	,258		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

e. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, referentes a confluência da microbacia do igarapé Cumaru (ConC).

MÊS	Pp	Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	COD	NT	CID	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	24,86	401,13	5,25	22,00	6,10	6,95	1,86	0,11	0,66	0,56	0,51	2,98	0,59	0,49	4,10	0,22	0,10	0,98	464,00	4,20
mai/14	290,80	24,84	264,75	5,04	21,00	6,10	8,01	2,07	0,07	0,36	0,40	0,98	3,41	0,46	0,18	3,27	0,36	0,00	0,76	3063,00	5,50
jun/14	258,10	24,31	236,69	5,66	22,00	6,20	8,35	1,98	0,02	0,36	0,34	1,67	2,85	0,77	0,22	4,37	0,57	0,00	1,26	3255,00	9,20
jul/14	107,40	24,56	178,12	5,45	18,00	1,50	8,57	1,65	0,01	0,24	0,25	2,95	1,80	0,70	0,46	3,21	0,44	0,01	0,57	605,00	6,30
ago/14	93,10	25,13	177,12	5,28	18,00	6,80	8,23	0,70	0,13	0,18	0,26	1,22	1,24	0,68	0,33	1,76	0,50	0,00	0,89	530,00	70,00
set/14	24,10	24,40	128,13	5,13	19,00	0,00	6,99	2,31	0,00	0,53	0,56	1,15	1,79	0,74	0,46	3,34	0,18	0,06	1,26	1616,00	1,00
out/14	47,30	24,50	126,64	5,11	18,00	18,10	7,36	2,33	0,00	0,57	0,68	0,67	1,15	0,39	0,40	2,81	0,32	0,01	1,12	2909,00	80,00
nov/14	7,40	24,50	49,78	5,30	19,00	0,00	8,37	1,80	0,01	0,34	0,20	0,28	1,60	0,76	0,37	3,00	0,16	0,00	1,14	1785,00	2,00
dez/14	21,80	24,55	40,16	5,21	20,00	2,70	7,16	2,07	0,02	0,41	0,40	0,48	1,19	0,43	0,38	3,04	0,42	0,10	1,50	86,00	72,00
jan/15	25,80	25,01	72,84	5,24	22,00	0,00	6,77	2,16	0,00	0,40	0,44	0,50	1,26	0,69	0,66	2,95	0,19	0,00	1,10	5475,00	1,10
fev/15	122,00	24,71	63,57	5,26	21,00	9,40	7,02	1,64	0,03	0,56	0,41	0,33	1,55	0,58	0,85	3,18	0,26	0,00	1,36	203,00	4,00
mar/15	448,90	24,97	57,86	4,43	24,00	2,00	6,56	2,02	0,07	0,70	0,63	0,72	1,49	0,67	0,92	3,37	0,12	0,00	1,32	530,00	4,00
Máximo	552,80	25,13	401,13	5,66	24,00	18,10	8,57	2,33	0,13	0,70	0,68	2,95	3,41	0,77	0,92	4,37	0,57	0,10	1,50	5475,00	80,00
Mínimo	7,40	24,31	40,16	4,43	18,00	0,00	6,56	0,70	0,00	0,18	0,20	0,28	1,15	0,39	0,18	1,76	0,12	0,00	0,57	86,00	1,00
Média	166,63	24,70	149,73	5,20	20,33	4,91	7,53	1,88	0,04	0,44	0,43	0,96	1,86	0,62	0,48	3,20	0,31	0,02	1,11	1710,08	21,61
Desvio	181,96	0,26	108,84	0,29	1,97	5,22	0,72	0,44	0,04	0,16	0,16	0,75	0,78	0,13	0,23	0,65	0,15	0,04	0,27	1660,00	31,75

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); Vazão (L.s⁻¹); CE – Condutividade elétrica (µS.cm⁻¹); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions (mg.l⁻¹); COD – Carbono orgânico dissolvido (mg.l⁻¹); NT – Nitrogênio total (mg.l⁻¹); CID – Carbono inorgânico dissolvido (mg.l⁻¹); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio (mg.l⁻¹).

f. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na confluência da microbacia do igarapé Cumaru, para o período total do estudo (ConC).

		Pp	Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																					
	Sig.																						
Temp.	C.C	,357	1,000																				
	Sig.	,254																					
Vazão	C.C	,615*	,063	1,000																			
	Sig.	,033	,846																				
pH	C.C	-,126	-,221	,182	1,000																		
	Sig.	,697	,491	,572																			
CE	C.C	,541	,237	,028	-,221	1,000																	
	Sig.	,069	,458	,930	,491																		
Turb.	C.C	,409	,039	,258	,011	-,124	1,000																
	Sig.	,187	,905	,419	,974	,701																	
OD	C.C	-,238	-,406	,196	,650*	-,626*	,123	1,000															
	Sig.	,457	,190	,542	,022	,029	,702																
Na ⁺	C.C	-,210	-,294	-,063	-,678*	,121	-,190	-,406	1,000														
	Sig.	,513	,353	,846	,015	,708	,553	,191															
NH ₄ ⁺	C.C	,599*	,547	,275	-,014	,254	,409	-,042	-,570	1,000													
	Sig.	,040	,066	,388	,965	,425	,187	,896	,053														
K ⁺	C.C	,343	-,011	-,168	-,587*	,513	,166	-,790**	,413	-,028	1,000												
	Sig.	,276	,974	,602	,045	,088	,607	,002	,183	,931													
Mg ²⁺	C.C	,308	,119	-,007	-,732**	,362	,200	-,813**	,613*	-,123	,900**	1,000											
	Sig.	,330	,712	,983	,007	,248	,534	,001	,034	,702	,000												
Ca ²⁺	C.C	,343	-,067	,643*	,168	-,206	,088	,336	-,042	,035	-,343	-,151	1,000										
	Sig.	,276	,837	,024	,602	,520	,785	,286	,897	,913	,276	,640											
Cl ⁻	C.C	,622*	-,273	,427	-,007	,616*	-,116	-,189	,035	,190	,364	,172	,308	1,000									
	Sig.	,031	,390	,167	,983	,033	,719	,557	,914	,554	,245	,594	,331										
NO ₃ ⁻	C.C	,112	-,109	,434	,476	-,338	,533	,608*	-,287	,211	-,531	-,452	,538	-,077	1,000								
	Sig.	,729	,737	,159	,118	,282	,075	,036	,366	,510	,075	,140	,071	,812									
PO ₄ ³⁻	C.C	-,094	-,250	,148	-,101	-,222	-,102	-,133	,234	-,141	,312	,277	,031	,195	,031	1,000							
	Sig.	,772	,433	,646	,754	,487	,752	,681	,464	,661	,324	,383	,923	,544	,923								
SO ₄ ²⁻	C.C	-,210	-,354	-,678*	-,147	,356	,056	-,364	,119	-,099	,510	,245	-,469	,168	-,252	-,016	1,000						
	Sig.	,513	,259	,015	,649	,256	,862	,245	,713	,760	,090	,442	,124	,602	,430	,962							
COD	C.C	,524	-,154	,692*	,224	,310	-,180	,196	-,161	,239	-,140	-,231	,322	,741**	,049	,031	-,364	1,000					
	Sig.	,080	,632	,013	,484	,327	,576	,542	,618	,454	,665	,470	,308	,006	,880	,923	,245						
NT	C.C	-,168	-,280	,119	,622*	,057	-,543	,315	-,259	-,261	-,434	-,501	,329	,280	-,056	-,250	-,084	,378	1,000				
	Sig.	,602	,378	,713	,031	,860	,068	,319	,417	,413	,159	,097	,297	,379	,863	,434	,795	,226					
CID	C.C	,196	,343	-,308	-,224	,359	-,190	-,685*	-,021	-,148	,636*	,539	-,294	,105	-,580*	,140	,259	-,203	-,112	1,000			
	Sig.	,542	,275	,331	,484	,251	,553	,014	,948	,646	,026	,070	,354	,746	,048	,663	,417	,527	,729				
COLIF.	C.C	-,095	-,207	,284	,035	,068	-,205	,196	,469	-,497	-,291	-,060	,263	-,032	,021	-,437	-,361	,203	,389	-,354	1,000		
	Sig.	,770	,519	,372	,914	,834	,523	,541	,124	,100	,359	,854	,409	,923	,948	,155	,249	,527	,212	,259			
DBO	C.C	,095	-,084	,151	,088	-,376	,689*	,427	-,074	,236	-,151	-,091	,277	-,231	,760**	,187	-,088	-,312	-,476	-,452	-,167	1,000	
	Sig.	,770	,795	,640	,787	,228	,013	,166	,820	,460	,640	,778	,384	,470	,004	,560	,787	,324	,117	,140	,605		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

APÊNDICE B - VARIÁVEIS ANALISADAS PARA TODO O PERÍODO DO ESTUDO, REFERENTES ÀS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA MICROBACIA DO IGARAPÉ SÃO JOÃO - ISJ.

a. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, referentes à nascente da microbacia do igarapé São João (NasSJ).

MÊS	Pp	Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	COD	NT	CID	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	25,16	3,24	4,73	27,00	22,00	5,76	1,81	0,02	0,19	0,44	0,17	0,10	0,65	2,62	2,99	0,91	0,00	1,07	145,00	21,00
mai/14	290,80	25,22	3,15	4,15	30,00	12,60	5,87	2,76	0,01	0,40	0,40	0,27	0,24	0,43	0,28	3,04	0,42	0,00	0,95	41,00	25,00
jun/14	258,10	25,43	2,10	4,56	34,00	0,00	5,98	1,85	0,03	0,51	0,26	1,05	0,68	0,78	0,09	4,07	0,86	0,00	1,93	52,00	19,00
jul/14	107,40	25,80	2,24	4,51	29,00	0,00	6,07	1,81	0,01	0,20	0,22	0,97	0,25	0,68	0,52	3,48	0,58	0,00	0,81	31,00	12,00
ago/14	93,10	25,85	3,50	4,89	28,00	0,00	5,49	1,33	0,09	0,39	0,25	2,11	0,19	0,70	0,22	2,15	0,41	0,00	0,95	85,00	17,00
set/14	24,10	25,44	4,30	4,30	29,00	0,00	5,59	2,30	0,01	0,53	0,44	0,00	0,69	0,58	0,26	3,46	0,49	0,00	1,38	211,00	25,00
out/14	47,30	25,70	4,50	4,35	29,00	5,00	5,66	2,05	0,01	0,49	0,47	0,24	0,32	0,46	0,45	2,59	0,77	0,07	1,15	63,00	1,00
nov/14	7,40	26,09	3,00	4,44	30,00	0,00	5,82	1,79	0,03	0,34	0,07	0,00	0,51	0,71	0,25	2,98	0,09	0,00	1,09	149,70	32,00
dez/14	21,80	25,27	4,37	4,28	32,00	0,00	5,01	2,16	0,01	0,38	0,21	0,04	0,53	0,67	0,34	3,03	0,38	0,00	1,33	27,80	19,00
jan/15	25,80	25,41	3,10	4,35	31,00	0,00	4,58	1,37	0,00	0,23	0,24	0,07	0,44	0,73	0,78	2,77	0,00	0,00	1,00	52,00	1,20
fev/15	122,00	25,56	3,97	4,23	31,00	0,00	4,73	1,45	0,04	0,40	0,22	0,00	0,49	0,66	2,27	2,59	0,00	0,00	1,12	31,00	1,00
mar/15	448,90	25,28	3,84	4,30	31,00	0,00	4,51	1,77	0,05	0,58	0,50	0,45	0,24	0,76	0,98	2,99	0,80	0,00	1,15	3,10	1,00
Máximo	552,80	26,09	4,50	4,89	34,00	22,00	6,07	2,76	0,09	0,58	0,50	2,11	0,69	0,78	2,62	4,07	0,91	0,07	1,93	211,00	32,00
Mínimo	7,40	25,16	2,10	4,15	27,00	0,00	4,51	1,33	0,00	0,19	0,07	0,00	0,10	0,43	0,09	2,15	0,00	0,00	0,81	3,10	1,00
Média	166,63	25,52	3,44	4,42	30,08	3,30	5,42	1,87	0,03	0,39	0,31	0,45	0,39	0,65	0,76	3,01	0,48	0,01	1,16	74,30	14,52
Desvio	181,96	0,29	0,79	0,22	1,88	6,99	0,56	0,41	0,02	0,13	0,13	0,64	0,19	0,11	0,83	0,50	0,32	0,02	0,29	62,30	11,06

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); Vazão (L.s⁻¹); CE – Condutividade elétrica (µS.cm⁻¹); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions (mg.l⁻¹); COD – Carbono orgânico dissolvido (mg.l⁻¹); NT – Nitrogênio total (mg.l⁻¹); CID – Carbono inorgânico dissolvido (mg.l⁻¹); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio (mg.l⁻¹).

b. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na nascente da microbacia do igarapé São João (NasSJ), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	COD	NT	CID	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																					
	Sig.																						
Temp.	C.C	-,510	1,000																				
	Sig.	,090																					
Vazão	C.C	-,203	-,119	1,000																			
	Sig.	,527	,713																				
pH	C.C	,081	,347	-,449	1,000																		
	Sig.	,803	,269	,143																			
CE	C.C	-,103	-,220	-,121	-,453	1,000																	
	Sig.	,750	,491	,708	,139																		
Turb.	C.C	,477	-,486	,138	-,014	-,476	1,000																
	Sig.	,117	,109	,670	,966	,118																	
OD	C.C	,073	,073	-,318	,221	-,373	,482	1,000															
	Sig.	,821	,821	,313	,490	,232	,113																
Na ⁺	C.C	-,046	-,382	,210	-,408	,036	,418	,613*	1,000														
	Sig.	,888	,221	,512	,188	,913	,176	,034															
NH ₄ ⁺	C.C	,476	,217	-,105	,256	-,014	-,064	-,220	-,466	1,000													
	Sig.	,118	,499	,746	,422	,965	,843	,491	,127														
K ⁺	C.C	,119	-,028	,357	-,389	,320	-,156	-,024	,291	,259	1,000												
	Sig.	,713	,931	,255	,211	,311	,628	,940	,359	,417													
Mg ²⁺	C.C	,524	-,364	,357	-,042	-,259	,450	,171	,231	,119	,615*	1,000											
	Sig.	,080	,245	,255	,897	,416	,142	,594	,470	,713	,033												
Ca ²⁺	C.C	,507	,021	-,366	,498	-,114	,074	,025	-,141	,401	,106	,268	1,000										
	Sig.	,092	,948	,242	,099	,723	,819	,939	,662	,196	,744	,400											
COD	C.C	-,615*	,203	,070	-,277	,576	-,569	,073	,301	-,364	,329	-,280	-,500	1,000									
	Sig.	,033	,527	,829	,383	,050	,053	,821	,341	,245	,297	,379	,098										
NT	C.C	-,021	,196	-,531	,407	,497	-,670*	-,367	-,592*	,322	,007	-,245	,310	,182	1,000								
	Sig.	,948	,542	,075	,189	,100	,017	,240	,043	,308	,983	,443	,327	,572									
CID	C.C	,420	-,413	,245	-,232	-,107	,294	-,269	-,238	-,098	-,308	,175	-,254	-,399	-,182	1,000							
	Sig.	,175	,183	,443	,469	,742	,354	,397	,456	,762	,331	,587	,427	,199	,572								
Cl ⁻	C.C	,147	-,315	-,392	-,077	,263	-,055	,514	,648*	-,329	,182	,056	,176	,350	,077	-,252	1,000						
	Sig.	,649	,319	,208	,812	,409	,865	,087	,023	,297	,572	,863	,584	,265	,812	,430							
NO ₃ ⁻	C.C	,609*	-,312	-,088	,399	-,267	,441	,515	,340	,179	,238	,655*	,519	-,270	-,018	,042	,469	1,000					
	Sig.	,035	,324	,787	,199	,402	,151	,087	,279	,579	,456	,021	,084	,397	,957	,897	,124						
PO ₄ ³⁻	C.C	-,131	,218	,480	0,000	-,222	,401	,255	,219	-,131	,218	,393	,044	-,044	-,393	,044	-,306	,219	1,000				
	Sig.	,685	,495	,114	1,000	,488	,196	,424	,495	,685	,495	,206	,892	,893	,206	,893	,334	,495					
SO ₄ ²⁻	C.C	-,168	-,140	,371	-,175	,497	-,275	-,024	,301	,007	,629*	,273	-,268	,706*	,189	-,210	,252	,235	,131	1,000			
	Sig.	,602	,665	,236	,585	,100	,386	,940	,341	,983	,028	,391	,400	,010	,557	,513	,430	,463	,685				
COLIF.	C.C	-,309	,312	-,063	,467	-,585*	,212	,516	,058	-,112	-,119	,102	-,240	,095	-,218	-,375	-,151	,067	,131	,021	1,000		
	Sig.	,329	,323	,845	,126	,046	,509	,086	,858	,728	,712	,753	,452	,770	,497	,229	,640	,837	,684	,948			
DBO	C.C	-,233	-,099	-,307	,087	-,181	,176	,544	,471	-,184	-,170	-,230	-,238	,184	-,191	-,509	,406	,021	-,397	-,011	,566	1,000	
	Sig.	,466	,760	,331	,788	,573	,584	,067	,122	,568	,598	,473	,455	,568	,552	,091	,190	,948	,201	,974	,055		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05.

c. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, referentes ao trecho médio da microbacia do igarapé São João (TmSJ).

MÊS	Pp	Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	COD	NT	CID	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	26,21	128,96	5,49	18,00	12,30	7,16	1,84	0,03	0,62	0,56	0,41	1,06	0,81	0,49	3,60	0,70	0,00	1,12	1664,00	15,00
mai/14	290,80	24,59	175,10	5,03	19,00	18,20	7,39	1,80	0,07	0,42	0,44	0,74	1,65	0,53	0,20	2,05	0,48	0,00	0,59	629,00	1,00
jun/14	258,10	25,59	136,64	5,25	23,00	3,50	6,90	1,83	0,00	0,45	0,34	1,25	1,46	0,89	0,35	3,98	0,93	0,00	1,57	537,00	9,20
jul/14	107,40	24,42	128,79	5,18	19,00	0,00	6,65	1,86	0,09	0,37	0,31	1,42	0,74	0,86	0,33	4,25	0,63	0,01	0,81	364,00	7,50
ago/14	93,10	24,62	83,23	5,28	20,00	0,00	6,00	1,78	0,00	0,23	0,09	0,73	0,69	0,83	0,29	1,74	0,41	0,00	0,68	161,00	1,00
set/14	24,10	25,61	122,91	4,83	20,00	0,00	7,24	2,20	0,02	0,55	0,55	0,74	0,82	0,51	0,19	3,24	1,03	0,00	1,24	1670,00	7,50
out/14	47,30	24,03	89,13	4,73	19,00	7,90	6,68	2,36	0,00	0,67	0,65	0,40	0,75	0,48	0,25	2,78	1,00	0,01	1,06	345,00	25,00
nov/14	7,40	26,31	108,23	4,95	19,00	0,00	6,94	1,82	0,06	0,37	0,18	0,04	0,82	0,80	0,24	2,90	1,00	0,00	1,01	323,00	9,00
dez/14	21,80	24,32	96,40	4,71	19,00	6,10	6,38	2,14	0,03	0,34	0,31	0,15	0,74	0,50	0,35	2,94	0,76	0,00	1,53	275,00	2,70
jan/15	25,80	24,99	93,94	5,05	20,00	0,00	5,74	1,91	0,50	0,26	0,40	0,24	0,81	0,75	0,44	2,70	0,29	0,00	0,89	1314,00	1,10
fev/15	122,00	26,21	88,18	4,69	22,00	0,00	6,32	1,68	0,00	0,44	0,27	0,01	1,07	0,66	0,91	2,88	0,24	0,00	1,09	161,00	7,00
mar/15	448,90	25,69	101,08	2,52	22,00	2,40	6,36	1,00	0,04	0,22	0,26	0,14	0,72	0,73	0,42	3,06	0,66	0,00	1,08	1119900,00	7,00
Máximo	552,80	26,31	175,10	5,49	23,00	18,20	7,39	2,36	0,50	0,67	0,65	1,42	1,65	0,89	0,91	4,25	1,03	0,01	1,57	1119900,00	25,00
Mínimo	7,40	24,03	83,23	2,52	18,00	0,00	5,74	1,00	0,00	0,22	0,09	0,01	0,69	0,48	0,19	1,74	0,24	0,00	0,59	161,00	1,00
Média	166,63	25,22	112,71	4,81	20,00	4,20	6,65	1,85	0,07	0,41	0,36	0,52	0,94	0,70	0,37	3,01	0,68	0,00	1,06	93945,25	7,75
Desvio	181,96	0,82	26,79	0,76	1,54	5,94	0,51	0,33	0,14	0,15	0,16	0,46	0,31	0,15	0,20	0,71	0,28	0,00	0,30	323092,44	6,85

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); Vazão (L.s⁻¹); CE – Condutividade elétrica (µS.cm⁻¹); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions (mg.l⁻¹); COD – Carbono orgânico dissolvido (mg.l⁻¹); NT – Nitrogênio total (mg.l⁻¹); CID – Carbono inorgânico dissolvido (mg.l⁻¹); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio (mg.l⁻¹).

d. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas no trecho médio da microbacia do igarapé São João (TmSJ), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	COD	NT	CID	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																					
	Sig.																						
Temp.	C.C	,175	1,000																				
	Sig.	,586																					
Vazão	C.C	,385	,105	1,000																			
	Sig.	,217	,745																				
pH	C.C	,224	-,007	,350	1,000																		
	Sig.	,484	,983	,265																			
CE	C.C	,121	,236	-,242	-,260	1,000																	
	Sig.	,708	,459	,449	,415																		
Turb.	C.C	,474	-,305	,452	,049	-,420	1,000																
	Sig.	,120	,336	,141	,881	,174																	
OD	C.C	,126	,116	,783**	,161	-,436	,493	1,000															
	Sig.	,697	,721	,003	,618	,157	,104																
Na ⁺	C.C	-,517	-,508	,049	,070	-,414	,119	,224	1,000														
	Sig.	,085	,092	,880	,829	,181	,712	,484															
NH ₄ ⁺	C.C	-,056	-,053	,359	,063	-,435	-,004	,092	,113	1,000													
	Sig.	,862	,870	,252	,845	,158	,991	,777	,727														
K ⁺	C.C	,140	-,011	,329	,147	-,275	,388	,622*	,483	-,317	1,000												
	Sig.	,665	,974	,297	,649	,388	,212	,031	,112	,316													
Mg ²⁺	C.C	,175	-,284	,392	,161	-,370	,541	,517	,671*	,113	,776**	1,000											
	Sig.	,587	,372	,208	,618	,237	,069	,085	,017	,727	,003												
Ca ²⁺	C.C	,252	-,441	,587*	,636*	-,102	,183	,406	,273	,063	,287	,392	1,000										
	Sig.	,430	,151	,045	,026	,751	,569	,191	,391	,845	,366	,208											
COD	C.C	,294	,333	,587*	,161	,029	,306	,601*	-,042	-,049	,615*	,455	,189	1,000									
	Sig.	,354	,291	,045	,618	,928	,333	,039	,897	,033	,138	,557											
NT	C.C	,322	,308	,273	,720**	,187	-,299	-,133	-,378	,042	-,203	-,350	,385	,021	1,000								
	Sig.	,308	,330	,391	,008	,561	,346	,681	,226	,896	,527	,265	,217	,948									
CID	C.C	,448	,312	-,224	,007	,267	-,019	-,559	-,308	-,085	-,126	-,119	-,378	,007	,287	1,000							
	Sig.	,145	,324	,484	,983	,401	,954	,059	,331	,794	,697	,713	,226	,983	,366								
Cl ⁻	C.C	,203	,200	,545	,112	-,004	0,000	,315	,196	,042	,301	,168	,315	,112	,364	,182	1,000						
	Sig.	,527	,534	,067	,729	,991	1,000	,319	,542	,896	,342	,602	,319	,729	,245	,572							
NO ₃ ⁻	C.C	-,378	,042	,329	-,091	-,223	,172	,622*	,517	-,127	,434	,294	,112	,049	-,210	-,545	,434	1,000					
	Sig.	,226	,897	,297	,779	,485	,594	,031	,085	,695	,159	,354	,729	,880	,513	,067	,159						
PO ₄ ³⁻	C.C	-,054	-,571	-,032	,027	-,338	-,003	-,005	,430	,168	,290	,290	,355	-,263	-,011	-,183	,237	,102	1,000				
	Sig.	,868	,053	,921	,934	,283	,993	,987	,163	,602	,360	,360	,258	,408	,974	,570	,459	,752					
SO ₄ ²⁻	C.C	-,028	,235	,126	-,217	,260	,149	,147	,266	-,479	,371	,189	-,147	,196	-,119	,301	,587*	,490	-,274	1,000			
	Sig.	,931	,463	,697	,499	,415	,643	,649	,404	,115	,236	,557	,649	,542	,713	,342	,045	,106	,389				
COLIF.	C.C	,385	,205	,550	,032	,035	,236	,368	,116	,437	,098	,480	,249	,172	-,011	-,011	,378	,238	-,124	,147	1,000		
	Sig.	,216	,522	,064	,923	,914	,461	,240	,721	,155	,762	,114	,436	,594	,974	,974	,225	,456	,701	,648			
DBO	C.C	,053	,195	,246	,081	-,210	,191	,408	,390	-,198	,710**	,446	,053	,214	,081	,039	,601*	,657*	,397	,489	,169	1,000	
	Sig.	,871	,543	,441	,803	,513	,551	,188	,210	,537	,010	,146	,871	,503	,803	,905	,039	,020	,201	,107	,600		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

e. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, referentes ao balneário da microbacia do igarapé São João (BaSJ).

MÊS	Pp	Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	COD	NT	CID	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COLIF. TERMO.	DBO
abr/14	552,80	26,14	121,11	5,52	24,00	0,60	4,71	1,84	0,20	0,31	0,70	0,90	2,19	0,62	1,27	3,41	0,16	0,00	0,81	1354,00	4,50
mai/14	290,80	24,83	117,55	5,60	24,00	2,30	5,17	1,76	0,02	0,60	0,45	1,57	3,14	0,62	0,35	2,40	0,16	0,00	0,44	629,00	5,00
jun/14	258,10	25,49	92,72	5,69	24,00	7,70	5,46	1,79	0,00	0,48	0,38	1,89	2,29	0,76	0,55	4,00	0,44	0,00	1,54	228,00	13,00
jul/14	107,40	24,14	55,28	5,32	20,00	0,00	4,80	2,07	0,08	0,32	0,37	2,66	1,60	0,67	0,57	3,98	0,58	0,10	0,97	1153,00	1,30
ago/14	93,10	24,51	51,83	5,86	20,00	1,10	4,56	1,55	0,09	0,30	0,09	0,89	1,35	0,69	0,57	1,76	0,29	0,05	0,38	583,00	5,20
set/14	24,10	26,31	40,68	5,27	19,00	4,00	5,73	2,35	0,00	0,51	0,58	1,44	1,38	0,39	0,54	3,45	0,06	0,00	1,26	10462,00	9,80
out/14	47,30	24,20	23,80	5,55	23,00	10,50	4,65	2,51	0,01	2,30	0,79	0,87	1,53	0,39	0,81	3,18	0,15	0,70	1,19	2909,00	23,00
nov/14	7,40	27,56	25,45	5,45	21,00	0,00	6,04	1,94	0,01	0,28	0,28	0,44	1,18	0,65	0,48	3,10	0,01	0,00	1,17	3076,00	5,00
dez/14	21,80	24,86	28,61	5,29	23,00	0,00	4,27	2,27	0,03	0,25	0,44	0,61	1,04	0,39	0,50	3,29	0,18	0,00	1,23	135,00	5,90
jan/15	25,80	24,85	21,56	5,84	21,00	3,10	3,96	2,39	0,00	0,25	0,53	0,71	1,40	0,65	1,21	2,92	0,00	0,00	1,06	1224,00	1,00
fev/15	122,00	26,55	23,38	5,74	26,00	0,00	4,95	1,85	0,07	0,47	0,47	0,48	1,88	0,61	1,16	3,50	0,10	0,00	1,36	233,00	5,00
mar/15	448,90	26,12	28,73	5,30	23,00	13,40	4,31	1,01	0,05	0,04	0,21	0,16	2,05	0,68	0,91	2,57	0,07	0,00	0,93	19863,00	5,00
Máximo	552,80	27,56	121,11	5,86	26,00	13,40	6,04	2,51	0,20	2,30	0,79	2,66	3,14	0,76	1,27	4,00	0,58	0,70	1,54	19863,00	23,00
Mínimo	7,40	24,14	21,56	5,27	19,00	0,00	3,96	1,01	0,00	0,04	0,09	0,16	1,04	0,39	0,35	1,76	0,00	0,00	0,38	135,00	1,00
Média	166,63	25,46	52,56	5,54	22,33	3,56	4,88	1,94	0,05	0,51	0,44	1,05	1,75	0,59	0,74	3,13	0,18	0,07	1,03	3487,42	6,98
Desvio	181,96	1,07	37,18	0,21	2,10	4,57	0,62	0,42	0,06	0,58	0,20	0,71	0,59	0,13	0,32	0,65	0,17	0,20	0,35	5889,07	5,99

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); Vazão (L.s⁻¹); CE – Condutividade elétrica (µS.cm⁻¹); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions (mg.l⁻¹); COD – Carbono orgânico dissolvido (mg.l⁻¹); NT – Nitrogênio total (mg.l⁻¹); CID – Carbono inorgânico dissolvido (mg.l⁻¹); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio (mg.l⁻¹).

f. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas no balneário da microbacia do igarapé São João (BalSJ), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	COD	NT	CID	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																					
	Sig.																						
Temp.	C.C	-,077	1,000																				
	Sig.	,812																					
Vazão	C.C	,587*	-,161	1,000																			
	Sig.	,045	,618																				
pH	C.C	,210	-,231	-,126	1,000																		
	Sig.	,513	,471	,697																			
CE	C.C	,591*	,238	,121	,285	1,000																	
	Sig.	,043	,455	,708	,370																		
Turb.	C.C	,285	-,164	,028	,025	-,007	1,000																
	Sig.	,370	,611	,930	,939	,982																	
OD	C.C	-,049	,455	,308	-,161	,043	-,139	1,000															
	Sig.	,880	,138	,331	,618	,895	,667																
Na ⁺	C.C	-,664*	-,119	-,545	-,210	-,320	-,085	-,084	1,000														
	Sig.	,018	,713	,067	,513	,310	,792	,795															
NH ₄ ⁺	C.C	,479	-,176	,345	,070	,161	-,423	-,282	-,451	1,000													
	Sig.	,115	,584	,272	,828	,617	,171	,375	,141														
K ⁺	C.C	,140	-,203	,252	,140	,182	,217	,552	,210	-,211	1,000												
	Sig.	,665	,527	,430	,665	,572	,498	,063	,513	,510													
Mg ²⁺	C.C	,007	,049	-,133	-,042	,253	,167	,007	,636*	-,225	,524	1,000											
	Sig.	,983	,880	,681	,897	,428	,603	,983	,026	,481	,080												
Ca ²⁺	C.C	,252	-,483	,692*	,063	-,114	,046	,322	,021	-,021	,608*	,168	1,000										
	Sig.	,430	,112	,013	,846	,724	,886	,308	,948	,948	,036	,602											
COD	C.C	,895**	-,063	,531	,224	,651*	,356	,196	-,476	,120	,406	,168	,399	1,000									
	Sig.	,000	,846	,075	,484	,022	,256	,542	,118	,711	,191	,602	,199										
NT	C.C	,375	-,193	,284	,427	-,039	,159	-,067	-,609*	,155	-,319	-,694*	,123	,277	1,000								
	Sig.	,230	,549	,372	,166	,904	,622	,837	,035	,630	,313	,012	,704	,384									
CID	C.C	,420	0,000	-,217	,294	,199	,149	-,497	,077	,352	-,196	,336	-,182	,238	,144	1,000							
	Sig.	,175	1,000	,499	,354	,535	,643	,101	,812	,262	,542	,286	,572	,457	,656								
Cl ⁻	C.C	,035	,203	,112	-,252	,174	-,210	,392	,308	-,106	,308	,287	,392	,175	-,116	,140	1,000						
	Sig.	,914	,527	,729	,430	,588	,512	,208	,331	,744	,331	,366	,208	,587	,721	,665							
NO ₃ ⁻	C.C	,343	-,531	,636*	,070	,125	-,206	-,028	-,308	,486	,182	-,266	,622*	,238	,333	-,119	,329	1,000					
	Sig.	,276	,075	,026	,829	,700	,520	,931	,331	,109	,572	,404	,031	,457	,291	,713	,297						
PO ₄ ³⁻	C.C	-,092	-,753**	-,018	,147	-,378	,047	-,184	,229	,305	,312	-,037	,294	-,165	,120	-,037	,431	1,000					
	Sig.	,777	,005	,955	,649	,225	,885	,568	,473	,335	,323	,910	,354	,608	,711	,755	,910	,161					
SO ₄ ²⁻	C.C	-,357	,399	-,399	-,182	,182	,014	,322	,462	-,563	,231	,294	-,063	-,126	-,319	-,077	,720**	-,119	-,239	1,000			
	Sig.	,255	,199	,199	,572	,572	,965	,308	,131	,056	,471	,354	,846	,697	,313	,812	,008	,713	,455				
COLIF.	C.C	-,021	,245	-,112	-,420	-,388	,427	,133	,112	-,155	-,049	,133	-,266	-,035	-,088	,168	-,245	-,615*	,018	-,217	1,000		
	Sig.	,948	,443	,729	,175	,213	,166	,681	,729	,631	,880	,681	,404	,914	,787	,602	,443	,033	,955	,499			
DBO	C.C	-,235	-,011	-,004	-,142	,027	,402	,228	,096	-,341	,434	,100	,064	-,153	-,241	-,420	,128	,178	,178	,477	-,128	1,000	
	Sig.	,462	,974	,991	,659	,933	,195	,476	,766	,279	,158	,758	,843	,635	,451	,174	,691	,580	,581	,117	,691		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

g. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, referentes à confluência da microbacia do igarapé São João (ConSJ).

MÊS	Pp	Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	COD	NT	CID	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	24,54	249,52	5,72	21,00	13,70	6,31	1,69	0,04	0,41	0,68	0,74	2,40	0,62	0,53	3,03	0,36	0,00	0,73	548,00	5,10
mai/14	290,80	24,72	520,22	5,38	20,00	108,00	6,24	1,04	0,26	0,43	0,21	2,31	3,65	0,62	0,28	2,81	0,30	0,00	1,11	2046,00	6,80
jun/14	258,10	24,63	232,15	5,96	23,00	0,00	6,84	1,92	0,00	0,31	0,42	2,06	2,25	0,81	0,62	3,95	0,41	0,00	0,95	605,00	9,20
jul/14	107,40	24,44	183,24	5,38	20,00	0,00	6,17	1,89	0,04	0,38	0,38	2,29	1,72	0,70	0,69	4,23	0,53	0,01	0,54	581,00	1,10
ago/14	93,10	24,55	175,91	5,91	20,00	4,00	6,11	1,72	0,13	0,45	0,26	2,30	1,22	0,71	0,50	1,83	0,52	0,05	0,76	750,00	1,00
set/14	24,10	25,13	155,87	5,36	19,00	6,40	8,21	2,38	0,00	0,55	0,62	1,28	1,24	0,43	0,88	3,37	0,42	0,00	1,14	6131,00	5,70
out/14	47,30	24,10	117,75	5,34	19,00	10,10	6,95	2,44	0,00	0,62	0,73	0,66	1,05	0,43	1,03	2,92	0,59	0,05	1,05	2142,00	24,00
nov/14	7,40	25,61	138,71	5,61	19,00	0,00	8,46	1,90	0,08	0,35	0,27	0,24	0,95	0,73	0,34	3,05	0,55	0,00	1,05	670,00	6,00
dez/14	21,80	24,66	107,06	5,37	20,00	1,50	7,28	2,25	0,01	0,29	0,37	0,36	0,93	0,52	0,86	3,17	0,28	0,00	1,09	13,40	2,00
jan/15	25,80	25,45	88,73	5,41	20,00	0,00	6,66	2,36	0,01	0,32	0,45	0,43	1,35	0,74	0,68	3,15	0,32	0,12	1,23	1722,00	1,00
fev/15	122,00	25,98	78,53	5,15	22,00	3,30	6,72	1,50	0,04	0,50	0,36	0,19	1,67	0,68	0,85	3,01	0,20	0,00	1,01	663,00	4,00
mar/15	448,90	25,52	79,57	4,85	22,00	0,70	5,21	1,76	0,06	0,08	0,16	0,06	1,41	0,69	0,78	3,70	0,24	0,00	1,21	2613,00	4,00
Máximo	552,80	25,98	520,22	5,96	23,00	108,00	8,46	2,44	0,26	0,62	0,73	2,31	3,65	0,81	1,03	4,23	0,59	0,12	1,23	6131,00	24,00
Mínimo	7,40	24,10	78,53	4,85	19,00	0,00	5,21	1,04	0,00	0,08	0,16	0,06	0,93	0,43	0,28	1,83	0,20	0,00	0,54	13,40	1,00
Média	166,63	24,94	177,27	5,45	20,42	12,31	6,76	1,90	0,06	0,39	0,41	1,08	1,65	0,64	0,67	3,18	0,39	0,02	0,99	1540,37	5,83
Desvio	181,96	0,58	121,89	0,31	1,31	30,46	0,90	0,41	0,07	0,14	0,19	0,92	0,79	0,12	0,23	0,61	0,13	0,04	0,21	1655,26	6,28

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); Vazão (L.s⁻¹); CE – Condutividade elétrica (µS.cm⁻¹); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions (mg.l⁻¹); COD – Carbono orgânico dissolvido (mg.l⁻¹); NT – Nitrogênio total (mg.l⁻¹); CID – Carbono inorgânico dissolvido (mg.l⁻¹); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio (mg.l⁻¹).

h. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na confluência da microbacia do igarapé São João, para o período total do estudo (ConSJ).

		Pp	Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	COD	NT	CID	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																					
	Sig.																						
Temp.	C.C	-,168	1,000																				
	Sig.	,602																					
Vazão	C.C	,336	-,559	1,000																			
	Sig.	,286	,059																				
pH	C.C	,018	-,312	,648*	1,000																		
	Sig.	,957	,324	,023																			
CE	C.C	,736**	,139	-,033	,092	1,000																	
	Sig.	,006	,666	,919	,777																		
Turb.	C.C	,324	-,274	,327	-,194	-,171	1,000																
	Sig.	,304	,389	,299	,545	,594																	
OD	C.C	-,706*	,189	-,140	-,011	-,498	-,089	1,000															
	Sig.	,010	,557	,665	,974	,100	,783																
Na ⁺	C.C	-,657*	-,196	-,273	-,102	-,516	-,288	,587*	1,000														
	Sig.	,020	,542	,391	,753	,086	,363	,045															
NH ₄ ⁺	C.C	,280	,137	,228	,130	,026	,212	-,529	-,760**	1,000													
	Sig.	,378	,672	,477	,688	,937	,508	,077	,004														
K ⁺	C.C	-,077	-,238	,147	-,161	-,458	,634*	,168	,007	-,084	1,000												
	Sig.	,812	,457	,649	,617	,135	,027	,602	,983	,795													
Mg ²⁺	C.C	-,161	-,497	,119	,109	-,256	,128	,441	,608*	-,736**	,364	1,000											
	Sig.	,618	,101	,713	,737	,422	,691	,152	,036	,006	,245												
Ca ²⁺	C.C	,182	-,608*	,846**	,539	-,135	,317	-,259	-,154	,130	,336	,091	1,000										
	Sig.	,572	,036	,001	,070	,675	,316	,417	,633	,688	,286	,779											
COD	C.C	,846**	-,105	,538	,186	,597*	,210	-,517	-,608*	,165	0,000	-,042	,413	1,000									
	Sig.	,001	,746	,071	,564	,041	,512	,085	,036	,609	1,000	,897	,183										
NT	C.C	,042	,242	,028	,582*	,378	-,749**	-,238	-,151	,160	-,508	-,329	,035	,161	1,000								
	Sig.	,897	,449	,931	,047	,226	,005	,456	,640	,620	,092	,296	,914	,617									
CID	C.C	-,266	-,091	-,573	-,701*	-,150	,036	,308	,608*	-,708*	,210	,462	-,399	-,399	-,578*	1,000							
	Sig.	,404	,779	,051	,011	,642	,913	,331	,036	,010	,513	,131	,199	,199	,049								
Cl ⁻	C.C	-,028	,035	-,077	-,070	,242	-,662*	,070	,357	-,469	-,580*	,126	-,175	,084	,231	,294	1,000						
	Sig.	,931	,914	,812	,829	,449	,019	,829	,255	,124	,048	,697	,587	,795	,470	,354							
NO ₃ ⁻	C.C	-,399	-,545	,371	,371	-,655*	-,082	,280	,455	-,102	,378	,406	,385	-,308	,042	-,056	-,042	1,000					
	Sig.	,199	,067	,236	,235	,021	,800	,379	,138	,753	,226	,191	,217	,331	,897	,863	,897						
PO ₄ ³⁻	C.C	-,238	-,413	-,125	,144	-,314	-,153	-,263	,350	-,088	,225	,275	,238	-,238	,213	,088	-,213	,438	1,000				
	Sig.	,457	,182	,698	,655	,320	,635	,409	,264	,786	,482	,387	,457	,457	,506	,787	,507	,154					
SO ₄ ²⁻	C.C	-,252	,524	-,476	-,483	-,212	,018	,161	,357	-,168	-,189	-,133	-,371	-,252	-,158	,259	,035	-,371	-,013	1,000			
	Sig.	,430	,080	,118	,111	,508	,956	,618	,255	,601	,557	,681	,236	,430	,625	,417	,914	,236	,969				
COLIF.	C.C	-,049	,252	-,203	-,434	-,359	,253	-,056	,238	-,035	,343	-,105	-,021	-,098	-,196	,189	-,168	,098	,163	,657*	1,000		
	Sig.	,880	,430	,527	,158	,252	,428	,863	,457	,914	,276	,746	,948	,762	,541	,557	,602	,762	,613	,020			
DBO	C.C	,123	-,109	,323	-,046	-,136	,323	,456	,144	-,214	,267	,239	,074	,158	-,278	,028	-,084	,270	-,421	,032	,242	1,000	
	Sig.	,704	,736	,306	,888	,674	,305	,136	,656	,503	,402	,455	,820	,624	,382	,931	,795	,396	,173	,922	,448		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

APÊNDICE C- VARIÁVEIS ANALISADAS PARA TODO O PERÍODO DO ESTUDO, REFERENTES ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA MICROBACIA DO IGARAPÉ CUMARU - ICU.

a. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, para águas subterrâneas, referentes a área de pasto da microbacia do igarapé Cumaru (PasC).

MÊS	Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	22,06	4,25	26,00	93,25	3,74	2,28	0,39	1,95	0,89	0,63	2,27	0,73	0,00	1,17	0,50	0,51	1,26	-	17,00
mai/14	290,80	19,97	4,73	21,50	28,60	5,53	1,62	0,50	0,28	0,13	0,81	3,46	0,83	0,00	1,26	0,76	0,77	0,16	117,20	24,00
jun/14	258,10	28,09	4,85	25,50	61,95	4,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,74	0,78	9,36	24196,00	51,00
jul/14	107,40	27,42	4,33	26,50	234,65	3,89	2,10	0,27	0,49	0,21	2,87	2,91	2,91	0,04	1,90	1,22	1,26	0,28	11199,00	19,00
ago/14	93,10	26,41	4,76	26,00	79,65	3,28	1,89	0,03	0,47	1,99	0,91	2,99	0,08	0,00	0,72	1,69	0,74	0,23	41,00	15,00
set/14	24,10	27,57	4,38	27,50	119,85	4,54	2,37	0,00	0,51	0,00	0,62	2,94	0,00	0,39	1,68	0,83	0,53	0,28	262,00	15,00
out/14	47,30	28,10	4,47	26,00	178,00	5,56	2,21	0,00	0,43	0,39	0,36	2,37	0,01	0,05	1,09	0,68	0,46	0,23	1145,00	1,00
nov/14	7,40	27,05	4,43	26,50	532,00	4,29	2,03	0,00	0,13	0,03	0,00	2,57	0,00	0,46	1,12	0,62	0,70	0,32	32,70	30,00
dez/14	21,80	26,55	4,37	25,50	800,00	4,22	2,08	0,08	0,28	0,10	0,09	2,39	0,66	0,00	1,26	1,23	0,56	0,28	8,60	13,00
jan/15	25,80	27,90	4,77	27,00	360,15	3,37	2,25	0,00	0,26	0,17	0,18	2,50	0,01	0,00	1,30	1,51	0,67	0,65	1,00	18,00
fev/15	122,00	26,69	4,64	25,00	483,50	4,78	1,63	0,44	0,94	0,11	0,02	2,43	0,14	0,00	0,90	0,81	0,86	2,17	4,10	34,00
mar/15	448,90	25,45	4,48	27,00	800,00	4,87	1,41	0,31	0,04	0,01	-	2,74	0,54	0,00	1,17	4,14	1,27	0,95	10,80	6,80
Máximo	552,80	28,10	4,85	27,50	800,00	5,56	2,37	0,50	1,95	1,99	2,87	3,46	2,91	0,46	1,90	4,14	1,27	9,36	24196,00	51,00
Mínimo	7,40	19,97	4,25	21,50	28,60	3,28	1,41	0,00	0,04	0,00	0,00	2,27	0,00	0,00	0,72	0,50	0,46	0,16	1,00	1,00
Média	166,63	26,10	4,54	25,83	314,30	4,35	1,99	0,18	0,52	0,37	0,65	2,69	0,54	0,09	1,23	1,23	0,76	1,35	3365,22	20,32
Desvio	181,96	2,54	0,20	1,54	279,92	0,74	0,31	0,20	0,53	0,59	0,85	0,36	0,85	0,17	0,33	0,99	0,26	2,59	7666,09	13,21

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); CE – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COD – Carbono orgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); NT – Nitrogênio total ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); CID – Carbono inorgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

b. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na área de pasto (PasC) da microbacia do igarapé Cumaru (água subterrânea), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																				
	Sig.																					
Temp.	C.C	-,483	1,000																			
	Sig.	,112																				
pH	C.C	,105	,203	1,000																		
	Sig.	,746	,527																			
CE	C.C	-,304	,297	-,219	1,000																	
	Sig.	,336	,348	,493																		
Turb.	C.C	-,389	,035	-,315	,330	1,000																
	Sig.	,212	,914	,318	,295																	
OD	C.C	,102	,021	-,011	-,199	,107	1,000															
	Sig.	,753	,948	,974	,536	,741																
Na ⁺	C.C	-,318	,555	-,445	,424	-,223	-,345	1,000														
	Sig.	,340	,077	,170	,194	,509	,298															
NH ₄ ⁺	C.C	,798**	-,761**	,037	-,591	-,138	,110	-,523	1,000													
	Sig.	,003	,006	,915	,056	,686	,747	,099														
K ⁺	C.C	,336	-,027	-,364	-,249	-,533	-,164	,427	,248	1,000												
	Sig.	,312	,937	,272	,461	,091	,631	,190	,463													
Mg ²⁺	C.C	,336	-,064	,091	-,359	-,565	-,427	,164	,138	,391	1,000											
	Sig.	,312	,853	,790	,278	,070	,190	,631	,687	,235												
Ca ²⁺	C.C	,552	-,261	-,103	,025	-,770**	-,285	,067	,301	,394	,600	1,000										
	Sig.	,098	,467	,777	,946	,009	,425	,855	,399	,260	,067											
Cl ⁻	C.C	,009	-,218	,391	,138	-,383	0,000	-,373	,073	-,155	-,182	,442	1,000									
	Sig.	,979	,519	,235	,685	,245	1,000	,259	,830	,650	,593	,200										
NO ₃ ⁻	C.C	,656*	-,592	-,305	-,506	-,155	,005	-,301	,800**	,223	,328	,559	,032	1,000								
	Sig.	,028	,055	,361	,112	,649	,989	,369	,003	,509	,325	,093	,926									
PO ₄ ³⁻	C.C	-,569	,611*	-,369	,443	,042	,242	,390	-,723*	-,021	-,295	-,178	,063	-,512	1,000							
	Sig.	,068	,046	,265	,172	,902	,473	,236	,012	,951	,379	,624	,854	,108								
SO ₄ ²⁻	C.C	-,128	,196	-,338	,424	,023	-,105	,425	-,028	-,041	-,311	,267	,219	,229	,159	1,000						
	Sig.	,708	,563	,309	,194	,947	,759	,193	,936	,905	,353	,455	,517	,499	,641							
COD	C.C	-,077	-,126	,266	,322	,333	-,242	-,309	0,000	-,391	-,136	,236	,391	,018	-,411	,137	1,000					
	Sig.	,812	,697	,404	,307	,291	,449	,355	1,000	,235	,689	,511	,235	,958	,210	,688						
NT	C.C	,399	-,231	,322	-,103	,140	,053	-,764**	,523	-,255	-,209	,212	,536	,387	-,284	,023	,434	1,000				
	Sig.	,199	,471	,308	,751	,664	,871	,006	,099	,450	,537	,556	,089	,239	,397	,947	,159					
CID	C.C	,287	,105	,133	,067	,217	-,193	,064	,202	,136	-,282	-,539	-,464	-,150	-,221	-,105	-,126	,238	1,000			
	Sig.	,366	,746	,681	,835	,498	,549	,853	,552	,689	,401	,108	,151	,659	,514	,759	,697	,457				
COLIF. TERMO	C.C	,209	,373	-,109	-,050	-,642*	,109	,236	-,202	,358	,248	,683*	,358	,158	,574	,237	-,427	,018	-,273	1,000		
	Sig.	,537	,259	,750	,883	,033	,749	,511	,575	,310	,489	,042	,310	,663	,083	,510	,190	,958	,417			
DBO	C.C	,130	,053	,329	-,376	-,277	-,140	-,187	,354	,200	-,046	-,207	,205	,084	,021	,032	-,371	,420	,424	,100	1,000	
	Sig.	,688	,871	,296	,228	,383	,664	,582	,285	,555	,894	,567	,545	,805	,951	,926	,235	,174	,170	,769		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

b. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, para águas subterrâneas, referentes a área de SAF da microbacia do igarapé Cumaru (SafC).

MÊS	Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	22,29	4,06	27,67	101,83	4,09	1,77	0,01	0,99	0,56	0,33	2,86	0,37	0,00	1,37	0,28	0,58	0,50	-	28,00
mai/14	290,80	19,88	4,50	28,33	90,83	6,91	2,29	0,06	0,57	0,53	0,53	3,01	0,64	0,00	0,84	0,52	0,62	0,24	45,30	12,00
jun/14	258,10	27,32	4,78	33,33	109,47	3,25	1,89	0,18	0,37	0,33	1,26	4,60	1,65	0,00	0,85	1,19	1,59	5,12	114,50	24,00
jul/14	107,40	26,82	4,32	29,33	330,17	2,94	2,07	0,15	0,36	0,30	1,03	2,58	1,35	0,05	0,84	4,37	0,93	0,18	156,50	17,00
ago/14	93,10	27,35	4,48	29,00	356,83	2,67	1,83	0,21	0,58	1,01	1,42	5,56	2,36	0,07	0,22	5,33	0,83	0,21	3,10	13,00
set/14	24,10	27,25	4,33	29,67	330,73	3,30	2,37	0,00	0,61	0,46	0,00	3,61	0,00	0,04	1,56	1,36	0,63	0,23	1,00	29,00
out/14	47,30	27,51	4,43	28,67	565,57	2,96	2,79	0,00	1,09	0,56	0,29	3,19	0,00	0,74	1,36	1,42	0,64	0,24	33,10	15,00
nov/14	7,40	28,95	4,65	32,67	516,33	3,88	1,93	0,11	0,60	0,16	0,00	3,18	0,70	0,04	1,20	2,73	0,91	1,79	1,00	33,00
dez/14	21,80	27,13	4,37	32,67	744,67	2,94	2,16	0,16	0,95	0,25	0,07	2,86	0,51	0,00	1,11	3,09	1,02	0,37	4,10	14,00
jan/15	25,80	27,95	4,41	32,33	586,00	3,34	1,53	0,19	0,71	0,24	0,03	2,90	0,57	0,00	1,40	3,67	0,87	0,68	145,00	45,00
fev/15	122,00	26,89	4,39	38,00	800,00	4,40	0,07	0,01	0,04	0,02	0,01	2,53	0,63	0,00	1,22	2,04	1,03	1,50	17,30	41,00
mar/15	448,90	26,01	4,38	35,67	800,00	2,76	1,30	0,17	0,39	0,09	0,03	2,03	0,71	0,00	1,04	5,43	1,05	2,22	3,10	2,50
Máximo	552,80	28,95	4,78	38,00	800,00	6,91	2,79	0,21	1,09	1,01	1,42	5,56	2,36	0,74	1,56	5,43	1,59	5,12	156,50	45,00
Mínimo	7,40	19,88	4,06	27,67	90,83	2,67	0,07	0,00	0,04	0,02	0,00	2,03	0,00	0,00	0,22	0,28	0,58	0,18	1,00	2,50
Média	166,63	26,28	4,43	31,44	444,37	3,62	1,83	0,10	0,61	0,38	0,42	3,24	0,79	0,08	1,09	2,62	0,89	1,11	47,64	22,79
Desvio	181,96	2,57	0,18	3,21	264,77	1,17	0,68	0,08	0,30	0,27	0,53	0,96	0,68	0,21	0,36	1,78	0,28	1,45	60,95	12,76

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); CE – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COD – Carbono orgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); NT – Nitrogênio total ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); CID – Carbono inorgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

d. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na área de SAF (SafC) da microbacia do igarapé Cumaru (água subterrânea), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																				
	Sig.																					
TEMP	C.C	-,748**	1,000																			
	Sig.	,005																				
pH	C.C	-,140	,483	1,000																		
	Sig.	,665	,112																			
CE	C.C	-,158	,196	,179	1,000																	
	Sig.	,625	,541	,579																		
TURB.	C.C	-,319	,294	-,081	,681*	1,000																
	Sig.	,313	,353	,803	,015																	
OD	C.C	,168	-,196	,112	-,140	-,319	1,000															
	Sig.	,602	,542	,729	,664	,313																
Na+	C.C	-,413	,105	,063	-,490	-,403	-,056	1,000														
	Sig.	,183	,746	,846	,106	,194	,863															
NH4+	C.C	-,007	,235	,340	,319	,168	-,497	-,459	1,000													
	Sig.	,983	,463	,280	,312	,601	,100	,134														
K+	C.C	-,343	,294	-,182	-,522	-,025	-,035	,406	-,294	1,000												
	Sig.	,276	,354	,572	,082	,940	,914	,191	,353													
Mg2+	C.C	,175	-,077	-,007	-,855**	-,683*	-,112	,476	-,154	,448	1,000											
	Sig.	,587	,812	,983	,000	,014	,729	,118	,632	,145												
Ca2+	C.C	,427	-,207	,175	-,451	-,544	-,301	,084	,412	-,130	,634*	1,000										
	Sig.	,166	,519	,586	,141	,068	,341	,795	,183	,688	,027											
Cl-	C.C	-,371	,566	,573	-,291	-,410	-,133	,490	,102	,259	,601*	,301	1,000									
	Sig.	,236	,055	,051	,359	,186	,681	,106	,753	,417	,039	,341										
NO3-	C.C	,252	,007	,455	,266	-,102	-,350	-,371	,739**	-,692*	-,098	,529	,084	1,000								
	Sig.	,430	,983	,138	,403	,753	,265	,236	,006	,013	,762	,077	,795									
PO43-	C.C	-,405	,429	,023	-,383	-,094	-,413	,522	-,199	,179	,444	,145	,476	,016	1,000							
	Sig.	,191	,164	,942	,219	,772	,182	,081	,535	,577	,148	,654	,118	,962								
SO42-	C.C	-,287	,266	-,385	,025	,242	,350	0,000	-,522	,538	-,154	-,676*	-,098	-,832**	-,078	1,000						
	Sig.	,366	,404	,217	,940	,449	,265	1,000	,082	,071	,633	,016	,762	,001	,810							
COD	C.C	-,252	,245	-,077	,389	,623*	-,713**	-,336	,620*	-,245	-,392	-,039	-,245	,462	,234	-,301	1,000					
	Sig.	,430	,443	,812	,212	,030	,009	,286	,032	,443	,208	,905	,443	,131	,464	,342						
NT	C.C	-,014	,126	,210	,890**	,536	-,371	-,427	,501	-,594*	-,699*	-,056	-,273	,517	-,289	-,280	,476	1,000				
	Sig.	,966	,697	,513	,000	,073	,236	,167	,097	,042	,011	,863	,391	,085	,363	,379	,118					
CID	C.C	,210	,091	,378	,658*	,301	,245	-,552	,221	-,196	-,587*	-,319	-,224	,161	-,686*	,133	-,098	,559	1,000			
	Sig.	,513	,779	,226	,020	,341	,443	,063	,491	,542	,045	,313	,484	,618	,014	,681	,762	,059				
COLIF. TERMO	C.C	,370	-,178	0,000	-,195	-,281	,132	-,037	,208	-,242	,073	,558	-,192	,169	-,172	-,201	-,100	,128	-,091	1,000		
	Sig.	,263	,600	1,000	,567	,402	,698	,915	,539	,473	,831	,074	,572	,619	,614	,554	,769	,708	,789			
DBO	C.C	-,357	,455	-,056	,224	,105	,524	-,252	-,189	,049	-,329	-,473	0,000	-,322	-,101	,685*	-,224	-,014	,224	,123	1,000	
	Sig.	,255	,138	,863	,484	,745	,080	,430	,556	,880	,297	,121	1,000	,308	,754	,014	,484	,966	,484	,718		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

e. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, para águas subterrâneas, referentes a área de capoeira da microbacia do igarapé Cumaru (CapC).

MÊS	Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	24,46	4,72	54,50	252,50	3,41	3,00	0,02	2,93	0,82	1,76	5,95	1,87	0,00	4,38	1,00	0,59	2,92	-	29,00
mai/14	290,80	20,02	4,88	38,50	31,25	5,61	3,25	0,05	1,02	0,62	2,75	3,87	1,49	0,00	2,70	0,40	0,81	0,82	55,60	41,00
jun/14	258,10	28,29	4,81	34,50	116,85	4,99	2,50	0,61	0,52	0,25	1,73	4,79	0,92	0,00	1,62	0,76	0,80	7,16	6,30	22,00
jul/14	107,40	25,96	4,25	29,00	36,95	3,50	1,93	0,09	0,32	0,21	1,60	3,43	0,79	0,03	0,79	0,37	0,74	0,25	10,80	8,10
ago/14	93,10	26,53	4,72	26,00	138,00	3,81	2,17	0,30	0,99	0,41	2,55	1,42	1,22	0,02	0,57	4,15	0,67	0,34	13,50	16,00
set/14	24,10	26,74	4,48	27,50	445,15	4,74	2,38	0,24	0,77	0,42	0,76	4,13	0,82	0,08	1,78	0,89	0,80	1,41	12,20	26,00
out/14	47,30	26,40	4,47	27,50	123,10	4,01	2,60	0,00	0,85	0,49	0,40	2,99	0,69	0,56	0,87	0,72	0,55	1,25	387,30	15,00
nov/14	7,40	26,73	4,52	28,00	176,10	4,62	2,09	0,00	0,49	0,12	0,10	2,98	0,00	0,61	0,93	0,57	0,79	0,47	241,50	22,00
dez/14	21,80	27,05	4,42	30,00	235,90	3,43	2,26	0,14	0,89	0,23	0,30	2,31	0,93	0,00	0,85	1,74	0,74	1,24	1,00	17,00
jan/15	25,80	27,88	4,60	30,50	777,50	3,42	2,52	-	0,77	0,26	0,28	3,16	0,00	0,00	1,23	0,85	0,84	1,69	35,50	4,90
fev/15	122,00	26,97	5,49	30,00	223,00	4,39	0,10	0,01	0,04	0,01	0,02	2,86	0,72	0,00	1,02	0,88	1,05	0,80	24196,00	20,00
mar/15	448,90	25,54	4,43	31,00	525,50	4,32	1,82	0,14	0,22	0,03	0,06	3,24	0,00	0,00	1,27	1,74	0,90	0,69	6020,00	2,90
Máximo	552,80	28,29	5,49	54,50	777,50	5,61	3,25	0,61	2,93	0,82	2,75	5,95	1,87	0,61	4,38	4,15	1,05	7,16	24196,00	41,00
Mínimo	7,40	20,02	4,25	26,00	31,25	3,41	0,10	0,00	0,04	0,01	0,02	1,42	0,00	0,00	0,57	0,37	0,55	0,25	1,00	2,90
Média	166,63	26,04	4,65	32,25	256,82	4,19	2,22	0,15	0,82	0,32	1,02	3,43	0,79	0,11	1,50	1,17	0,77	1,59	2816,34	18,66
Desvio	181,96	2,15	0,32	7,79	221,09	0,71	0,78	0,18	0,74	0,24	1,00	1,17	0,59	0,22	1,07	1,03	0,13	1,90	7311,98	10,69

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); CE – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COD – Carbono orgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); NT – Nitrogênio total ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); CID – Carbono inorgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

f. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na área de capoeira (CapC) da microbacia do igarapé Cumaru (água subterrânea), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																				
	Sig.																					
Temp.	C.C	-,531	1,000																			
	Sig.	,075																				
pH	C.C	,364	,098	1,000																		
	Sig.	,245	,762																			
CE	C.C	,688*	-,189	,312	1,000																	
	Sig.	,013	,555	,323																		
Turb.	C.C	-,147	,252	-,196	,060	1,000																
	Sig.	,649	,430	,542	,854																	
OD	C.C	,042	,021	,399	-,011	-,427	1,000															
	Sig.	,897	,948	,199	,974	,167																
Na ⁺	C.C	,147	-,189	,231	,358	-,154	-,021	1,000														
	Sig.	,649	,557	,471	,253	,633	,948															
NH ₄ ⁺	C.C	,150	,301	-,018	-,016	,091	,132	-,014	1,000													
	Sig.	,659	,369	,958	,963	,790	,699	,968														
K ⁺	C.C	,077	-,294	,168	,161	-,112	-,273	,811**	,059	1,000												
	Sig.	,812	,354	,602	,616	,729	,391	,001	,863													
Mg ²⁺	C.C	,175	-,357	,182	,130	-,147	-,091	,909**	,018	,874**	1,000											
	Sig.	,587	,255	,572	,688	,649	,779	,000	,958	,000												
Ca ²⁺	C.C	,322	-,371	,245	,137	-,545	,077	,629*	,346	,727**	,762**	1,000										
	Sig.	,308	,236	,443	,672	,067	,812	,028	,297	,007	,004											
Cl ⁻	C.C	,531	-,259	,084	,589*	-,042	,196	,483	,141	,126	,441	,406	1,000									
	Sig.	,075	,417	,795	,044	,897	,542	,112	,679	,697	,152	,191										
NO ₃ ⁻	C.C	,366	-,275	,331	,272	-,359	-,028	,472	,326	,718**	,613*	,817**	,275	1,000								
	Sig.	,242	,388	,293	,392	,252	,931	,121	,327	,009	,034	,001	,388									
PO ₄ ³⁻	C.C	-,585*	-,094	-,374	-,794**	-,226	,148	-,125	-,323	-,125	,039	-,023	-,187	-,306	1,000							
	Sig.	,046	,772	,231	,002	,480	,646	,699	,333	,699	,904	,942	,560	,333								
SO ₄ ²⁻	C.C	,510	-,210	,406	,705*	,224	,315	,510	-,023	,203	,413	,189	,797**	,246	-,413	1,000						
	Sig.	,090	,513	,191	,010	,484	,319	,090	,947	,527	,183	,557	,002	,440	,182							
COD	C.C	,091	,112	-,007	-,074	,622*	-,343	-,210	,469	,168	-,035	-,112	-,280	,183	-,328	-,035	1,000					
	Sig.	,779	,729	,983	,820	,031	,276	,513	,145	,602	,914	,729	,379	,569	,299	,914						
NT	C.C	,144	,231	,319	,311	,322	,417	-,361	,164	-,567	-,515	-,494	,035	-,399	-,449	,340	,004	1,000				
	Sig.	,656	,470	,313	,325	,307	,178	,249	,629	,054	,087	,103	,914	,199	,143	,280	,991					
CID	C.C	,140	,357	,259	,467	,287	-,028	,664*	,132	,350	,497	,147	,559	,211	-,374	,650*	,077	-,021	1,000			
	Sig.	,665	,255	,417	,126	,366	,931	,018	,699	,265	,101	,649	,059	,510	,231	,022	,812	,948				
COLIF. TERMO	C.C	,291	-,400	,309	,014	,173	,182	-,255	-,547	-,364	-,245	-,555	-,218	-,541	,064	,155	0,000	,437	-,227	1,000		
	Sig.	,385	,223	,355	,968	,612	,593	,450	,102	,272	,467	,077	,519	,085	,851	,650	1,000	,179	,502			
DBO	C.C	,126	-,151	,532	,285	-,284	,448	,469	-,080	,431	,480	,483	,431	,642*	-,031	,595*	-,175	-,084	,347	-,173	1,000	
	Sig.	,696	,640	,075	,370	,372	,144	,124	,815	,162	,114	,111	,162	,024	,923	,041	,586	,795	,269	,611		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

g. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, para águas subterrâneas, referentes a área de vegetação ripária da microbacia do igarapé Cumaru (VRipC).

MÊS	Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	24,94	4,48	31,00	98,75	3,59	2,07	0,16	1,48	0,70	0,58	3,23	1,16	0,00	1,72	0,38	0,74	4,86	-	28,00
mai/14	290,80	19,61	4,52	25,50	156,00	7,89	1,78	0,06	0,30	0,26	0,32	1,51	0,71	0,00	0,79	0,52	0,73	0,20	14,80	11,00
jun/14	258,10	26,92	4,79	31,00	169,00	6,03	2,56	0,10	0,14	0,16	0,89	4,13	1,94	0,00	0,87	0,37	0,99	2,18	2,00	15,00
jul/14	107,40	26,34	4,34	27,00	41,35	4,39	2,29	0,13	0,24	0,17	1,18	3,12	1,68	0,08	1,00	0,99	0,96	0,18	1,00	14,00
ago/14	93,10	26,62	4,42	27,50	709,00	3,93	1,84	0,80	0,46	1,28	2,05	7,68	1,59	0,00	0,56	4,60	0,83	0,19	17,30	12,00
set/14	24,10	26,62	4,35	27,50	453,50	4,64	2,05	0,02	0,51	0,41	0,51	3,14	0,82	2,15	2,26	1,43	0,55	0,53	886,40	15,00
out/14	47,30	26,09	4,36	28,00	107,10	3,28	2,27	0,00	0,60	0,50	0,33	2,55	0,20	0,28	1,22	0,78	0,52	0,74	142,10	1,00
nov/14	7,40	26,58	4,46	28,50	96,80	3,20	1,83	0,00	0,29	0,11	0,01	2,63	0,00	0,20	1,22	1,24	0,82	0,36	2,00	31,00
dez/14	21,80	26,49	4,16	29,50	375,50	3,15	2,00	0,19	0,49	0,22	0,14	2,42	0,95	6,48	1,12	2,11	0,61	1,33	1119,90	11,00
jan/15	25,80	26,64	4,18	31,50	171,00	3,22	2,04	0,06	0,55	0,30	0,18	2,89	1,23	0,15	1,35	0,98	0,95	0,60	9,80	29,00
fev/15	122,00	26,52	5,32	31,50	110,60	4,09	0,77	0,06	0,36	0,17	0,02	2,38	0,41	0,00	1,02	0,83	1,04	1,65	1,00	29,00
mar/15	448,90	25,45	4,41	32,00	168,50	4,76	1,37	0,20	0,25	0,14	0,12	2,63	0,00	0,00	1,34	1,02	0,88	1,74	8,40	3,10
Máximo	552,80	26,92	5,32	32,00	709,00	7,89	2,56	0,80	1,48	1,28	2,05	7,68	1,94	6,48	2,26	4,60	1,04	4,86	1119,90	31,00
Mínimo	7,40	19,61	4,16	25,50	41,35	3,15	0,77	0,00	0,14	0,11	0,01	1,51	0,00	0,00	0,56	0,37	0,52	0,18	1,00	1,00
Média	166,63	25,73	4,48	29,21	221,43	4,35	1,91	0,15	0,47	0,37	0,53	3,19	0,89	0,78	1,21	1,27	0,80	1,22	200,43	16,59
Desvio	181,96	2,01	0,31	2,16	194,48	1,40	0,47	0,22	0,35	0,34	0,60	1,55	0,66	1,90	0,45	1,15	0,17	1,34	402,35	10,30

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); CE – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COD – Carbono orgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); NT – Nitrogênio total ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); CID – Carbono inorgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

h. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na área de vegetação ripária (VRipC) da microbacia do igarapé Cumaru (água subterrânea), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																				
	Sig.																					
Temp.	C.C	-,501	1,000																			
	Sig.	,097																				
pH	C.C	,559	-,095	1,000																		
	Sig.	,059	,770																			
CE	C.C	,211	,173	,116	1,000																	
	Sig.	,511	,592	,720																		
Turb.	C.C	-,224	,501	-,245	,056	1,000																
	Sig.	,484	,097	,443	,862																	
OD	C.C	,650*	-,144	,476	-,186	,063	1,000															
	Sig.	,022	,656	,118	,562	,846																
Na ⁺	C.C	-,042	,242	-,266	-,239	-,119	-,014	1,000														
	Sig.	,897	,449	,404	,454	,713	,966															
NH ₄ ⁺	C.C	,441	-,158	-,109	,116	,336	,154	-,070	1,000													
	Sig.	,151	,624	,737	,719	,285	,632	,829														
K ⁺	C.C	-,175	-,133	-,294	,053	,175	-,524	,091	-,179	1,000												
	Sig.	,587	,680	,354	,871	,587	,080	,779	,579													
Mg ²⁺	C.C	,035	-,081	-,210	-,348	,336	-,154	,280	,144	,769**	1,000											
	Sig.	,914	,803	,513	,268	,633	,379	,656	,003													
Ca ²⁺	C.C	,259	,140	-,056	-,485	,175	,315	,685*	,378	,021	,587*	1,000										
	Sig.	,417	,664	,863	,110	,587	,319	,014	,225	,948	,045											
Cl ⁻	C.C	,126	,480	-,035	-,004	,273	,119	,552	,375	-,014	,329	,734**	1,000									
	Sig.	,697	,114	,914	,991	,391	,713	,063	,230	,966	,297	,007										
NO ₃ ⁻	C.C	,119	,439	-,119	-,187	,256	,133	,637*	,416	-,102	,319	,785**	,648*	1,000								
	Sig.	,712	,154	,712	,561	,422	,680	,026	,179	,753	,313	,003	,023									
PO ₄ ³⁻	C.C	-,851**	,189	-,743**	-,214	,108	-,593*	,254	-,434	,351	,063	-,209	-,209	-,170	1,000							
	Sig.	,000	,557	,006	,504	,738	,042	,426	,159	,264	,845	,514	,514	,597								
SO ₄ ²⁻	C.C	-,140	-,053	-,364	,401	-,042	-,294	,112	-,305	,573	,126	-,280	,063	-,329	,422	1,000						
	Sig.	,665	,871	,245	,197	,897	,354	,729	,336	,051	,697	,379	,846	,296	,172							
COD	C.C	-,629*	,245	-,559	-,176	,455	-,378	-,322	,235	,021	,049	-,105	,077	-,130	,459	,014	1,000					
	Sig.	,028	,442	,059	,585	,138	,226	,308	,463	,948	,880	,746	,812	,688	,133	,966						
NT	C.C	,329	,361	,364	,443	-,147	,259	-,098	,214	-,587*	-,483	0,000	,196	,357	-,586*	-,350	-,217	1,000				
	Sig.	,297	,249	,245	,149	,649	,417	,762	,505	,045	,112	1,000	,542	,254	,045	,265	,499					
CID	C.C	,427	-,067	,308	,777**	0,000	0,000	,056	,109	,175	-,147	-,231	,042	-,105	-,228	,399	-,483	,119	1,000			
	Sig.	,167	,837	,331	,003	1,000	1,000	,863	,737	,587	,649	,471	,897	,745	,477	,199	,112	,713				
COLIF. TERMO	C.C	-,406	-,055	-,502	-,236	,639*	-,251	,119	,039	,699*	,662*	,174	-,023	-,043	,575	,251	,406	-,845**	-,041	1,000		
	Sig.	,215	,873	,115	,484	,034	,456	,728	,910	,017	,026	,610	,947	,899	,064	,456	,215	,001	,905			
DBO	C.C	-,211	,488	,267	-,272	-,186	-,250	-,053	-,359	,011	-,214	-,221	,179	,130	-,054	,204	-,084	,453	,056	-,497	1,000	
	Sig.	,511	,108	,401	,392	,562	,434	,871	,252	,974	,503	,489	,577	,687	,867	,525	,794	,139	,862	,120		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

i. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, para águas subterrâneas, referentes a área de queima da microbacia do igarapé Cumaru (QueC).

MÊS	Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	25,61	4,14	61,67	40,07	4,03	1,34	0,08	4,55	1,32	1,33	2,87	3,98	0,00	0,86	0,59	1,15	1,65	-	18,00
mai/14	290,80	19,83	4,70	24,67	6,73	5,74	1,02	0,40	0,86	0,25	1,13	3,77	2,05	0,00	0,79	0,69	0,64	0,08	93,20	18,00
jun/14	258,10	28,10	4,77	42,00	25,03	4,45	2,48	0,35	0,94	0,32	2,21	4,31	5,74	0,00	0,43	0,73	1,78	3,98	15,80	21,00
jul/14	107,40	26,44	4,39	32,00	800,00	4,39	1,24	0,30	0,90	0,32	1,67	2,72	3,53	0,03	0,41	0,64	1,45	0,23	5,20	15,00
ago/14	93,10	26,60	4,21	41,33	526,93	3,30	2,67	0,06	0,24	2,26	1,54	3,91	0,23	0,00	0,74	5,60	1,63	0,24	631,00	1,00
set/14	24,10	26,46	4,39	39,00	560,53	3,40	1,37	0,13	1,29	0,61	1,23	4,78	3,27	0,14	0,75	5,77	1,36	0,23	11,00	89,00
out/14	47,30	27,80	4,93	38,33	581,33	3,47	2,64	0,02	3,74	0,63	0,60	4,65	0,19	0,00	1,99	3,78	1,10	0,80	-	1,00
nov/14	7,40	28,63	6,56	41,67	426,00	4,18	2,40	0,52	8,51	0,19	0,26	6,57	2,64	3,71	2,19	4,60	1,63	0,49	-	13,00
dez/14	21,80	28,64	4,56	31,50	800,00	3,84	2,56	0,21	4,54	0,28	0,40	4,66	3,37	0,00	2,63	5,74	1,18	0,27	-	-
jan/15	25,80	30,64	5,39	22,00	446,00	3,51	2,84	0,17	4,67	0,36	0,46	4,46	1,24	0,00	1,92	4,35	0,94	1,02	24196,00	-
fev/15	122,00	27,59	5,51	27,00	800,00	3,28	1,12	0,12	0,99	0,27	0,01	3,44	0,05	0,00	0,71	1,10	0,88	0,93	5,20	-
mar/15	448,90	25,75	4,73	27,50	800,00	2,95	0,94	0,37	0,41	0,02	0,12	2,66	0,00	0,00	0,85	0,97	0,80	4,82	2,00	-
Máximo	552,80	30,64	6,56	61,67	800,00	5,74	2,84	0,52	8,51	2,26	2,21	6,57	5,74	3,71	2,63	5,77	1,78	4,82	24196,00	89,00
Mínimo	7,40	19,83	4,14	22,00	6,73	2,95	0,94	0,02	0,24	0,02	0,01	2,66	0,00	0,00	0,41	0,59	0,64	0,08	2,00	1,00
Média	166,63	26,84	4,86	35,72	484,39	3,88	1,88	0,23	2,64	0,57	0,91	4,07	2,19	0,32	1,19	2,88	1,21	1,23	3119,93	22,00
Desvio	181,96	2,63	0,68	10,80	309,97	0,76	0,76	0,16	2,55	0,63	0,70	1,10	1,87	1,07	0,77	2,26	0,36	1,56	8518,74	28,12

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); CE – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COD – Carbono orgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); NT – Nitrogênio total ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); CID – Carbono inorgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

j. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na área de queima (QueC) da microbacia do igarapé Cumaru (água subterrânea), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																				
	Sig.																					
Temp.	C.C	-,727**	1,000																			
	Sig.	,007																				
pH	C.C	-,322	,573	1,000																		
	Sig.	,308	,051																			
CE	C.C	,021	-,056	-,336	1,000																	
	Sig.	,948	,863	,286																		
Turb.	C.C	-,199	,110	,007	-,335	1,000																
	Sig.	,535	,733	,982	,288																	
OD	C.C	,049	-,042	-,070	,203	-,619*	1,000															
	Sig.	,880	,897	,829	,527	,032																
Na ⁺	C.C	-,594*	,741**	,077	,182	-,139	-,021	1,000														
	Sig.	,042	,006	,812	,572	,667	,948															
NH ₄ ⁺	C.C	0,000	-,035	,308	-,168	-,224	,490	-,441	1,000													
	Sig.	1,000	,914	,331	,602	,484	,106	,152														
K ⁺	C.C	-,510	,566	,378	,147	-,153	,182	,385	-,035	1,000												
	Sig.	,090	,055	,226	,649	,635	,572	,217	,914													
Mg ²⁺	C.C	-,028	,028	-,517	,441	-,185	-,098	,615*	-,825**	,063	1,000											
	Sig.	,931	,931	,085	,152	,565	,762	,033	,001	,846												
Ca ²⁺	C.C	,217	-,245	-,629*	,524	-,420	,503	,224	-,161	-,287	,608*	1,000										
	Sig.	,499	,443	,028	,080	,174	,095	,484	,618	,366	,036											
Cl ⁻	C.C	-,860**	,664*	,350	,189	-,196	,112	,608*	0,000	,587*	,126	-,105	1,000									
	Sig.	,000	,018	,265	,557	,542	,729	,036	1,000	,045	,697	,746										
NO ₃ ⁻	C.C	-,014	,021	-,413	,559	-,399	,734**	,105	,182	,273	,238	,671*	,154	1,000								
	Sig.	,966	,948	,183	,059	,199	,007	,746	,572	,391	,457	,017	,633									
PO ₄ ³⁻	C.C	-,566	,079	,141	,295	,112	,125	,021	,125	,312	-,037	,050	,474	,141	1,000							
	Sig.	,055	,807	,661	,351	,728	,699	,949	,699	,323	,908	,878	,119	,661								
SO ₄ ²⁻	C.C	-,455	,406	,266	-,063	-,025	-,049	,336	,028	,664*	-,105	-,524	,524	-,140	,079	1,000						
	Sig.	,138	,191	,404	,846	,939	,880	,286	,931	,018	,746	,080	,080	,665	,807							
COD	C.C	-,825**	,573	,175	-,049	,249	-,441	,538	-,175	,217	,119	-,294	,762**	-,238	,266	,385	1,000					
	Sig.	,001	,051	,587	,880	,435	,152	,071	,587	,499	,713	,354	,004	,457	,403	,217						
NT	C.C	-,371	,336	-,217	,748**	-,153	,252	,476	-,042	,056	,385	,601*	,371	,580*	,358	-,231	,252	1,000				
	Sig.	,236	,286	,499	,005	,635	,430	,118	,897	,863	,217	,039	,236	,048	,253	,471	,430					
CID	C.C	,392	,210	,308	,147	,021	-,266	,014	-,035	,175	-,070	-,224	-,294	-,112	-,416	,105	-,294	-,091	1,000			
	Sig.	,208	,513	,331	,649	,947	,404	,966	,914	,587	,829	,484	,354	,729	,179	,746	,354	,779				
COLIF. TERMO	C.C	-,443	,443	-,072	-,120	-,785*	,455	,755*	-,204	,168	,611	,240	,683	,204	-,290	,311	,311	,228	-,216	1,000		
	Sig.	,272	,272	,866	,778	,021	,257	,031	,629	,691	,108	,568	,062	,629	,486	,453	,453	,588	,608			
DBO	C.C	,289	-,289	-,133	,157	-,386	,337	-,494	,374	,048	-,205	,313	-,012	,711*	-,045	-,301	-,096	-,012	-,096	-,400	1,000	
	Sig.	,487	,487	,754	,711	,346	,414	,213	,362	,910	,627	,450	,977	,048	,916	,468	,820	,977	,820	,505		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

k. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, para águas subterrâneas, referentes a área de trituração da microbacia do igarapé Cumaru (TritC).

MÊS	Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	24,25	4,40	28,67	238,27	4,96	2,29	0,07	0,40	0,28	0,36	2,99	1,69	0,00	1,20	0,28	0,58	1,68	-	15,00
mai/14	290,80	21,08	4,51	24,67	371,97	5,49	1,78	0,29	0,27	0,08	1,01	3,76	1,24	0,00	1,19	0,44	0,65	0,18	14,80	13,00
jun/14	258,10	26,98	4,64	30,67	323,03	4,61	2,81	0,01	0,44	0,20	3,07	4,96	4,09	0,00	2,21	0,48	1,02	2,53	1,00	12,00
jul/14	107,40	24,13	4,53	27,33	338,03	5,04	2,60	0,16	0,24	0,12	1,56	2,25	3,07	0,05	0,77	0,53	1,11	0,46	93,30	14,00
ago/14	93,10	27,20	4,55	31,00	170,00	4,38	2,04	0,24	0,34	1,09	2,35	1,98	2,25	0,06	0,39	0,50	1,30	0,20	1050,00	1,00
set/14	24,10	26,65	4,42	34,33	800,00	5,18	4,35	0,00	0,35	0,00	0,75	2,92	4,66	0,00	1,48	0,64	1,45	0,25	3448,00	8,40
out/14	47,30	26,65	4,42	30,00	412,33	4,70	3,49	0,01	0,61	0,38	0,49	2,22	2,95	0,47	1,03	0,71	1,10	0,48	2382,00	3,90
nov/14	7,40	27,12	4,53	30,67	352,87	4,92	2,46	0,06	0,21	0,02	0,13	2,47	2,40	0,00	0,96	1,15	1,15	0,49	-	2,00
dez/14	21,80	27,13	4,23	30,00	355,00	4,13	2,55	0,04	0,46	0,08	0,22	2,51	0,75	0,00	1,32	1,78	0,80	0,33	39,10	1,00
jan/15	25,80	27,38	4,69	32,33	535,00	3,75	2,37	0,78	1,45	0,09	0,22	3,01	1,45	0,09	2,30	1,30	1,69	0,88	24196,00	30,00
fev/15	122,00	27,21	4,91	32,67	465,00	4,26	1,47	0,64	2,04	0,15	0,13	2,73	2,75	0,00	1,45	1,05	1,70	1,09	5,20	24,00
mar/15	448,90	26,32	4,58	32,33	500,33	4,11	1,35	0,54	0,41	0,00	0,08	2,76	0,00	0,00	1,37	3,62	1,36	0,98	1,00	4,70
Máximo	552,80	27,38	4,91	34,33	800,00	5,49	4,35	0,78	2,04	1,09	3,07	4,96	4,66	0,47	2,30	3,62	1,70	2,52	24196,00	30,00
Mínimo	7,40	21,08	4,23	24,67	170,00	3,75	1,35	0,00	0,21	0,00	0,08	1,98	0,00	0,00	0,39	0,28	0,58	0,17	1,00	1,00
Média	166,63	26,01	4,53	30,39	405,15	4,63	2,46	0,24	0,60	0,21	0,87	2,88	2,28	0,06	1,31	1,04	1,16	0,79	3123,04	10,75
Desvio	181,96	1,91	0,17	2,60	161,30	0,51	0,83	0,27	0,56	0,30	0,98	0,80	1,35	0,13	0,54	0,92	0,37	0,70	7502,51	9,23

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); CE – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COD – Carbono orgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); NT – Nitrogênio total ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); CID – Carbono inorgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

1. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na área de trituração (TritC) da microbacia do igarapé Cumaru (água subterrânea), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																				
	Sig.																					
Temp.	C.C	-,518	1,000																			
	Sig.	,084																				
pH	C.C	,210	,445	1,000																		
	Sig.	,513	,147																			
CE	C.C	-,253	,625*	,467	1,000																	
	Sig.	,427	,030	,125																		
Turb.	C.C	-,231	,140	,147	,559	1,000																
	Sig.	,471	,664	,649	,059																	
OD	C.C	,105	-,715**	-,490	-,475	-,203	1,000															
	Sig.	,746	,009	,106	,119	,527																
Na ⁺	C.C	-,524	-,060	-,406	-,074	,021	,343	1,000														
	Sig.	,080	,854	,191	,820	,948	,276															
NH ₄ ⁺	C.C	,357	,228	,643*	,134	,147	-,448	-,839**	1,000													
	Sig.	,255	,477	,024	,679	,649	,145	,001														
K ⁺	C.C	,042	,543	,308	,401	,420	-,671*	-,056	,182	1,000												
	Sig.	,897	,068	,331	,197	,175	,017	,863	,572													
Mg ²⁺	C.C	,252	,189	,126	-,260	-,622*	-,112	,028	-,007	,266	1,000											
	Sig.	,430	,556	,697	,414	,031	,729	,931	,983	,404												
Ca ²⁺	C.C	,161	-,242	-,028	-,320	-,469	,462	,420	-,315	-,266	,462	1,000										
	Sig.	,618	,449	,931	,311	,124	,131	,175	,319	,404	,131											
Cl ⁻	C.C	,413	-,161	,147	,028	,231	,070	-,091	,133	,182	-,301	,084	1,000									
	Sig.	,183	,617	,649	,931	,471	,829	,779	,681	,572	,342	,795										
NO ₃ ⁻	C.C	-,203	-,018	,077	,176	-,056	,455	,699*	-,559	-,098	,196	,517	-,098	1,000								
	Sig.	,527	,957	,812	,585	,863	,138	,011	,059	,762	,542	,085	,762									
PO ₄ ³⁻	C.C	-,233	,227	,175	-,063	-,008	-,204	,233	,104	,179	,524	,287	-,474	,129	1,000							
	Sig.	,466	,478	,587	,846	,980	,525	,466	,748	,578	,080	,366	,119	,690								
SO ₄ ²⁻	C.C	,063	,322	,315	,545	,587*	-,385	,063	,091	,643*	-,308	-,182	,741**	,028	-,279	1,000						
	Sig.	,846	,307	,319	,067	,045	,217	,846	,779	,024	,331	,572	,006	,931	,380							
COD	C.C	-,483	,473	,189	,478	,580*	-,699*	-,119	,210	,371	-,462	-,755**	-,252	-,371	,050	,252	1,000					
	Sig.	,112	,121	,557	,116	,048	,011	,713	,513	,236	,131	,005	,430	,236	,878	,430						
NT	C.C	-,294	,585*	,643*	,868**	,594*	-,441	-,161	,392	,301	-,238	-,322	-,168	,175	,200	,329	,538	1,000				
	Sig.	,354	,046	,024	,000	,042	,152	,618	,208	,342	,457	,308	,602	,587	,534	,297	,071					
CID	C.C	,385	,172	,413	,204	-,063	-,385	-,112	,119	,455	,210	-,287	,357	,091	-,212	,483	,070	,070	1,000			
	Sig.	,217	,594	,183	,525	,846	,217	,729	,713	,138	,513	,366	,255	,779	,508	,112	,829	,829				
COLIF. TERMO	C.C	-,760*	,262	-,304	,144	,322	,079	,498	-,170	,049	,030	,097	-,286	,261	,678*	-,036	,043	,274	-,432	1,000		
	Sig.	,011	,464	,393	,692	,364	,828	,143	,638	,894	,934	,789	,424	,466	,031	,920	,907	,444	,213			
DBO	C.C	,441	-,067	,424	,037	,256	,049	-,196	,497	,298	,039	,011	,560	,112	,006	,476	-,235	,193	,441	,030	1,000	
	Sig.	,151	,837	,170	,909	,422	,880	,541	,100	,347	,905	,974	,058	,729	,985	,117	,463	,549	,151	,933		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

APÊNDICE D- VARIÁVEIS ANALISADAS PARA TODO O PERÍODO DO ESTUDO, REFERENTES ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA MICROBACIA DO IGARAPÉ SÃO JOÃO.

- a. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, para águas subterrâneas, referentes a área de pasto da microbacia do Igarapé São João (PasSJ).

MÊS	Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	22,01	4,39	40,50	489,00	4,00	2,75	0,09	1,71	1,05	0,92	6,67	0,02	0,00	2,49	0,69	0,67	1,57	-	29,00
mai/14	290,80	19,78	4,86	33,00	196,95	4,95	2,04	0,21	0,64	0,59	1,81	5,81	0,18	0,13	2,96	0,60	0,99	0,42	24196,00	22,00
jun/14	258,10	27,71	5,52	46,00	87,05	3,56	2,26	2,33	1,02	0,58	2,53	7,06	0,93	0,00	0,38	0,76	2,14	1,71	325,50	7,30
jul/14	107,40	27,39	5,11	41,00	212,50	4,30	2,20	0,79	1,02	0,64	3,24	4,11	0,65	0,07	0,69	0,99	0,90	2,32	95,90	36,00
ago/14	93,10	27,26	5,41	37,50	164,00	2,07	2,21	0,72	0,25	2,74	1,38	7,81	4,17	0,06	0,22	4,89	0,75	1,37	20,10	19,00
set/14	24,10	27,33	4,90	37,00	120,00	2,05	2,83	0,00	0,84	0,93	2,10	5,17	0,00	0,64	2,65	1,53	0,35	0,61	387,30	27,00
out/14	47,30	27,26	4,94	35,00	149,50	5,07	3,26	0,00	1,51	1,02	1,16	4,20	0,00	0,00	2,31	1,55	0,76	0,78	99,00	6,60
nov/14	7,40	29,42	5,30	41,50	139,55	2,54	2,71	0,00	1,63	0,86	0,86	4,29	0,00	0,07	1,87	1,27	0,96	0,99	275,50	20,00
dez/14	21,80	29,04	5,12	48,00	79,85	2,21	2,50	2,73	1,65	0,92	1,01	4,59	0,01	0,00	1,57	1,11	0,52	1,96	214,30	23,00
jan/15	25,80	28,94	5,49	47,50	186,00	1,65	2,23	0,09	1,56	0,80	0,69	4,60	0,17	0,00	1,34	1,09	0,60	4,83	24196,00	19,00
fev/15	122,00	29,37	5,21	49,50	162,20	3,34	0,15	0,00	0,09	0,04	0,05	4,28	0,00	0,00	0,99	1,21	2,00	2,99	1,00	11,00
mar/15	448,90	28,54	5,68	30,00	25,10	2,31	0,69	0,16	7,58	0,39	0,29	1,66	0,00	0,00	0,65	4,58	1,03	1,36	3,10	3,10
Máximo	552,80	29,42	5,68	49,50	489,00	5,07	3,26	2,73	7,58	2,74	3,24	7,81	4,17	0,64	2,96	4,89	2,14	4,83	24196,00	36,00
Mínimo	7,40	19,78	4,39	30,00	25,10	1,65	0,15	0,00	0,09	0,04	0,05	1,66	0,00	0,00	0,22	0,60	0,35	0,42	1,00	3,10
Média	166,63	27,00	5,16	40,54	167,64	3,17	2,15	0,59	1,62	0,88	1,34	5,02	0,51	0,08	1,51	1,69	0,97	1,74	4528,52	18,58
Desvio	181,96	3,01	0,36	6,29	114,59	1,20	0,89	0,95	1,96	0,65	0,93	1,64	1,19	0,18	0,94	1,45	0,55	1,22	9724,75	9,93

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); CE – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COD – Carbono orgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); NT – Nitrogênio total ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); CID – Carbono inorgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

b. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na área de pasto (PasSJ) da microbacia do igarapé São João (água subterrânea), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																				
	Sig.																					
Temp.	C.C	-,494	1,000																			
	Sig.	,103																				
pH	C.C	-,070	,585*	1,000																		
	Sig.	,829	,046																			
CE	C.C	-,357	,673*	,224	1,000																	
	Sig.	,255	,017	,484																		
Turb.	C.C	,301	-,497	-,531	0,000	1,000																
	Sig.	,342	,100	,075	1,000																	
OD	C.C	,462	-,431	-,462	-,273	,350	1,000															
	Sig.	,131	,162	,131	,391	,265																
Na+	C.C	-,448	-,193	-,399	-,077	-,084	,014	1,000														
	Sig.	,145	,549	,199	,812	,795	,966															
NH4+	C.C	,275	-,088	,218	,183	-,042	,042	-,373	1,000													
	Sig.	,388	,785	,495	,569	,896	,896	,232														
K+	C.C	,028	,200	,154	-,091	-,294	-,070	,322	,035	1,000												
	Sig.	,931	,534	,633	,779	,354	,829	,308	,913													
Mg2+	C.C	-,329	-,441	-,420	-,189	,245	-,133	,720**	-,155	,105	1,000											
	Sig.	,297	,151	,175	,557	,443	,681	,008	,631	,746												
Ca2+	C.C	-,021	-,522	-,308	-,231	,154	,287	,252	,387	-,343	,224	1,000										
	Sig.	,948	,082	,331	,471	,633	,366	,430	,214	,276	,484											
Cl-	C.C	,105	-,431	-,126	,070	,231	-,196	,210	,254	-,280	,413	,343	1,000									
	Sig.	,746	,162	,697	,829	,471	,542	,513	,427	,379	,183	,276										
NO3-	C.C	,246	-,467	,057	,039	,445	,149	-,139	,685*	-,278	,189	,594*	,577*	1,000								
	Sig.	,442	,126	,860	,904	,147	,643	,667	,014	,382	,557	,042	,050									
PO43-	C.C	-,328	-,336	-,444	-,459	,187	,112	,202	-,312	-,433	,258	,530	,071	-,019	1,000							
	Sig.	,297	,285	,148	,133	,561	,729	,530	,324	,160	,419	,076	,827	,953								
SO42-	C.C	-,126	-,336	-,811**	-,259	,245	,252	,476	-,486	,077	,259	,035	,035	-,374	,444	1,000						
	Sig.	,697	,285	,001	,417	,443	,430	,118	,109	,812	,417	,914	,914	,231	,148							
COD	C.C	-,364	,217	,392	-,259	-,497	-,413	,077	-,352	-,021	,252	-,273	-,287	-,381	,097	-,336	1,000					
	Sig.	,245	,498	,208	,417	,101	,183	,812	,262	,948	,430	,391	,366	,222	,764	,286						
NT	C.C	,510	,165	,399	-,021	-,126	,483	-,580*	,134	-,182	-,741**	-,098	-,189	,036	-,179	-,392	-,133	1,000				
	Sig.	,090	,609	,199	,948	,697	,112	,048	,678	,572	,006	,762	,557	,913	,577	,208	,681					
CID	C.C	-,007	,508	,385	,797**	,161	-,259	-,343	,352	,035	-,273	-,273	-,112	,221	-,679*	-,538	-,210	,021	1,000			
	Sig.	,983	,092	,217	,002	,618	,417	,276	,262	,914	,391	,391	,729	,491	,015	,513	,948					
COLIF. TERMO	C.C	-,273	-,205	-,282	-,041	,159	-,141	,424	-,055	,096	,173	,351	,519	,177	,349	,560	-,551	-,305	-,282	1,000		
	Sig.	,416	,544	,400	,905	,640	,679	,194	,872	,780	,611	,290	,102	,602	,293	,073	,079	,361	,400			
DBO	C.C	-,147	-,226	-,662*	,130	,515	,007	,221	,155	-,042	,357	,417	,200	,171	,406	,431	-,473	-,539	,035	,358	1,000	
	Sig.	,648	,479	,019	,688	,087	,983	,491	,630	,897	,254	,178	,534	,595	,191	,162	,121	,070	,914	,279		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

c. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, para águas subterrâneas, referentes a área de SAF da microbacia do igarapé SãoJoão (SafSJ).

MÊS	Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	22,00	4,76	36,00	14,23	3,23	3,57	0,11	0,69	0,69	0,68	8,13	0,40	0,00	1,70	0,50	0,73	0,71	-	20,00
mai/14	290,80	19,77	4,91	32,33	9,27	5,30	2,78	0,28	0,31	0,43	1,67	7,31	0,29	0,00	1,11	0,62	0,53	0,36	73,80	21,00
jun/14	258,10	27,01	5,06	36,00	37,33	4,99	2,89	0,11	0,35	0,42	1,95	7,42	0,55	0,00	0,77	0,94	1,01	6,36	1,00	26,00
jul/14	107,40	26,26	4,75	30,67	109,17	2,62	2,90	0,17	0,49	0,45	2,28	6,16	0,42	0,02	0,88	0,81	0,62	0,56	1,00	11,00
ago/14	93,10	27,54	5,19	33,00	99,17	4,29	1,10	0,14	0,17	0,38	0,61	0,84	2,21	0,02	0,21	2,10	0,70	0,57	1,00	33,00
set/14	24,10	27,31	4,76	36,33	45,17	2,69	4,05	0,00	0,58	0,76	1,61	9,14	0,00	0,91	0,69	0,49	0,53	0,35	387,30	30,00
out/14	47,30	27,52	4,81	39,00	52,33	2,83	4,64	0,00	0,95	0,85	0,79	7,83	0,00	0,56	0,33	0,95	0,82	0,50	179,30	38,00
nov/14	7,40	27,16	4,97	41,67	147,67	2,12	3,82	0,00	0,44	0,52	0,59	7,20	0,00	0,33	0,59	1,28	0,73	0,61	1,00	28,00
dez/14	21,80	26,59	4,82	42,33	627,33	2,21	4,21	-	0,67	0,58	0,63	6,79	0,00	0,24	0,57	2,33	0,66	3,15	11,00	31,00
jan/15	25,80	26,82	4,61	40,67	282,33	2,06	3,15	0,02	0,57	0,45	0,35	6,66	0,04	0,11	0,87	0,97	0,50	1,08	2,00	11,00
fev/15	122,00	27,14	4,82	35,00	344,63	2,78	0,15	0,00	0,04	0,03	0,03	5,29	0,00	0,00	0,73	1,02	0,78	2,30	13,50	38,00
mar/15	448,90	26,26	6,35	33,00	276,67	2,65	2,77	0,16	0,26	0,36	0,39	3,82	0,02	0,00	0,92	1,21	0,51	2,70	-	-
Máximo	552,80	27,54	6,35	42,33	627,33	5,30	4,64	0,28	0,95	0,85	2,28	9,14	2,21	0,91	1,70	2,33	1,01	6,36	387,30	38,00
Mínimo	7,40	19,77	4,61	30,67	9,27	2,06	0,15	0,00	0,04	0,03	0,03	0,84	0,00	0,00	0,21	0,49	0,50	0,35	1,00	11,00
Média	166,63	25,95	4,98	36,33	170,44	3,15	3,00	0,09	0,46	0,49	0,96	6,38	0,33	0,18	0,78	1,10	0,68	1,60	67,09	26,09
Desvio	181,96	2,45	0,46	3,85	183,40	1,11	1,28	0,09	0,25	0,22	0,72	2,22	0,63	0,29	0,38	0,58	0,15	1,79	126,01	9,45

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); CE – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COD – Carbono orgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); NT – Nitrogênio total ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); CID – Carbono inorgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

d. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na área de SAF (SafSJ) da microbacia do igarapé São João (água subterrânea), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																				
	Sig.																					
Temp.	C.C	-,581*	1,000																			
	Sig.	,047																				
pH	C.C	,203	,182	1,000																		
	Sig.	,527	,571																			
CE	C.C	-,702*	,346	-,218	1,000																	
	Sig.	,011	,270	,497																		
Turb.	C.C	-,455	,154	-,021	,358	1,000																
	Sig.	,138	,632	,948	,253																	
OD	C.C	,622*	-,039	,378	-,516	-,755**	1,000															
	Sig.	,031	,905	,226	,086	,005																
Na+	C.C	-,573	,151	-,490	,723**	-,042	-,364	1,000														
	Sig.	,051	,106	,008	,897	,245																
NH4+	C.C	,661*	-,639*	,220	-,866**	-,229	,349	-,615*	1,000													
	Sig.	,027	,034	,515	,001	,497	,293	,044														
K+	C.C	-,301	-,035	-,664*	,565	-,161	-,245	,923**	-,440	1,000												
	Sig.	,342	,914	,018	,056	,618	,443	,000	,175													
Mg2+	C.C	-,427	,116	-,580*	,530	-,266	-,189	,944**	-,505	,937**	1,000											
	Sig.	,167	,721	,048	,076	,404	,557	,000	,113	,000												
Ca2+	C.C	,154	-,207	-,168	-,316	-,685*	,441	,266	,349	,322	,392	1,000										
	Sig.	,633	,519	,602	,317	,014	,152	,404	,293	,308	,208											
Cl-	C.C	-,063	-,028	-,378	,375	-,622*	,231	,678*	-,440	,699*	,762**	,510	1,000									
	Sig.	,846	,931	,226	,229	,031	,471	,015	,175	,011	,004	,090										
NO3-	C.C	,541	-,193	,107	-,593*	-,495	,520	-,424	,704*	-,199	-,288	,420	-,185	1,000								
	Sig.	,069	,549	,741	,042	,102	,083	,170	,016	,535	,363	,174	,565									
PO43-	C.C	-,885**	,628*	-,312	,633*	,189	-,479	,747**	-,664*	,544	,689*	,015	,297	-,480	1,000							
	Sig.	,000	,029	,324	,027	,557	,116	,005	,026	,068	,013	,964	,348	,114								
SO42-	C.C	,727**	-,879**	-,210	-,463	-,336	,133	-,287	,587	-,056	-,182	,168	,119	,278	-,689*	1,000						
	Sig.	,007	,000	,513	,129	,286	,681	,366	,058	,863	,572	,602	,713	,382	,013							
COD	C.C	-,392	,312	,483	,312	,741**	-,378	-,140	-,055	-,322	-,364	-,608*	-,685*	-,196	,123	-,566	1,000					
	Sig.	,208	,324	,112	,323	,006	,226	,665	,872	,308	,245	,036	,014	,542	,703	,055						
NT	C.C	,063	,389	,175	,161	-,196	,413	,098	-,358	,091	,112	,161	,280	,057	-,065	-,350	,028	1,000				
	Sig.	,846	,212	,587	,616	,542	,183	,762	,280	,779	,729	,618	,379	,860	,840	,265	,931					
CID	C.C	,161	-,182	,301	,246	,497	-,182	-,231	,101	-,210	-,455	-,385	-,336	,018	-,435	,070	,510	,210	1,000			
	Sig.	,618	,571	,342	,442	,101	,572	,471	,768	,513	,138	,217	,286	,956	,158	,829	,090	,513				
COLIF. TERMO	C.C	-,025	,081	-,388	,119	-,194	,163	,344	-,381	,375	,431	-,031	,544	-,519	,354	-,025	-,406	-,213	-,525	1,000		
	Sig.	,945	,823	,268	,744	,592	,654	,331	,312	,285	,213	,932	,104	,124	,315	,945	,244	,555	,119			
DBO	C.C	-,256	,699*	,498	,192	,260	,164	,078	-,512	-,114	-,014	-,352	-,091	-,386	,301	-,790**	,452	,502	0,000			
	Sig.	,448	,017	,119	,571	,440	,629	,821	,130	,738	,968	,289	,789	,242	,368	,004	,163	,115	1,000	,368	1,000	

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

e. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, para águas subterrâneas, referentes a área de capoeira da microbacia do igarapé SãoJoão (CapSJ).

MÊS	Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	25,01	4,35	28,00	584,50	4,67	2,33	0,05	0,29	0,34	0,23	5,17	0,31	0,00	0,67	0,34	0,55	1,10	-	12,00
mai/14	290,80	19,98	4,55	39,00	725,00	5,94	-	-	-	-	-	7,59	0,56	0,00	0,48	0,58	0,59	0,05	180,40	11,00
jun/14	258,10	27,60	4,89	28,00	542,00	5,70	2,09	0,09	0,19	0,16	1,46	4,21	1,75	0,00	0,46	0,48	1,08	5,59	5,00	6,20
jul/14	107,40	26,25	4,32	31,00	267,25	5,43	2,93	0,14	0,36	0,20	1,15	2,34	5,13	0,04	0,34	0,92	1,48	0,17	9,80	13,00
ago/14	93,10	27,33	4,56	33,50	800,00	5,21	1,13	0,20	0,33	0,66	1,33	0,55	1,24	0,03	0,24	4,28	1,69	0,25	24196,00	9,00
set/14	24,10	26,96	4,35	40,50	800,00	5,51	5,30	0,00	0,30	0,41	0,39	4,13	4,54	0,64	0,87	1,17	1,68	0,23	2,00	15,00
out/14	47,30	26,25	4,11	42,00	800,00	4,83	5,78	0,00	0,62	0,44	0,31	3,68	0,37	0,01	0,65	2,90	2,10	0,30	150,00	19,00
nov/14	7,40	27,77	4,44	35,00	495,50	5,35	2,54	0,00	0,00	0,04	0,00	2,40	0,00	0,32	0,41	1,06	1,40	1,12	-	11,00
dez/14	21,80	27,32	4,40	38,50	748,00	4,52	2,43	0,02	0,37	0,15	0,06	2,97	0,38	0,00	0,43	2,07	1,00	4,80	7,50	10,00
jan/15	25,80	26,62	3,93	29,00	275,00	4,14	1,41	0,00	0,00	0,00	0,01	2,49	0,00	0,07	0,62	1,13	0,75	0,46	76,80	6,10
fev/15	122,00	26,44	4,46	30,50	400,00	5,59	0,07	0,01	0,03	0,01	0,01	2,60	1,50	0,00	0,42	2,25	1,21	1,32	14,80	24,00
mar/15	448,90	26,02	4,37	30,50	754,00	4,43	1,61	0,12	0,23	0,16	0,08	2,09	1,64	0,00	0,65	2,09	1,17	2,31	-	-
Máximo	552,80	27,77	4,89	42,00	800,00	5,94	5,78	0,20	0,62	0,66	1,46	7,59	5,13	0,64	0,87	4,28	2,10	5,59	24196,00	24,00
Mínimo	7,40	19,98	3,93	28,00	267,25	4,14	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,24	0,34	0,55	0,05	2,00	6,10
Média	166,63	26,13	4,39	33,79	599,27	5,11	2,51	0,06	0,25	0,23	0,46	3,35	1,45	0,09	0,52	1,61	1,22	1,47	2738,03	12,39
Desvio	181,96	2,08	0,24	5,07	202,73	0,57	1,70	0,07	0,19	0,21	0,57	1,80	1,70	0,20	0,17	1,16	0,47	1,86	8047,02	5,34

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); CE – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COD – Carbono orgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); NT – Nitrogênio total ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); CID – Carbono inorgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

f. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na área de capoeira (CapSJ) da microbacia do igarapé São João (água subterrânea), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																				
	Sig.																					
Temp.	C.C	-,680*	1,000																			
	Sig.	,015																				
pH	C.C	,175	,375	1,000																		
	Sig.	,587	,230																			
CE	C.C	-,526	0,000	-,081	1,000																	
	Sig.	,079	1,000	,803																		
Turb.	C.C	-,056	-,014	,134	,562	1,000																
	Sig.	,862	,965	,678	,057																	
OD	C.C	,161	,060	,601*	,172	-,099	1,000															
	Sig.	,618	,854	,039	,593	,760																
Na+	C.C	-,391	-,064	-,445	,621*	,239	,091	1,000														
	Sig.	,235	,852	,170	,041	,480	,790															
NH4+	C.C	,591	-,142	,381	-,369	0,000	,065	-,363	1,000													
	Sig.	,056	,677	,247	,264	1,000	,849	,273														
K+	C.C	-,050	-,260	-,214	,572	,524	-,073	,524	,266	1,000												
	Sig.	,884	,440	,527	,066	,098	,831	,098	,430													
Mg2+	C.C	,173	-,141	-,009	,352	,706*	,173	,400	,330	,702*	1,000											
	Sig.	,612	,679	,979	,289	,015	,612	,223	,321	,016												
Ca2+	C.C	,382	,018	,227	-,032	,358	,445	,164	,586	,515	,773**	1,000										
	Sig.	,247	,958	,502	,926	,280	,170	,631	,058	,105	,005											
Cl-	C.C	,259	-,305	,070	,074	,085	,420	,336	-,400	,068	,109	,136	1,000									
	Sig.	,417	,336	,829	,820	,794	,175	,312	,223	,842	,750	,689										
NO3-	C.C	,270	-,046	,249	,004	,078	,483	,114	,490	,315	,319	,670*	-,095	1,000								
	Sig.	,397	,888	,436	,991	,811	,111	,739	,126	,345	,339	,024	,770									
PO43-	C.C	-,687*	,411	-,388	,341	-,030	-,075	,400	-,429	-,119	,095	-,086	-,343	-,060	1,000							
	Sig.	,014	,184	,212	,278	,926	,818	,222	,188	,726	,780	,802	,274	,853								
SO42-	C.C	,217	-,448	-,469	,077	,380	-,217	,355	-,465	,064	,164	-,018	,573	-,102	-,052	1,000						
	Sig.	,499	,144	,124	,812	,223	,499	,285	,149	,852	,631	,958	,051	,753	,872							
COD	C.C	-,329	,172	-,014	,421	,500	-,280	-,218	-,005	,323	,209	-,036	-,566	,032	,123	-,175	1,000					
	Sig.	,297	,594	,966	,173	,098	,379	,519	,989	,332	,537	,915	,055	,923	,703	,587						
NT	C.C	-,427	,347	-,049	,523	,387	,119	,382	-,014	,442	,591	,373	-,483	,333	,534	-,231	,657*	1,000				
	Sig.	,167	,269	,880	,081	,214	,713	,247	,968	,174	,056	,259	,112	,291	,074	,471	,020					
CID	C.C	,021	,396	,266	-,484	-,106	-,266	-,373	,028	-,346	-,518	-,273	-,056	-,119	-,470	-,028	,021	-,259	1,000			
	Sig.	,948	,203	,404	,111	,744	,404	,259	,935	,297	,102	,417	,863	,712	,123	,931	,948	,417				
COLIF. TERMO	C.C	,300	-,377	,033	,167	,136	-,117	-,310	,122	,119	,238	-,190	-,300	-,517	-,104	-,267	,400	,050	-,367	1,000		
	Sig.	,433	,318	,932	,668	,728	,765	,456	,774	,779	,570	,651	,433	,154	,789	,488	,286	,898	,332			
DBO	C.C	,096	-,457	-,237	,388	,106	,269	,382	-,250	,310	,224	-,079	,118	,299	,005	,191	,219	,369	-,232	-,067	1,000	
	Sig.	,780	,158	,483	,238	,757	,424	,276	,486	,383	,533	,829	,729	,372	,989	,573	,518	,264	,492	,865		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

g. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, para águas subterrâneas, referentes a área de vegetação ripária da microbacia do igarapé SãoJoão (VRipSJ).

MÊS	Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	25,55	4,30	22,00	107,40	4,98	1,06	0,15	0,39	0,27	0,24	2,56	0,15	0,00	1,42	0,34	0,59	2,11	-	21,00
mai/14	290,80	19,96	4,71	20,50	11,15	6,13	-	-	-	-	-	2,37	0,33	0,00	1,16	0,68	0,57	0,06	80,50	36,00
jun/14	258,10	27,06	4,84	22,50	5,20	4,32	1,75	0,07	0,27	0,21	2,69	3,31	1,11	0,00	1,23	0,70	0,77	0,11	10,90	18,00
jul/14	107,40	26,36	4,50	19,00	27,55	5,16	1,14	0,16	0,33	0,20	1,50	1,40	0,48	0,04	0,79	0,52	0,65	0,21	41,00	20,00
ago/14	93,10	26,46	4,56	22,50	262,65	4,12	2,01	0,58	0,61	1,64	1,24	1,39	1,33	0,04	0,48	2,20	0,57	0,25	1,00	22,00
set/14	24,10	26,45	4,17	26,50	97,45	4,59	1,78	0,03	0,00	0,41	0,79	2,27	0,00	0,68	1,82	0,70	0,43	0,30	816,40	18,00
out/14	47,30	26,05	4,07	22,00	239,65	3,65	1,58	0,00	0,42	0,44	0,37	3,09	0,38	0,13	1,06	1,17	0,72	0,32	1732,90	38,00
nov/14	7,40	26,91	4,39	21,00	99,50	3,84	0,74	0,00	0,00	0,16	0,21	1,17	0,00	0,11	1,34	0,56	0,58	0,46	5,20	29,00
dez/14	21,80	26,65	4,33	28,00	273,85	3,38	0,51	1,50	0,03	0,33	0,55	1,97	0,00	0,00	0,95	0,80	0,50	0,94	1,00	23,00
jan/15	25,80	26,42	4,46	30,50	78,10	3,83	0,55	0,42	0,18	0,26	0,24	2,66	0,00	0,34	0,94	0,47	0,90	0,94	9,80	1,20
fev/15	122,00	25,93	4,44	30,00	219,40	3,79	0,08	0,00	0,01	0,01	0,02	2,81	0,05	0,00	0,73	0,64	0,62	1,49	12,10	26,00
mar/15	448,90	26,05	4,51	31,00	114,40	2,91	1,59	0,15	0,44	0,15	0,20	2,47	0,01	0,00	0,76	1,44	0,66	1,51	3,10	1,00
Máximo	552,80	27,06	4,84	31,00	273,85	6,13	2,01	1,50	0,61	1,64	2,69	3,31	1,33	0,68	1,82	2,20	0,90	2,11	1732,90	38,00
Mínimo	7,40	19,96	4,07	19,00	5,20	2,91	0,08	0,00	0,00	0,01	0,02	1,17	0,00	0,00	0,48	0,34	0,43	0,06	1,00	1,00
Média	166,63	25,82	4,44	24,63	128,03	4,22	1,16	0,28	0,24	0,37	0,73	2,29	0,32	0,11	1,06	0,85	0,63	0,72	246,72	21,10
Desvio	181,96	1,89	0,21	4,30	97,18	0,88	0,63	0,44	0,21	0,44	0,80	0,69	0,45	0,20	0,36	0,52	0,13	0,67	548,49	11,36

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); CE – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COD – Carbono orgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); NT – Nitrogênio total ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); CID – Carbono inorgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

h. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na área de vegetação ripária (VRipSJ) da microbacia do igarapé São João (água subterrânea), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																				
	Sig.																					
Temp.	C.C	-,630*	1,000																			
	Sig.	,028																				
pH	C.C	,434	,105	1,000																		
	Sig.	,159	,745																			
CE	C.C	-,035	,104	-,028	1,000																	
	Sig.	,914	,748	,931																		
Turb.	C.C	-,252	0,000	-,462	,354	1,000																
	Sig.	,430	1,000	,131	,258																	
OD	C.C	,273	-,189	,252	-,709**	-,671*	1,000															
	Sig.	,391	,556	,430	,010	,017																
Na+	C.C	,191	,241	,273	-,155	-,155	,318	1,000														
	Sig.	,574	,474	,417	,649	,650	,340															
NH4+	C.C	,046	,130	,364	,240	,164	,059	-,014	1,000													
	Sig.	,894	,703	,270	,477	,630	,863	,968														
K+	C.C	,583	-,320	,351	-,032	,269	-,087	,465	,326	1,000												
	Sig.	,060	,338	,290	,926	,424	,800	,150	,327													
Mg2+	C.C	-,291	,173	-,336	-,187	,345	,145	,473	,296	,292	1,000											
	Sig.	,385	,611	,312	,581	,298	,670	,142	,377	,384												
Ca2+	C.C	-,027	,501	,245	-,443	-,300	,573	,582	,342	,187	,536	1,000										
	Sig.	,937	,116	,467	,172	,370	,066	,060	,304	,582	,089											
Cl-	C.C	,434	-,280	-,007	,326	-,175	-,196	-,082	-,296	,100	-,082	-,073	1,000									
	Sig.	,159	,378	,983	,301	,587	,542	,811	,377	,769	,811	,832										
NO3-	C.C	,505	-,100	,491	-,443	-,125	,370	,498	,082	,690*	,195	,530	,174	1,000								
	Sig.	,094	,758	,105	,149	,700	,236	,119	,811	,019	,565	,093	,588									
PO43-	C.C	-,657*	,260	-,444	-,079	-,086	,049	,210	-,234	-,272	,381	,114	-,198	-,264	1,000							
	Sig.	,020	,415	,148	,808	,791	,881	,536	,488	,418	,247	,738	,538	,407								
SO42-	C.C	-,126	,112	-,399	-,351	-,406	,413	,082	-,374	-,465	,209	,164	,056	-,303	,205	1,000						
	Sig.	,697	,729	,199	,263	,191	,183	,811	,258	,150	,537	,631	,863	,339	,522							
COD	C.C	-,056	,256	,175	,284	,483	-,476	,518	,041	,446	,327	,164	-,028	,285	-,127	-,357	1,000					
	Sig.	,863	,422	,587	,371	,112	,118	,102	,905	,169	,326	,631	,931	,370	,694	,255						
NT	C.C	,273	-,018	,224	,193	-,266	-,259	-,091	-,132	,323	-,318	-,091	,643*	,249	,052	-,259	-,140	1,000				
	Sig.	,391	,957	,484	,548	,404	,417	,790	,699	,332	,340	,790	,024	,435	,872	,417	,665					
CID	C.C	,098	-,253	-,480	,569	,525	-,578*	-,560	,014	-,005	-,319	-,834**	,151	-,524	-,170	-,102	-,200	,126	1,000			
	Sig.	,762	,428	,114	,053	,079	,049	,073	,968	,989	,339	,001	,640	,080	,597	,753	,534	,696				
COLIF. TERMO	C.C	,128	-,479	-,273	-,409	-,424	,433	,043	-,634*	-,207	,024	,103	,410	,110	,377	,433	-,278	,055	-,390	1,000		
	Sig.	,709	,136	,416	,212	,194	,184	,907	,049	,565	,947	,776	,210	,748	,252	,184	,408	,873	,235			
DBO	C.C	-,203	-,221	-,266	-,540	,301	,053	-,333	-,384	-,153	,173	-,141	-,109	,152	-,069	,074	,060	-,322	-,200	,324	1,000	
	Sig.	,527	,490	,403	,070	,341	,871	,318	,244	,653	,611	,679	,737	,638	,831	,820	,854	,307	,533	,331		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

- i. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, para águas subterrâneas, referentes a área de queima da microbacia do igarapé SãoJoão (QueSJ).

MÊS	Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	24,79	4,34	31,67	405,93	4,32	1,96	0,11	0,53	0,54	0,26	2,81	3,82	0,00	0,99	0,23	0,71	1,24	-	19,00
mai/14	290,80	20,00	4,63	33,33	148,57	6,39	-	-	-	-	-	2,74	3,73	0,00	0,87	0,50	1,24	0,16	24196,00	21,00
jun/14	258,10	27,99	4,86	30,33	64,57	7,54	2,31	0,05	0,17	0,26	1,31	4,41	2,31	0,00	0,74	0,91	1,83	2,39	3448,00	18,00
jul/14	107,40	27,82	4,37	27,33	35,43	4,77	1,76	0,15	0,28	0,29	1,09	2,43	2,51	0,04	0,61	0,74	1,19	2,22	855,00	17,00
ago/14	93,10	27,75	4,53	31,33	112,73	4,45	2,14	0,27	0,40	2,19	1,44	1,54	1,68	0,04	0,41	1,29	1,45	0,28	4352,00	2,00
set/14	24,10	27,38	4,18	37,00	209,03	4,30	1,76	0,12	0,52	0,59	0,57	2,69	4,09	0,53	1,02	0,60	1,30	0,25	932,00	24,00
out/14	47,30	27,42	4,20	37,00	229,07	5,72	2,65	0,00	0,70	0,85	0,41	2,45	2,26	4,39	0,76	1,06	1,51	0,49	866,40	14,00
nov/14	7,40	27,72	4,18	41,67	307,83	4,09	2,38	0,02	0,48	0,38	0,04	2,66	5,55	0,05	0,70	1,21	1,67	0,61	-	13,00
dez/14	21,80	27,91	3,98	48,67	361,33	3,89	2,65	0,43	0,90	0,45	0,16	2,75	3,07	4,44	0,77	0,73	1,70	3,06	1,00	3,00
jan/15	25,80	26,57	3,71	46,00	414,67	4,22	2,15	0,00	0,55	0,24	0,00	3,02	1,16	0,00	0,76	0,83	1,68	4,61	435,20	14,00
fev/15	122,00	26,67	4,33	45,67	327,53	4,98	0,10	0,02	0,06	0,02	0,01	2,71	5,15	0,00	0,63	0,94	1,82	1,33	80,50	44,00
mar/15	448,90	26,76	4,07	43,33	800,00	4,58	1,88	0,29	0,46	0,35	0,09	2,23	4,72	0,00	0,87	1,51	1,67	1,07	89,20	0,60
Máximo	552,80	27,99	4,86	48,67	800,00	7,54	2,65	0,43	0,90	2,19	1,44	4,41	5,55	4,44	1,02	1,51	1,83	4,61	24196,00	44,00
Mínimo	7,40	20,00	3,71	27,33	35,43	3,89	0,10	0,00	0,06	0,02	0,00	1,54	1,16	0,00	0,41	0,23	0,71	0,16	1,00	0,60
Média	166,63	26,57	4,28	37,78	284,73	4,94	1,98	0,13	0,46	0,56	0,49	2,70	3,34	0,79	0,76	0,88	1,48	1,48	3525,53	15,80
Desvio	181,96	2,25	0,30	7,13	207,34	1,09	0,70	0,14	0,24	0,58	0,54	0,66	1,40	1,70	0,17	0,36	0,32	1,36	7412,72	11,70

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); CE – Condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions (mg.l^{-1}); COD – Carbono orgânico dissolvido (mg.l^{-1}); NT – Nitrogênio total (mg.l^{-1}); CID – Carbono inorgânico dissolvido (mg.l^{-1}); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio (mg.l^{-1}).

j. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na área de queima (QueSJ) da microbacia do igarapé São João (água subterrânea), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																				
	Sig.																					
Temp.	C.C	-,413	1,000																			
	Sig.	,183																				
pH	C.C	,525	,119	1,000																		
	Sig.	,079	,712																			
CE	C.C	-,413	-,242	-,847**	1,000																	
	Sig.	,182	,449	,001																		
Turb.	C.C	,042	-,490	-,764**	,781**	1,000																
	Sig.	,897	,106	,004	,003																	
OD	C.C	,629*	-,049	,743**	-,539	-,497	1,000															
	Sig.	,028	,880	,006	,070	,101																
Na+	C.C	-,418	,400	-,178	,150	,036	-,173	1,000														
	Sig.	,201	,223	,601	,659	,915	,612															
NH4+	C.C	,087	,392	,018	-,084	-,032	-,269	-,164	1,000													
	Sig.	,800	,233	,957	,805	,926	,424	,630														
K+	C.C	-,473	-,173	-,651*	,460	,445	-,582	,591	-,023	1,000												
	Sig.	,142	,612	,030	,154	,170	,060	,056	,947													
Mg2+	C.C	-,218	,118	,114	-,260	-,191	-,182	,300	,301	,455	1,000											
	Sig.	,519	,729	,739	,441	,574	,593	,370	,369	,160												
Ca2+	C.C	,191	,600	,743**	-,834**	-,791**	,400	,018	,383	-,245	,527	1,000										
	Sig.	,574	,051	,009	,001	,004	,223	,958	,245	,467	,096											
Cl-	C.C	,077	-,154	-,004	,175	,182	-,014	,164	-,383	,164	-,464	-,282	1,000									
	Sig.	,812	,633	,991	,586	,572	,966	,631	,245	,631	,151	,401										
NO3-	C.C	,070	-,238	-,144	,252	,280	-,154	-,373	,146	-,245	-,173	-,382	-,126	1,000								
	Sig.	,829	,457	,656	,429	,379	,633	,259	,669	,467	,612	,247	,697									
PO43-	C.C	-,769**	,526	-,310	,150	-,183	-,437	,467	,215	,543	,648*	,238	-,343	-,071	1,000							
	Sig.	,003	,079	,326	,643	,569	,156	,147	,525	,084	,031	,480	,274	,827								
SO42-	C.C	,189	-,517	-,294	,245	,441	-,175	-,018	,123	,582	,173	-,236	,378	,245	-,071	1,000						
	Sig.	,557	,085	,353	,442	,152	,587	,958	,719	,060	,612	,484	,226	,443	,827							
COD	C.C	-,133	,315	-,137	,133	,084	,070	,164	-,041	-,327	,009	-,064	-,594*	,014	,067	-,587*	1,000					
	Sig.	,681	,319	,672	,680	,795	,829	,631	,905	,326	,979	,853	,042	,966	,836	,045						
NT	C.C	-,224	,350	-,270	,525	,238	,021	,236	-,178	-,191	-,600	-,364	,329	-,014	-,075	-,259	,441	1,000				
	Sig.	,484	,265	,397	,079	,457	,948	,484	,601	,574	,051	,272	,297	,966	,818	,417	,152					
CID	C.C	-,077	,308	-,319	,287	,287	-,224	,155	-,073	,036	-,727*	-,364	,510	-,259	-,187	-,217	-,042	,538	1,000			
	Sig.	,812	,331	,313	,365	,366	,484	,650	,831	,915	,011	,272	,090	,417	,561	,499	,897	,071				
COLIF. TERMO	C.C	,261	-,042	,721*	-,729*	-,673*	,491	,083	-,184	-,233	,467	,800**	-,091	-,321	-,110	-,006	-,176	-,467	-,636*	1,000		
	Sig.	,467	,907	,019	,017	,033	,150	,831	,635	,546	,205	,010	,803	,365	,762	,987	,627	,174	,048			
DBO	C.C	,235	-,392	,372	-,191	-,256	,375	-,492	-,452	-,287	-,301	0,000	,445	,245	-,301	,256	-,627*	-,165	-,140	,188	1,000	
	Sig.	,463	,207	,234	,552	,422	,230	,124	,163	,392	,369	1,000	,147	,442	,342	,422	,029	,609	,664	,602		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

k. Concentrações médias das variáveis analisadas para todo o período do estudo, para águas subterrâneas, referentes a área de trituração da microbacia do igarapé SãoJoão (TritSJ).

MÊS	Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO
abr/14	552,80	24,40	4,39	31,33	800,00	4,72	1,44	0,26	1,13	0,51	0,69	3,90	2,32	0,08	1,52	0,54	1,07	0,31	-	27,00
mai/14	290,80	19,63	4,58	28,00	229,33	5,49	-	-	-	-	-	2,41	0,40	0,00	0,78	0,36	0,43	0,30	65,00	1,00
jun/14	258,10	26,48	4,71	30,00	58,83	5,08	1,75	0,20	0,22	0,25	1,22	4,99	0,45	0,00	0,63	0,81	0,70	0,22	209,80	50,00
jul/14	107,40	26,55	4,26	26,00	66,07	5,89	1,82	0,15	0,37	0,27	1,68	3,01	0,87	0,04	0,64	0,42	0,70	0,18	91,20	19,00
ago/14	93,10	26,41	4,57	28,33	40,73	5,21	2,60	0,15	0,23	1,68	1,64	1,71	2,32	0,07	0,77	2,85	0,61	0,16	1,00	3,00
set/14	24,10	26,41	4,20	32,33	47,93	4,23	2,41	0,01	0,50	0,42	0,49	4,34	0,09	1,16	0,96	0,58	0,41	0,29	4884,00	3,70
out/14	47,30	27,82	4,36	29,67	93,97	3,87	3,03	0,00	0,57	0,48	0,28	4,56	0,01	0,11	0,88	0,81	0,76	0,27	4,10	29,00
nov/14	7,40	27,02	4,57	28,33	30,00	4,83	2,72	0,01	0,48	0,17	0,08	4,62	0,00	0,12	1,13	1,36	0,79	0,33	3,10	5,00
dez/14	21,80	27,20	4,40	30,33	541,27	4,62	2,48	0,06	0,52	0,20	0,13	3,98	0,08	0,19	0,83	1,49	0,65	0,53	2,00	4,00
jan/15	25,80	26,78	4,55	36,67	569,67	3,70	1,52	0,06	1,06	0,22	0,03	4,64	0,28	0,00	3,79	0,55	0,71	0,89	365,40	3,90
fev/15	122,00	26,87	4,14	34,67	624,67	5,27	0,09	0,02	0,05	0,02	0,01	4,17	0,40	0,00	0,75	1,23	1,10	0,93	46,20	26,00
mar/15	448,90	27,34	6,42	34,00	783,67	3,88	1,40	0,22	0,13	0,14	0,03	2,63	0,30	0,00	0,55	1,32	0,76	0,68	21,10	1,00
Máximo	552,80	27,82	6,42	36,67	800,00	5,89	3,03	0,26	1,13	1,68	1,68	4,99	2,32	1,16	3,79	2,85	1,09	0,93	4884,00	50,00
Mínimo	7,40	19,63	4,14	26,00	30,00	3,70	0,09	0,00	0,05	0,02	0,01	1,71	0,00	0,00	0,55	0,36	0,41	0,16	1,00	1,00
Média	166,63	26,08	4,60	30,81	323,84	4,73	1,93	0,10	0,48	0,40	0,57	3,75	0,63	0,15	1,10	1,03	0,72	0,42	517,54	14,38
Desvio	181,96	2,19	0,60	3,13	312,97	0,70	0,83	0,10	0,35	0,45	0,65	1,05	0,83	0,32	0,89	0,70	0,21	0,27	1452,58	15,68

Pp-Precipitação (mm); Temp. – Temperatura (°C); CE – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COD – Carbono orgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); NT – Nitrogênio total ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); CID – Carbono inorgânico dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

1. Matriz de correlação de Spearman entre todas as variáveis medidas na área de trituração (TritSJ) da microbacia do igarapé São João (água subterrânea), para o período total do estudo.

		Pp	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	COLIF. TERMO	DBO	
Pp	C.C	1,000																				
	Sig.																					
Temp.	C.C	-,368	1,000																			
	Sig.	,240																				
pH	C.C	,287	-,046	1,000																		
	Sig.	,366	,888																			
CE	C.C	,046	,240	-,165	1,000																	
	Sig.	,888	,452	,609																		
Turb.	C.C	,580*	,116	-,063	,585*	1,000																
	Sig.	,048	,721	,846	,046																	
OD	C.C	,287	-,487	-,049	-,616*	-,245	1,000															
	Sig.	,366	,108	,880	,033	,443																
Na+	C.C	-,691*	,191	,045	-,697*	-,736**	-,100	1,000														
	Sig.	,019	,573	,894	,017	,010	,770															
NH4+	C.C	,764**	-,410	,427	,050	,455	,236	-,573	1,000													
	Sig.	,006	,210	,190	,884	,160	,484	,066														
K+	C.C	-,300	-,132	-,191	,036	,145	-,555	,318	-,145	1,000												
	Sig.	,370	,699	,574	,915	,670	,077	,340	,670													
Mg2+	C.C	,100	-,579	-,073	-,428	-,245	0,000	,427	,118	,482	1,000											
	Sig.	,770	,062	,832	,189	,467	1,000	,190	,729	,133												
Ca2+	C.C	,136	-,606*	,009	-,711*	-,436	,427	,373	,318	,145	,791**	1,000										
	Sig.	,689	,048	,979	,014	,180	,190	,259	,340	,670	,004											
Cl-	C.C	-,427	,312	-,147	,347	-,175	-,434	,136	-,464	,227	-,209	-,218	1,000									
	Sig.	,167	,324	,649	,269	,587	,159	,689	,151	,502	,537	,519										
NO3-	C.C	,734**	-,683*	,119	-,175	,217	,552	-,509	,782**	-,191	,400	,509	-,503	1,000								
	Sig.	,007	,014	,713	,586	,499	,063	,110	,004	,574	,223	,110	,095									
PO43-	C.C	-,638*	,113	-,413	-,178	-,406	-,247	,689*	-,447	,493	,344	,219	,087	-,435	1,000							
	Sig.	,026	,728	,182	,580	,190	,440	,019	,168	,123	,300	,518	,788	,158								
SO42-	C.C	-,448	-,133	-,308	,200	0,000	-,462	,255	-,391	,836**	,282	-,109	,350	-,329	,479	1,000						
	Sig.	,145	,680	,331	,534	1,000	,131	,450	,235	,001	,401	,750	,265	,297	,116							
COD	C.C	-,420	,536	,182	,119	-,252	-,196	,355	-,227	-,373	-,245	-,291	-,014	-,350	,297	-,161	1,000					
	Sig.	,175	,073	,572	,712	,430	,542	,285	,502	,259	,467	,385	,966	,265	,348	,618						
NT	C.C	,238	,434	-,175	,347	,490	-,112	-,445	,036	-,055	-,436	-,545	,217	-,042	-,210	,077	,112	1,000				
	Sig.	,457	,158	,587	,269	,106	,729	,170	,915	,873	,180	,083	,499	,897	,512	,812	,729					
CID	C.C	-,035	,378	-,077	,732**	,636*	-,364	-,545	-,136	-,009	-,773**	-,936**	,210	-,385	-,225	,231	,112	,531	1,000			
	Sig.	,914	,225	,812	,007	,026	,245	,083	,689	,979	,005	,000	,513	,217	,482	,471	,729	,075				
COLIF. TERMO	C.C	,182	-,410	-,191	,282	,109	-,073	-,527	,042	,079	-,018	-,006	,427	,136	-,286	,064	-,818**	-,218	,082	1,000		
	Sig.	,593	,210	,574	,400	,750	,832	,117	,907	,829	,960	,987	,190	,689	,394	,853	,002	,519	,811			
DBO	C.C	,032	,179	-,371	-,014	,014	,035	,027	-,045	,145	,118	,218	,592*	,042	,087	,060	-,091	,459	-,147	,082	1,000	
	Sig.	,923	,578	,235	,965	,966	,914	,937	,894	,670	,729	,519	,043	,897	,788	,854	,778	,134	,648	,811		

C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

APÊNDICE E- MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE TODAS AS VARIÁVEIS MEDIDAS PARA AS ÁGUAS SUPERFICIAIS E AS PORCENTAGENS DE USO E COBERTURA DA TERRA NAS DUAS MICROBACIAS.

% Uso da terra e cobertura do solo		Temp.	Vazão	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	COD	NT	CID	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Colif.	DBO
Vegetação Ripária	C.C	-,143	,536	,607	-,631	,464	,179	,357	,214	,607	,500	,571	,286	-,107	-,286	,214	-,107	-,393	-,750	,536	-,536
	Sig.	,760	,215	,148	,129	,294	,702	,432	,645	,148	,253	,180	,535	,819	,535	,645	,819	,383	,052	,215	,215
Agricultura de derruba e queima	C.C	,631	-,901**	-,450	,900**	-,775*	-,595	-,162	-,306	-,270	-,306	-,577	-,450	-,054	,649	-,396	-,054	,306	,595	-,234	,414
	Sig.	,129	,006	,310	,006	,041	,159	,728	,504	,558	,504	,175	,310	,908	,115	,379	,908	,504	,159	,613	,355
Agricultura de corte e trituração	C.C	,204	-,612	-,408	,412	-,612	-,612	-,612	,612	-,612	-,612	-,612	-,408	,408	0,000	-,612	,408	,612	,612	,204	,204
	Sig.	,661	,144	,363	,358	,144	,144	,144	,144	,144	,144	,144	,363	,363	1,000	,144	,363	,144	,144	,661	,661
Pastagem	C.C	-,901**	,811*	,487	-,764*	,847*	,937**	,541	-,252	,559	,631	,595	,883**	-,450	-,595	,721	-,450	-,126	-,450	-,072	-,162
	Sig.	,006	,027	,268	,046	,016	,002	,210	,585	,192	,129	,159	,008	,310	,159	,068	,310	,788	,310	,878	,728
SAF	C.C	-,401	,178	-,045	-,607	,267	,267	,045	,223	,267	-,045	-,178	,089	,401	-,668	-,356	,401	-,668	-,134	,535	-,267
	Sig.	,373	,702	,924	,149	,562	,562	,924	,631	,562	,924	,702	,849	,373	,101	,433	,373	,101	,775	,216	,562
Capoeira	C.C	,536	-,893**	-,357	,901**	-,750	-,643	-,179	-,107	-,321	-,321	-,536	-,393	-,071	,607	-,393	-,071	,536	,571	-,179	,321
	Sig.	,215	,007	,432	,006	,052	,119	,702	,819	,482	,482	,215	,383	,879	,148	,383	,879	,215	,180	,702	,482
Solo exposto	C.C	-,204	,612	,408	-,103	,612	,204	,204	,204	-,204	0,000	,612	0,000	0,000	,204	,408	0,000	0,000	-,612	-,408	-,612
	Sig.	,661	,144	,363	,826	,144	,661	,661	,661	,661	1,000	,144	1,000	1,000	,661	,363	1,000	1,000	,144	,363	,144

Temp. – Temperatura (°C); Vazão (L.s⁻¹); CE – Condutividade elétrica (µS.cm⁻¹); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions (mg.l⁻¹); COD – Carbono orgânico dissolvido (mg.l⁻¹); NT – Nitrogênio total (mg.l⁻¹); CID – Carbono inorgânico dissolvido (mg.l⁻¹); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio (mg.l⁻¹). C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

APÊNDICE F- MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE TODAS AS VARIÁVEIS MEDIDAS PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E AS PORCENTAGENS DE USO E COBERTURA DA TERRA NA MICROBACIA DO CUMARU.

% Uso da terra e cobertura do solo		Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	Colif.	DBO
Vegetação Ripária	C.C	-,169	,507	-,507	-,338	,676	,507	,507	-,338	-,338	,338	-,507	-,338	,169	,507	-,338	-,507	,507	,845*	-,338
	Sig.	,749	,305	,305	,512	,140	,305	,305	,512	,512	,512	,305	,512	,749	,305	,512	,305	,305	,034	,512
Agricultura de derruba e queima	C.C	,372	-,304	-,507	,135	-,068	-,304	-,304	-,270	,135	-,541	-,507	-,676	-,372	-,304	,135	-,507	,101	,169	,541
	Sig.	,468	,558	,305	,798	,899	,558	,558	,604	,798	,268	,305	,140	,468	,558	,798	,305	,848	,749	,268
Agricultura de corte e trituração	C.C	-,414	,414	,414	-,207	,207	,414	,414	,207	-,207	,621	,414	,621	,414	,414	-,207	,414	0,000	0,000	-,621
	Sig.	,414	,414	,414	,694	,694	,414	,414	,694	,694	,188	,414	,188	,414	,414	,694	,414	1,000	1,000	,188
Pastagem	C.C	,372	-,304	-,507	,135	-,068	-,304	-,304	-,270	,135	-,541	-,507	-,676	-,372	-,304	,135	-,507	,101	,169	,541
	Sig.	,468	,558	,305	,798	,899	,558	,558	,604	,798	,268	,305	,140	,468	,558	,798	,305	,848	,749	,268
SAF	C.C	,393	-,655	,131	,393	-,655	-,655	-,655	,131	,393	-,655	,131	-,131	-,393	-,655	,393	,131	-,393	-,655	,655
	Sig.	,441	,158	,805	,441	,158	,158	,158	,805	,441	,158	,805	,805	,441	,158	,441	,805	,441	,158	,158
Capoeira	C.C	-,372	,304	,507	-,135	,068	,304	,304	,270	-,135	,541	,507	,676	,372	,304	-,135	,507	-,101	-,169	-,541
	Sig.	,468	,558	,305	,798	,899	,558	,558	,604	,798	,268	,305	,140	,468	,558	,798	,305	,848	,749	,268
Solo exposto	C.C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sig.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Temp. – Temperatura (°C); Vazão (L.s⁻¹); CE – Condutividade elétrica (µS.cm⁻¹); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions (mg.l⁻¹); COD – Carbono orgânico dissolvido (mg.l⁻¹); NT – Nitrogênio total (mg.l⁻¹); CID – Carbono inorgânico dissolvido (mg.l⁻¹); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio (mg.l⁻¹). C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05.

APÊNDICE G- MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE TODAS AS VARIÁVEIS MEDIDAS PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E AS PORCENTAGENS DE USO E COBERTURA DA TERRA NA MICROBACIA DO SÃO JOÃO.

	% Uso da terra e cobertura do solo - SJ	Temp.	pH	CE	Turb.	OD	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COD	NT	CID	Colif.	DBO
Vegetação Ripária	C.C	,232	,406	,725	-,406	-,638	,667	,145	,290	,638	,580	,551	-,203	,116	0,000	,377	,029	,928**	,029	,667
	Sig.	,658	,425	,103	,425	,173	,148	,784	,577	,173	,228	,257	,700	,827	1,000	,461	,957	,008	,957	,148
Agricultura de derruba e queima	C.C	-,116	-,986**	-,319	,290	,754	-,377	-,203	-,754	-,406	-,812*	-,841*	,493	,464	-,696	-,667	,377	-,464	,029	-,377
	Sig.	,827	,000	,538	,577	,084	,461	,700	,084	,425	,050	,036	,321	,354	,125	,148	,461	,354	,957	,461
Agricultura de corte e trituração	C.C	-,131	,131	-,393	,393	,131	-,393	-,131	,393	-,131	-,131	,131	,131	,131	,393	-,131	-,131	-,655	-,131	-,393
	Sig.	,805	,805	,441	,441	,805	,441	,805	,441	,805	,805	,805	,805	,805	,441	,805	,805	,158	,805	,441
Pastagem	C.C	,338	,845*	,676	-,439	-,778	,541	,338	,676	,676	,845*	,778	-,372	-,338	,507	,676	-,135	,845*	,169	,541
	Sig.	,512	,034	,140	,383	,069	,268	,512	,140	,140	,034	,069	,468	,512	,305	,140	,798	,034	,749	,268
SAF	C.C	-,393	,393	,131	-,131	-,655	,655	-,393	,131	,131	,393	,655	-,393	,393	-,131	,131	-,393	,393	-,655	,655
	Sig.	,441	,441	,805	,805	,158	,158	,441	,805	,805	,441	,158	,441	,441	,805	,805	,441	,441	,158	,158
Capoeira	C.C	-,232	-,406	-,725	,406	,638	-,667	-,145	-,290	-,638	-,580	-,551	,203	-,116	0,000	-,377	-,029	-,928**	-,029	-,667
	Sig.	,658	,425	,103	,425	,173	,148	,784	,577	,173	,228	,257	,700	,827	1,000	,461	,957	,008	,957	,148
Solo exposto	C.C	,655	,655	,655	-,393	-,393	,131	,655	,655	,655	,655	,393	-,131	-,655	,655	,655	,131	,655	,655	,131
	Sig.	,158	,158	,158	,441	,441	,805	,158	,158	,158	,158	,441	,805	,158	,158	,158	,805	,158	,158	,805

Temp. – Temperatura (°C); Vazão (L.s⁻¹); CE – Condutividade elétrica (µS.cm⁻¹); Turb. – Turbidez (NTU); Cátions e Ânions (mg.l⁻¹); COD – Carbono orgânico dissolvido (mg.l⁻¹); NT – Nitrogênio total (mg.l⁻¹); CID – Carbono inorgânico dissolvido (mg.l⁻¹); COLIF. TERMO. – Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio (mg.l⁻¹). C.C: Coeficiente de correlação de Spearman; Sig: nível de significância; *Correlação significativa ao nível de 0,05; **correlação significativa ao nível de 0,01.

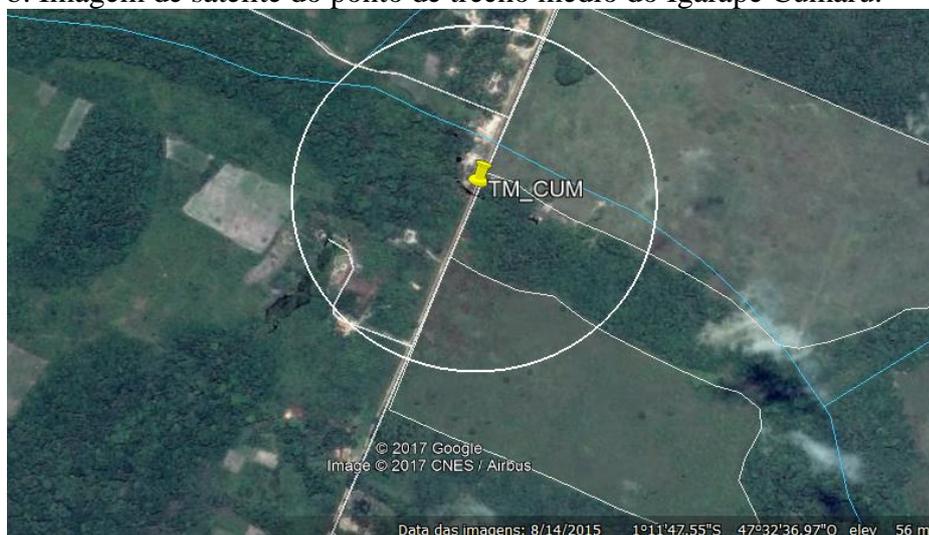
ANEXO A – DETALHAMENTO DOS LOCAIS DE AMOSTRAGEM.

a. Imagem de satélite do ponto de nascente do Igarapé Cumaru.



Fonte: Imagens Google Earth Pro (2017).

b. Imagem de satélite do ponto de trecho médio do Igarapé Cumaru.



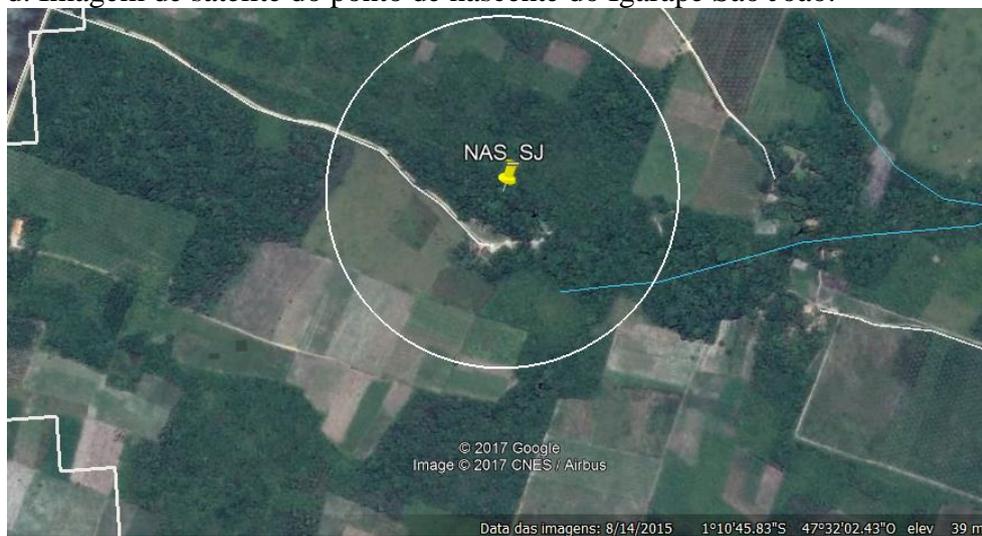
Fonte: Imagens Google Earth Pro (2017).

c. Imagem de satélite do ponto de confluência do Igarapé Cumaru.



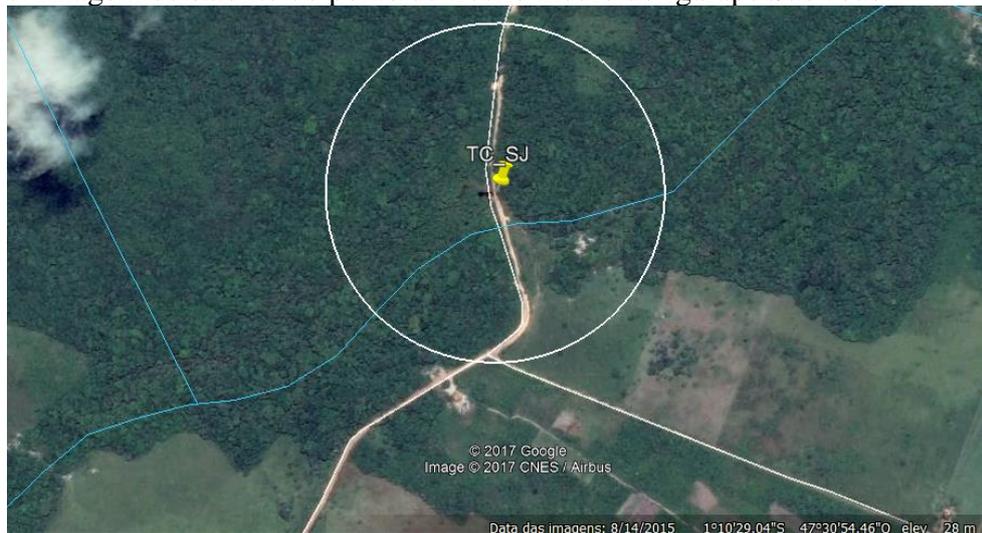
Fonte: Imagens Google Earth Pro (2017).

d. Imagem de satélite do ponto de nascente do Igarapé São João.



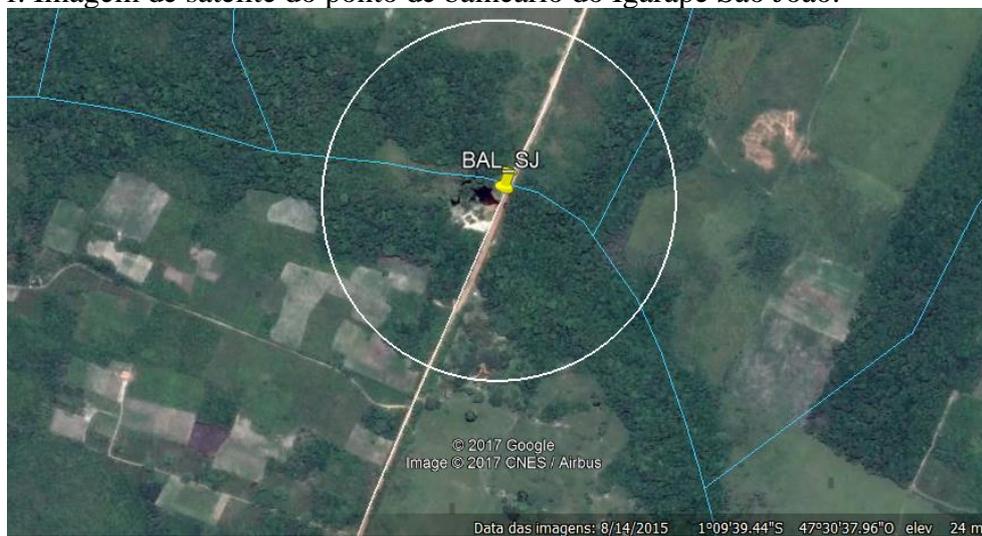
Fonte: Imagens Google Earth Pro (2017).

e. Imagem de satélite do ponto de trecho médio do Igarapé São João.



Fonte: Imagens Google Earth Pro (2017).

f. Imagem de satélite do ponto de balneário do Igarapé São João.



Fonte: Imagens Google Earth Pro (2017).

g. Imagem de satélite do ponto de confluência do Igarapé São João.



Fonte: Imagens Google Earth Pro (2017).