

CARLOS DANGER FERREIRA E SILVA

**BIOGEOQUÍMICA DOS PRINCIPAIS CORPOS HÍDRICOS DA REGIÃO DO
PARQUE ESTADUAL DO CANTÃO - TO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências do Ambiente.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Liliana Pena Naval

Co-Orientadora: Prof.^a Dr.^a Laura De Simone Borma

PALMAS – TO

2007

TERMO DE APROVAÇÃO

CARLOS DANGER FERREIRA E SILVA

BIOGEOQUÍMICA DOS PRINCIPAIS CORPOS HÍDRICOS DA REGIÃO DO PARQUE ESTADUAL DO CANTÃO – TO

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no curso de Pós-graduação em Ciências do Ambiente, da Universidade Federal do Tocantins, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora:

Profª. Drª. Liliana Pena Naval
Mestrado em Ciências do Ambiente – UFT

Prof. Dr. Alex Vladimir Krusche
Centro de Energia Nuclear na Agricultura – USP

Prof. Dr. Aurélio Pessoa Picanço
Engenharia Ambiental – UFT

Palmas, 28 de março de 2006.

Dedico

À Daniela, pelo amor e incentivo.

.

AGRADECIMENTOS

Às Professoras Dr^a Liliana Pena Naval e Dr^a Laura De Simone Borma pela orientação e revisão desse trabalho;

Ao Prof. Dr. Alex Vladimir Krusche pelas valiosas contribuições e por gentilmente aceitar participar da banca;

Aos Professores Dr. Aurélio Pessoa Picanço e Dr. José Ramiro Lamadrid por gentilmente aceitarem participar da banca;

Ao Eduardo, Platão, Gleicymara, Lucas, Raoni, Brugger, Kleiton, Dariusz, Roberto, Sulene, Kennedy e Peu pelo auxílio com os trabalhos de campo;

Ao Marsílio, Rafael, Carlos (Naturatins), Bruno (Naturatins) e Sônia (Naturatins) pelo auxílio com a elaboração dos mapas;

A Soraya pela amizade e auxílio com o apoio logístico;

A Maria de Fátima, Marcos Bolson e Nei Kavaguichi e Xanda, pelas diversas colaborações para o desenvolvimento desse trabalho;

A professora Dr^a Iracy Martins pelo auxílio com a caracterização da paisagem da Planície do Araguaia;

A todos alunos e professores do Programa de Mestrado em Ciências do Ambiente pelas inúmeras contribuições nos mais diversos aspectos;

Ao Carlos Augusto, Zé Maria (MPE) e Pedro (Naturatins) pela paciência e compreensão com minhas atividades;

Agradeço, enfim, a todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE GRÁFICOS	vii
LISTA DE FIGURAS E TABELAS	x
LISTA DE SIGLAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	01
1.1 HIPÓTESE	04
1.2 OBJETIVOS	04
1.2.1 Geral	04
1.2.2 Específicos	04
2. MATERIAIS E MÉTODOS	05
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	05
2.1.1 Clima	05
2.1.2 Geologia	06
2.1.3 Solos	13
2.1.4 Hidrografia	15
2.1.5 Vegetação	18
2.1.6 Histórico de uso e ocupação da bacia do Araguaia	22
2.2 MÉTODOS	24
2.2.1 Campanhas de Campo	24
2.2.2 Métodos Amostrais e Medidas de Campo	25
2.2.3 Procedimentos Analíticos	27
2.2.4 Determinação do comportamento Hidrológico	28
2.2.5 Análise Estatística	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
3.1 COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DOS RIOS JAVAÉS, ARAGUAIA E LAGO CHAVE.	30
3.2 BALANÇO IÔNICO	36
3.3 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DOS RIOS JAVAÉS E ARAGUAIA E LAGO CHAVE: CATEGORIAS GERAIS	38
3.4 DIAGRAMAS TERNÁRIOS	39

3.5 VARIAÇÃO SAZONAL	44
3.5.1 Carbono Orgânico Dissolvido (COD), Carbono Inorgânico Dissolvido (CID) e pH.....	44
3.5.2 Íons Maiores.....	58
3.5.2.1 Ânions Maiores.....	60
3.5.2.2 Cátions maiores	70
3.6 VARIAÇÃO ESPACIAL	82
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
5. RECOMENDAÇÕES.....	88
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	- DISTRIBUIÇÃO DAS DATAS DE AMOSTRAGEM DE ACORDO COM AS DIFERENTES FASES DA HIDRÓGRAFA DOS RIOS JAVAÉS E ARAGUAIA. AS SETAS INDICAM AS DATAS DAS COLETAS.....	24
GRÁFICO 2	- VARIAÇÃO DE COTAS DO RIO JAVAÉS PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006. FONTE: ANA (2007).....	30
GRÁFICO 3	- VARIAÇÃO DE COTAS DO RIO ARAGUAIA PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006. FONTE: ANA (2007).....	31
GRÁFICO 4	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL, PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006 - ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA CANGUÇU. FONTE: ANA (2007).....	31
GRÁFICO 5	- PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL, PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006 - ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SÃO FÉLIX. FONTE: ANA (2007).....	32
GRÁFICO 6	- PRECIPITAÇÃO DIÁRIA, PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006 - ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA CANGUÇU. O DESTAQUE EM VERMELHO INDICA O PERÍODO DE ESTIAGEM.....	32
GRÁFICO 7	- PRECIPITAÇÃO DIÁRIA, PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006 - ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SÃO FÉLIX. O DESTAQUE EM VERMELHO INDICA O PERÍODO DE ESTIAGEM.....	33
GRÁFICO 8	- DURAÇÃO DOS PERÍODOS DE SECA E CHEIA NO RIO JAVAÉS PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006. FONTE: ANA (2007).....	34
GRÁFICO 9	- DURAÇÃO DOS PERÍODOS DE SECA E CHEIA NO RIO ARAGUAIA PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006. FONTE: ANA (2007).....	34
GRÁFICO 10	- DURAÇÃO DOS PERÍODOS DE CONEXÃO E ISOLAMENTO NO LAGO CHAVE PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À	

	JULHO DE 2006.....	36
GRÁFICO 11	- DISPERSÃO DE TZ^+ vs TZ^-	37
GRÁFICO 12	- SOMATÓRIO DE CARGAS POSITIVAS (TZ^+) NAS ÁGUAS DOS RIOS JAVAÉS E ARAGUAIA E NO LAGO CHAVE, ILUSTRANDO A CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM STALARD e EDMOND (1983).....	39
GRÁFICO 13	- DIAGRAMA TERNÁRIO ELABORADO A PARTIR DAS CONCENTRAÇÕES RELATIVAS DOS CÁTIONS MAIORES.....	41
GRÁFICO 14	- DIAGRAMA TERNÁRIO ELABORADO A PARTIR DAS CONCENTRAÇÕES RELATIVAS DOS ÂNIONS MAIORES.....	43
GRÁFICO 15	- VARIAÇÃO SAZONAL DO COD NO RIO JAVAÉS.....	47
GRÁFICO 16	- VARIAÇÃO SAZONAL DO COD NO RIO ARAGUAIA.....	47
GRÁFICO 17	- VARIAÇÃO SAZONAL DO COD NO LAGO CHAVE.....	48
GRÁFICO 18	- VARIAÇÃO SAZONAL DO pH NO RIO JAVAÉS	49
GRÁFICO 19	- VARIAÇÃO SAZONAL DO pH NO RIO ARAGUAIA.....	50
GRÁFICO 20	- VARIAÇÃO SAZONAL DO pH NO LAGO CHAVE.....	50
GRÁFICO 21	- CORRELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES COD E pH E NO RIO JAVAÉS.....	51
GRÁFICO 22	- CORRELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE COD E pH E NO RIO ARAGUAIA.....	52
GRÁFICO 23	- CORRELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE COD E pH E NO LAGO CHAVE.....	52
GRÁFICO 24	- GRÁFICO 24 – VARIAÇÃO SAZONAL DO CID NO RIO JAVAÉS.....	54
GRÁFICO 25	- VARIAÇÃO SAZONAL DO CID NO RIO ARAGUAIA.....	55
GRÁFICO 26	- VARIAÇÃO SAZONAL DO CID NO LAGO CHAVE.....	55
GRÁFICO 27	- PERCENTUAL DE HCO_3^- E CO_2 NA COMPOSIÇÃO DO CID NO RIO JAVAÉS.....	56
GRÁFICO 28	- PERCENTUAL DE HCO_3^- E CO_2 NA COMPOSIÇÃO DO CID	

	NO RIO ARAGUAIA.....	57
GRÁFICO 29	- PERCENTUAL DE HCO_3^- E CO_2 NA COMPOSIÇÃO DO CID NO LAGO CHAVE.....	57
GRÁFICO 30	- VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE BICARBONATO NO RIO JAVAÉS.....	60
GRÁFICO 31	- VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE BICARBONATO NO RIO ARAGUAIA.....	61
GRÁFICO 32	- VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE BICARBONATO NO LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.....	61
GRÁFICO 33	- CORRELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE BICARBONATO (HCO_3^-) E PH E ENTRE BICARBONATO (HCO_3^-) E CÁLCIO (CA^{2+}) NO RIO JAVAÉS.....	62
GRÁFICO 34	- CORRELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE BICARBONATO (HCO_3^-) E PH E ENTRE BICARBONATO (HCO_3^-) E CÁLCIO (CA^{2+}) NO RIO ARAGUAIA.....	62
GRÁFICO 35	CORRELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE BICARBONATO (HCO_3^-) E PH E ENTRE BICARBONATO (HCO_3^-) E CÁLCIO (CA^{2+}) NO LAGO CHAVE.....	63
GRÁFICO 36	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE CLORETO NO RIO JAVAÉS.....	65
GRÁFICO 37	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE CLORETO NO RIO ARAGUAIA.....	66
GRÁFICO 38	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE CLORETO NO LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.....	66
GRÁFICO 39	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE SULFATO NO RIO JAVAÉS.....	69

GRÁFICO 40	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE SULFATO NO RIO ARAGUAIA.....	69
GRÁFICO 41	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE SULFATO NO LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.....	70
GRÁFICO 42	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NO RIO JAVAÉS.....	71
GRÁFICO 43	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NO RIO ARAGUAIA.	72
GRÁFICO 44	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NO LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.	73
GRÁFICO 45	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE SÓDIO NO RIO JAVAÉS.....	75
GRÁFICO 46	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE SÓDIO NO RIO ARAGUAIA.....	75
GRÁFICO 47	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE SÓDIO NO LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.....	76
GRÁFICO 48	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE POTÁSSIO NO RIO JAVAÉS.....	77
GRÁFICO 49	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE POTÁSSIO NO RIO ARAGUAIA.....	78
GRÁFICO 50	VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE POTÁSSIO NO LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO	

	MESMO.....	78
GRÁFICO 51	RAZÃO NA/(NA + CA) PARA O RIO JAVAÉS.....	81
GRÁFICO 52	RAZÃO NA/(NA + CA) PARA O RIO ARAGUAIA	82
GRÁFICO 53	RAZÃO NA/(NA + CA) PARA O LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.....	82
GRÁFICO 54	VARIAÇÃO ESPACIAL DOS ÍONS MAIORES NOS RIOS JAVAÉS, ARAGUAIA E LAGO CHAVE.....	86

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

TABELA 1	UNIDADES GEOLÓGICAS DO <i>GRUPO 1</i>	7
TABELA 2	UNIDADES GEOLÓGICAS DO <i>GRUPO 2</i>	9
TABELA 3	UNIDADES GEOLÓGICAS DO <i>GRUPO 3</i>	10
TABELA 4	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS E PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NESSE ESTUDO (ANA, 2007).....	28
FIGURA 1	UNIDADES GEOLÓGICAS DA BACIA DO ARAGUAIA.....	11
FIGURA 2	CLASSES DE SOLOS PRESENTES NA BACIA DO ARAGUAIA.....	14
FIGURA 3	HIDROGRAFIA DA BACIA DO ARAGUAIA.....	17
FIGURA 4	COBERTURA VEGETAL E ATIVIDADES AGRÍCOLAS DA BACIA DO ARAGUAIA.....	21
FIGURA 5	LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM NOS RIOS JAVAÉS E ARAGUAIA E NO LAGO CHAVE.....	25
FIGURA 6	SISTEMA DE AMOSTRAGEM.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANA – Agência nacional de Águas

Ca²⁺ - Cálcio

CETC – Capacidade de Troca Efetiva de Cátions

CID – Carbono Inorgânico Dissolvido

Cl⁻ - Cloreto

CO₂ – Dióxido de Carbono

COD – Carbono Orgânico Dissolvido

HCO₃⁻ - Bicarbonato

HgCl₂ – Cloreto de Mercúrio

K⁺ - Potássio

Mg²⁺ - Magnésio

Na⁺ - Sódio

PEC – Parque estadual do Cantão

pH – Potencial Hidrogênionico

SO₄²⁻ - Sulfato

TZ⁺ – Somatório de Cátions

TZ⁻ - Somatório de Ânions

RESUMO

O Parque Estadual do Cantão (PEC) é tido como uma das áreas protegidas mais importantes da Amazônia brasileira. Entre as ameaças a sua qualidade ambiental, destaca-se o desequilíbrio ecológico que pode ser proporcionado por possíveis alterações nas características biogeoquímicas das águas dos mananciais que margeiam essa unidade de conservação. O principal motivo dessa ameaça é a presença de atividades agropecuárias nas bacias hidrográficas desses corpos hídricos, principalmente na área de drenagem do rio Javaés, que é densamente ocupada por projetos hidroagrícolas. O presente estudo procurou verificar se as atividades antrópicas desenvolvidas na área de influência do rio Javaés proporcionam que suas águas apresentem características biogeoquímicas diferentes das águas de outros mananciais da região do PEC (rio Araguaia e lago Chave). Em cada um desses mananciais foi locado um ponto de coleta, onde foram retiradas amostras para análise das concentrações de íons maiores (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-), carbono orgânico dissolvido (COD) e carbono inorgânico dissolvido (CID). A interpretação dos dados obtidos permitiu verificar que as concentrações da maioria dos elementos analisados apresentaram valores estatisticamente similares entre os rios Javaés e Araguaia durante o período chuvoso. Entretanto, durante o período seco, quando não se verifica a influência de processos de lixiviação, as concentrações foram estatisticamente diferentes. Esse comportamento indica que as modalidades de uso e ocupação desenvolvidas na área de influência do rio Javaés atualmente não proporcionam alterações expressivas em suas águas, na região do PEC. Verificou-se também que a biogeoquímica das águas do lago Chave é significativamente influenciada por sua conexão sazonal com o rio Javaés, o que permite concluir que a ocorrência de alterações nas águas desse rio poderá ocasionar distúrbios aos ambientes lênticos da região.

Palavras-Chave: Ciclos biogeoquímicos, carbono, planície do Araguaia

ABSTRACT

Cantão State Park (PEC) is considered one of the most important protected areas of Brazilian Amazon. Amongst the threats to PEC's environmental quality, one of the most important is the ecological unbalance that may be caused by possible changes on the biogeochemical characteristics of the water of the hydric bodies that border that conservation unit. The main cause of that threat is the presence of farming and cattle raising in those hydric bodies' hydrographic basins, especially in the drainage area of Javaés river, which is densely occupied by hydroagricultural projects. Taking accountance of those factors, the present study has been developed seeking to verify whether the anthropic activities developed in Javaés river's area of influence make its waters' biogeochemical characteristics be different from the waters of other water supplies in PEC's region (Araguaia river and Chave lake). In each of those water supplies, there has been set a point of collection from which there have been taken samples for analysis of major ions concentrations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) organic dissolved carbon (DOC) and inorganic dissolved carbon (DIC). The interpretation of the data obtained indicated that the most of the analysed elements concentrations had values statistically similar between Javaés and Araguaia rivers during rain season; nevertheless, during dry season, when lixiviation processes' influence is not verified, the concentrations were statistically different. That behaviour indicates that the form of land use and occupation developed in the Javaés river's area of influence does not cause at present considerable alterations on its waters in PEC's region. It has also been verified that the biogeochemistry of Chave lake's waters is significantly influenced by its seasonal connexion with Javaés river, what let us conclude that the occurrence of alterations in the waters of that river may cause disturbance to the lentic environments of the region.

Keywords: biogeochemical cycles; carbon; Araguaia plain

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que a retirada da cobertura vegetal e a falta de manejo adequado nas práticas agropecuárias podem resultar na ruptura do equilíbrio dinâmico dos ciclos biogeoquímicos e, conseqüentemente, na alteração das concentrações de nutrientes e carbono nos corpos hídricos (AUSTIN; SHAFFER; BURGER, 1996). Essas alterações podem ocasionar inúmeros danos à biodiversidade, tendo em vista a estreita interação entre os cursos d'água e os demais aspectos ambientais (WAICHMAM et al., 2003)

Pelo fato da qualidade da água estar diretamente relacionada às reações biogeoquímicas que se processam na bacia hidrográfica, tais como a dissolução de minerais, a decomposição de resíduos orgânicos, o carreamento e transporte de metais pesados e a regulação dos níveis de nutrientes (McCLAIN, 2001), alguns elementos que participam desses ciclos vêm sendo utilizados como indicadores dos efeitos do uso do solo em corpos hídricos.

Observa-se que grande parte de nosso conhecimento referente à relação entre mudanças do uso do solo e a biogeoquímica de mananciais, de diferentes escalas, foi desenvolvido em zonas temperadas. Entretanto, a intensificação do desmatamento e a possibilidade de ocorrerem alterações na biogeoquímica de grandes rios tropicais sugerem a necessidade de se compreender como as alterações da paisagem afetam as características de mananciais tropicais (THOMAS et al., 2004).

Nesse sentido, alguns estudos estão sendo desenvolvidos em corpos hídricos de micro, meso e macro escalas da região amazônica. Em relação aos mananciais de menores dimensões (micro-escala), essas pesquisas indicam que a conversão de florestas para implementação de atividades antrópicas resulta em alterações na biogeoquímica desses ambientes aquáticos (RICHEY et al. 1997, THOMAS et al., 2004).

Porém, nas escalas de ordem superior (meso e macro escalas), como é caso do rio Ji-Paraná (RO), tais mudanças não são tão evidentes, tendo em vista que o isolamento das variáveis responsáveis pelas características biogeoquímicas de suas águas nem sempre é possível (LEITE, 2004 e KRUSCHE et al., 2005). De fato, de

acordo com KRUSCHE et al. (2005), no rio Amazonas e em seus principais tributários, os efeitos do desmatamento em curso na região ainda não são detectáveis, uma vez que a maior parte da bacia apresenta florestas intactas e há um intenso processamento dos materiais dentro dos próprios canais dos rios, alterando os sinais biogeoquímicos proporcionados pelas mudanças já ocorridas nos usos da terra. De qualquer forma, para ser possível identificar e caracterizar futuras alterações, é necessário que se conheça o funcionamento de um dado sistema antes que essas se processem.

A região da planície do Araguaia, na qual encontra-se inserida a Ilha do Bananal, destaca-se por sua exuberante paisagem resultante da interação de aspectos do bioma Cerrado e Amazônico. Essa região, além de possuir evidente importância biológica e cênica, é de extrema relevância devido à presença de mananciais, tais como os rios Araguaia, Javaés e inúmeros lagos naturais, que além de subsidiarem a existência da biodiversidade local, correspondem a fontes de alimento de populações tradicionais e atrativos turísticos importantes para a dinamização da economia dos municípios situados a suas margens.

Como indicativo da relevância ecológica dessa planície, observa-se na região a presença de três unidades de conservação, o Parque Nacional do Araguaia, o Parque Estadual do Cantão e a Área de Proteção Ambiental do Cantão. Dentre essas unidades, destaca-se o Parque Estadual do Cantão (PEC), uma das áreas protegidas mais importantes da Amazônia brasileira. A significância do PEC baseia-se fundamentalmente em quatro pontos principais: sua riqueza biológica (em diversidade e em populações elevadas de algumas espécies em vias de extinção), seu bom estado de preservação, sua função como recurso crítico para a alimentação e reprodução de populações de peixe do médio Araguaia e pela facilidade de acesso, que propicia o desenvolvimento de atividades de recreação e turismo, importantes para o desenvolvimento regional (SEPLAN, 2004).

Em adição à sua relevância ambiental, a planície do Araguaia apresenta, em função de suas características físicas (solos agricultáveis, topografia plana e disponibilidade hídrica), condições propícias ao desenvolvimento de atividades agropecuárias, que se refletem na presença de inúmeras áreas de pastagem e grandes projetos hidroagrícolas nessa região.

Por esse motivo, uma das maiores preocupações expressas pelo Plano de Manejo do PEC quanto aos fatores que possivelmente poderão ocasionar futura degradação da qualidade ambiental do parque, corresponde aos efeitos decorrentes das atividades agropecuárias desenvolvidas na área de influência dos mananciais que margeiam essa unidade de conservação (Rios Araguaia, Javaés e Coco) (SEPLAN, 2004).

Tendo em vista que os projetos hidroagrícolas de maiores dimensões se concentram na área de drenagem do rio Javaés, o Plano de Manejo do PEC afirma que esse rio apresenta o maior potencial de causar perturbações ao equilíbrio ecológico do parque, uma vez que, segundo o mesmo, há maior probabilidade de ocorrerem alterações nas características de suas águas do que na dos demais corpos hídricos da região (SEPLAN, 2004).

Considerando que o rio Javaés corresponde a um rio de meso-escala, cuja bacia de drenagem apresenta, além dos grandes projetos hidroagrícolas, vastas áreas inalteradas, é possível que as atuais alterações do uso do solo ainda não surtam efeitos perceptíveis na biogeoquímica de suas águas. Ressalta-se, ainda, que, na área de influência do rio Araguaia, já se observa a presença de atividades potencialmente impactantes, o que pode indicar que o rio Javaés não seja a maior, ou a única, ameaça à qualidade ambiental do PEC.

Além dos corpos hídricos principais (Araguaia e Javaés) verifica-se, nessa planície de inundação, a ocorrência de inúmeros lagos meândricos que, sazonalmente, conectam-se à mananciais lóticos, devido à expansão de seus leitos durante os períodos de cheia. Esses ambientes, além de existirem em grandes proporções nas planícies de inundação (843 lagos somente no PEC), são considerados berçários de várias espécies de peixes, sendo, portanto, relevantes ao equilíbrio das cadeias tróficas locais (AGOSTINHO et al., 1997).

Tendo em vista que o rio Javaés se conecta sazonalmente com alguns desses lagos, os mesmos também poderão ser afetados, caso realmente ocorram alterações nas águas desse rio. Essa possibilidade justifica que a identificação dos principais fatores responsáveis pelas características biogeoquímicas dos rios Javaés e Araguaia seja estendida aos ambientes lênticos da região.

1.1 HIPÓTESE

Atualmente as características biogeoquímicas do rio Javaés são controladas por fatores naturais, sendo que as atividades antrópicas desenvolvidas em sua área de drenagem não proporcionam influência significativa nessas características, nem mesmo são responsáveis por possíveis diferenciações entre as águas desse rio com as do rio Araguaia.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Avaliar os fatores responsáveis pelas características biogeoquímicas das águas dos rios Javaés e Araguaia e do Lago Chave, nas proximidades do Parque Estadual do Cantão.

1.2.2 Específicos

- Verificar a possível existência de sinais de alterações antrópicas na biogeoquímica dos rios Javaés e Araguaia e do Lago Chave;
- Verificar se ocorre diferenciação significativa entre a biogeoquímica das águas dos rios Javaés e Araguaia, e se a mesmas, caso ocorram, são proporcionadas pelos os usos do solo desenvolvidos na área de drenagem do rio Javaés;
- Analisar qual a influência da conexão das águas do rio Javaés com o lago Chave nas características biogeoquímicas desse lago.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido na região da Planície do Araguaia, que por sua vez está inserida na Bacia Hidrográfica do Araguaia. A seguir serão apresentados os principais aspectos físicos, bióticos e antrópicos dessa bacia.

2.1.1 Clima

O clima da Região Hidrográfica do Araguaia é tropical, com períodos climáticos bem definidos: o chuvoso, de outubro a abril, com mais de 90% da precipitação anual, e o seco, de maio a setembro; a precipitação média anual é de 1700mm. A temperatura média anual é de 26°C, com temperatura máxima média de 30°C, ocorrendo durante os meses de agosto a setembro, sendo que a mínima média mensal ocorre em julho (22°C) (MMA, 2006).

As condições climáticas que prevalecem na região estão diretamente relacionadas ao considerável afastamento da costa, ou seja, a sua continentalidade, além da constância das massas de ar quente e úmida de natureza equatorial continental, que estão associadas à zona de convergência intertropical (MILESKI, 1994).

O regime pluviométrico é caracterizado pela ocorrência de aumento das precipitações com a diminuição da latitude (sentido sul-norte). A distribuição e o total das precipitações ocorrem devido, quase que exclusivamente, aos sistemas de circulação atmosférica, o que torna o efeito da topografia pouco significativo (MMA, 2006).

Os principais fatores de influência na distribuição espacial das temperaturas médias são a latitude e a altitude, que varia de cotas próximas a 850 m, nas nascentes ao sul, até cerca de 70 m, na confluência do rio Araguaia com o rio Tocantins (MMA, 2006).

2.1.2 Geologia

A descrição da geologia regional da região hidrográfica em questão pode ser realizada, por meio da identificação e descrição das principais Províncias Geotectônicas que a compõe. Cada uma dessas províncias, Escudo Cristalino Brasil Central, Cinturão Metamórfico Araguaia, Bacias Sedimentares Paleozóicas e Coberturas Sedimentares Recentes, são constituídas por um grupo de rochas com características genéticas e estruturais similares (MMA, 2006).

Na região norte da bacia do Araguaia verifica-se a presença do escudo Brasil Central, que corresponde essencialmente a uma porção do Cráton Amazonas, cujas rochas, Pré-Cambrianas aflorantes, pertencem em grande parte ao Complexo Xingu, constituído basicamente por rochas metamórficas de alto grau do tipo gnaisses e migmatitos. Associadas a essas rochas, encontram-se seqüências de rochas do tipo anfibiólitos, quartizitos, além de intrusões de rochas ígneas graníticas e granodioríticas (MMA, 2006).

O Cinturão metamórfico Araguaia desenvolve-se entre as regiões cratônicas da província anteriormente descrita. Trata-se de uma província composta por rochas sedimentares metamorfisadas de médio grau, representadas por micaxistos com quartizitos e camadas de mármore e compreende o grupo Cuiabá, Estrondo e Tocantins (MMA, 2006).

Na região sudoeste da bacia do Araguaia verificam-se as rochas da Província Bacias Sedimentares Paleozóicas que são preenchidas por sedimentos clásticos e químicos e por extensos derrames de basalto. Essas bacias sedimentares são intracratônicas do tipo sinéclise, relativamente pouco movimentadas do ponto de vista tectônico, ressaltando-se os falhamentos verticais em suas bordas (MMA, 2006).

Amplamente representada na parte central da bacia, a Província Coberturas Sedimentares Recentes do Cenozóico, pode ser encontrada no alto curso do rio Xingu e na região da Ilha do Bananal, sendo composta por sedimentos detríticos frequentemente inconsolidados (MMA, 2006).

A Figura 1 apresenta as unidades geológicas presentes na bacia do Araguaia. De modo a facilitar a interpretação da influência das características geológicas da região no comportamento biogeoquímico dos mananciais de interesse desse estudo,

agrupou-se as unidades geológicas existentes a montante dos pontos amostrais em três grupos:

- *Grupo 1*: unidades geológicas situadas na área de drenagem do rio Araguaia a montante da ilha do Bananal (antes da formação do rio Javaés). Cabe ressaltar que essas unidades influenciam a composição química das águas dos rios Araguaia e Javaés (Tabela 1);
- *Grupo 2*: unidades geológicas que influenciam somente o rio Araguaia após a formação do rio Javaés (Tabela 2);
- *Grupo 3*: unidades geológicas que influenciam somente o rio Javaés (Tabela 3).

TABELA 1 – UNIDADES GEOLÓGICAS DO GRUPO 1.

continua

Unidade Geológica	Litotipos
<i>Formação Xambioá</i>	Arenito, Diamictito, Siltito Arenoso
<i>Formação Água Bonita</i>	Arenito, Conglomerado, Siltito
<i>Complexo Rio dos Mangues</i>	Gnaisse, Rocha Calcissilicática, Anfibolito
<i>Complexo Granulítico Porangatu</i>	Charnockito, Charnoenderbitito, Enderbitito, Gnaisse, Norito, Anfibolito
<i>Formação Araguaia - fácies depósitos aluvionares</i>	Areia argila, silte
<i>Coberturas Detrito-lateríticas ferruginosas</i>	Aglomerado, Areia, Argila, Laterita, Silte
<i>Suite Chapada</i>	Diorito, Granito, Granodiorito, Tonalito
<i>Unidade Ortognaisses do Oeste de Goiás</i>	Ortognaisse Tonalítico, Anfibolito
<i>Complexo Anta</i>	Granitóide, Granodiorito, Gnaisse Tonalítico
<i>Grupo Cuiabá</i>	Filito, Quartzito, Metarenito, Metarcóseo, Metarenito, Metaconglomerado
<i>Formação Araguaia - fácies terraços aluvionares</i>	Arenito, Conglomerado, Siltito, Argilito

TABELA 1 – UNIDADES GEOLÓGICAS DO GRUPO 1.

continuação

Unidade Geológica	Litotipos
<i>Sequência Metavulcanosedimentar Mara Rosa</i>	Metavulcânica Félsica, Clorita Xisto, Muscovita-biotita Xisto, Mica xisto, Tufo Lapilítico, Anfibolito, Metatufo, Quartzito, Ultramafito, Xisto aluminoso, Magnetita Xisto, Clorita Xisto, Metatufo, Metagrauvaca, Anfibólio Xisto, Formação Manganésifera, Quartzito, Xisto Granatífero, Quartzito Xisto, Metagrauvaca
<i>Suíte Santa Tereza (pequena)</i>	Leucogranito, Biotita Granito, Granito Alcalino, Tonalito
<i>Complexo Hidrolina</i>	Gnaiss Granítico, Gnaiss Granodiorítico, Gnaiss Tonalítico
<i>Grupo Serra da Mesa Complexo Granulítico Uruaçu</i>	Mica xisto, Xisto Carbonático Anfibolito, Metaultramáfica, Clorita Xisto, Gnaiss, Biotita Gnaiss
<i>Formação Córrego Fundo</i>	Xisto, Serpentinó, Formação Ferrífera Bandada, Metachert, Talco xisto, Sericita Filito carbonoso
<i>Complexo Tonalito Tocambira</i>	Tonalito
<i>Formação Córrego do Alagadinho</i>	Rocha Metavulcânica Ultramáfica, Serpentinó, Rocha Metassedimentar, Grafita xisto, Anfibolito, Formação Ferrífera Bandada, Metachert
<i>Depósitos Aluvionares (haloceno aluvionar)</i>	Areia, cascalho, argila, silte
<i>Complexo Granodiorito Aguas Claras</i>	Granito, Granodiorito
<i>Complexo Caiçara</i>	Quartzo-Diorito, Gnaiss Granodiorítico, Tonalítico
<i>Complexo Uvá</i>	Granito, Granodiorito, Gnaiss Tonalítico
<i>Grã nito Serra Negra</i>	Biotita Granito
<i>Granito Serra do Impertinente</i>	Biotita Monzogranito
<i>Formação serra de Santa Rita</i>	Quartzito, Quartzito-mica xisto
<i>Unida Granito Iporá</i>	Gabro, Dunito, Nefelina Sienito, Gabróide, Peridotito, Piroxenito, Silexito, Serpentinó, Carbonatito, Nordmarkito, Lamprófiro
<i>Sequência Metavulcano sedimentar Anicuns – Itaberaí</i>	Anfibolito, Mica xisto, Quartzito Ferruginoso, Metachert
<i>Formação Furnas Sequência Metavulcano sedimentar Jaupaci</i>	Arenito, Conglomerado, Siltito Formação Ferrífera Bandada, Metabasalto, Metachert, Dacito, Riolito
<i>Complexo Alcalino Iporá</i>	Gabro, Dunito, Nefelina Sienito, Gabróide, Peridotito, Piroxenito, Silexito, Serpentinó, Carbonatito, Nordmarkito, Lamprófiro

TABELA 1 – UNIDADES GEOLÓGICAS DO GRUPO 1.

Continuação

Unidade Geológica	Litotipos
<i>Formação Ponta Grossa</i>	Folhelho, Arenito Fino, Arenito, Pelito
<i>Sequência Metavulcano sedimentar Arenópolis - Piranhas</i>	Anfibolito, Metabasalto, Xisto Granatífero, Mica Quartzito, Metaperidotito, Metapiroxenito, Serpentinó, Dacito, Riolito, Talco xisto, Actinolita Xisto, Gondito, Mármore, Rocha Calcissilicática, Metachert
<i>Sequência Metavulcano sedimentar Bom Jardim de Goiás</i>	Metandesito, Metatufo, Metarriolito, Metabasalto, Rocha Piroclástica Metamorfisada, Filito, Metarcóseo, Metassiltito, Tufo Riodacítico, Metachert, Metagrauvaca, Metavulcânica Intermediária a Máfica, Metavulcânica Félsica, Metaconglomerado Polimítico
<i>Formação Aquidauana</i>	Arenito, Diamictito, Folhelho, Siltito
<i>Formação Serra Geral (pequena)</i>	Basalto, Dacito
<i>Grupo Bauru</i>	Arenito, Argilito, Conglomerado, Rocha Sedimentar Vulcanoclástica
<i>Formação Marília</i>	Arenito, Argilito Arenoso, Calcário
<i>Formação Palermo</i>	Arenito, Siltito, Siltito Arenoso, Folhelho
<i>Formação Botucatu</i>	Quartzo-Arenito
<i>Formação Corumbatai</i>	Arenito, Siltito

Fonte: SCHOBENHAUS et al. (2004).

TABELA 2 – UNIDADES GEOLÓGICAS DO GRUPO 2.

continua

UNIDADE GEOLÓGICA	LITOTIPOS
<i>Complexo Xingu</i>	Charnockito, Diorito, Granito, Granitóide, Anfibolito, Gnaiss, Granulito, Metamáfica, Migmatito
<i>Formação Araguaia - fácies terraços aluvionares</i>	Arenito, Conglomerado, Siltito, Argilito
<i>Formação Araguaia - fácies depósitos aluvionares</i>	Areia argila, silte.
<i>Depósitos Aluvionares (haloceno aluvionar)</i>	Areia, cascalho, argila, silte
<i>Formação Ronuro</i>	Areia, cascalho, argila, silte
<i>Suite Intrusiva Tarumã</i>	Granito, Granodiorito, Monzonito, Tonalito
<i>Formação Salto das Nuvens</i>	Conglomerado, Arenito, Arenito Fino
<i>Formação Gorotire (minúscula)</i>	Arcóseo, Arenito, Grauvaca, Siltito, Conglomerado Polimítico
<i>Formação Diamantino</i>	Argilito, Folhelho, Siltito, Arenitos Arcóseanos

TABELA 2 – UNIDADES GEOLÓGICAS DO GRUPO 2.

Continuação

Unidade Geológica	Litotipos
<i>Formação Aquidauana</i>	Arenito, Diamictito, Folhelho, Siltito
<i>Formação Serra Geral</i>	Basalto, Dacito
<i>Formação Ponta Grossa</i>	Folhelho, Arenito Fino, Arenito, Pelito
<i>Grupo Cuiabá</i>	Filito, Quartzito, Metarenito, Metarcóseo, Metarenito.
<i>Unidade Ortognaisses do Oeste de Goiás</i>	Ortognaisse Tonalítico, Anfibolito
<i>Unidade Granito Serra Negra</i>	Biotita Granito
<i>Formação Furnas</i>	Arenito, Conglomerado, Siltito
<i>Coberturas Detrito-Lateríticas Ferruginosas</i>	Aglomerado, Areia, Argila, Laterita, Silte
<i>Grupo Bauru</i>	Arenito, Argilito, Conglomerado, Rocha Sedimentar Vulcanoclástica
<i>Formação Botucatu</i>	Quartzo-Arenito
<i>Grupo Iriri</i>	Andesito, Dacito, Riólito, Riodacito, Tufito, Tufo Dacítico, Tufo Riodacítico, Tufo Riólítico
<i>Sequência Metavulcanossedimentar Nova Xavantina</i>	Mica xisto, Andesito, Anfibolito, Filito, Formação Ferrífera Bandada, Metatufo, Metarenito Quartzoso, Metaconglomerado, Filito carbonoso

Fonte: SCHOBENHAUS et al. (2004).

TABELA 3 – UNIDADES GEOLÓGICAS DO GRUPO 3.

Unidade Geológica	Litotipos
<i>Formação Araguaia - fácies terraços aluvionares</i>	Arenito, Conglomerado, Siltito, Argilito
<i>Formação Araguaia - fácies depósitos aluvionares</i>	Areia, argila, silte
<i>Depósitos Aluvionares (haloceno aluvionar)</i>	Areia, cascalho, argila, silte
<i>Formação Pequiizeiro</i>	Quartzo Xisto, Clorita Xisto
<i>Formação Xambioá</i>	Arenito, Diamictito, Siltito Arenoso
<i>Complexo Rio dos Mangues</i>	Gnaisse, Rocha Calcissilicática, Anfibolito
<i>Formação Morro do campo</i>	Quartzo-mica xisto, Conglomerado, Quartzo-metarenito, Xisto aluminoso
<i>Coberturas Detrito-lateríticas ferruginosas</i>	Aglomerado, Areia, Argila, Laterita, Silte
<i>Suíte Serrote</i>	Metagranito, Metagranodiorito, Metassienogranito, Augen gnaisse
<i>Suíte Granito Lajeado</i>	Monzogranito, Sienogranito
<i>Formação Água Bonita</i>	Arenito, Conglomerado, Siltito
<i>Suíte Lajeado</i>	Monzogranito, Quartzo-Sienito, Sienogranito, Biotita-hornblenda granito

Fonte: SCHOBENHAUS et al. (2004).

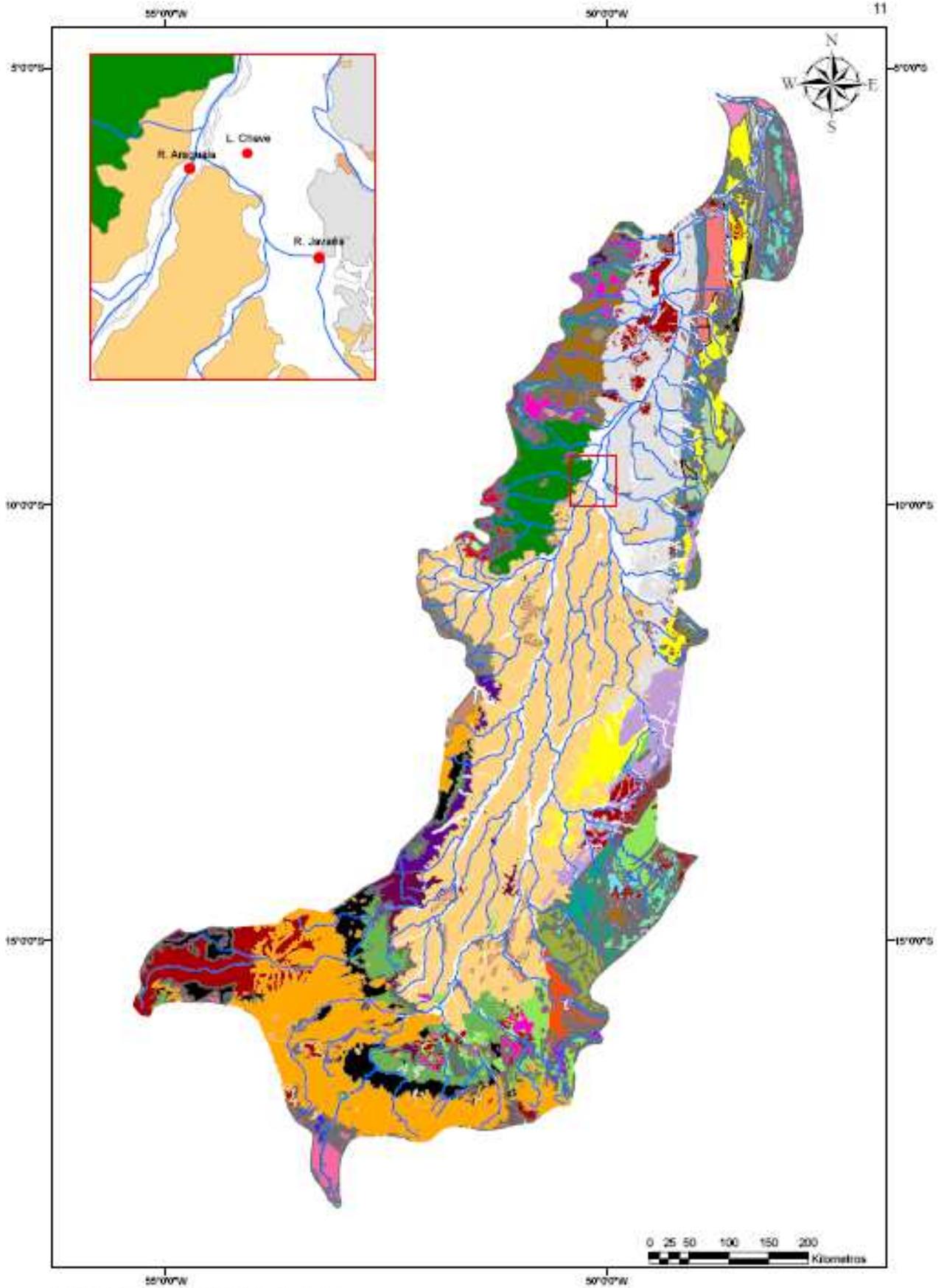


Figura 1 - Unidades Geológicas da Bacia do Araguaiá

LEGENDA

 Aimbé	 Mosquito	 Ortognaisses do Oeste de Goiás	 Serra do Cantagalo
 Anicuns-Itaberai	 Motuca, Grupo Balsas	 Palermo	 Serra do Cotovelo
 Anta - Gnaiss Granodiorítico	 Fazenda São Roque, Grupo Gemaque	 Pastos Bons, Grupo Mearim	 Serra do Moinho
 Aquidauana	 Fumas	 Pedra - de - Fogo, Grupo Balsas	 Serra do Tapa
 Araguaia - fácies depósitos aluvionares	 Gabro-Anortosítica Carreira Comprida	 Ponta Grossa	 Serrote
 Araguaia - fácies terraços aluvionares	 Gnaisses	 Porangatu	 Sienito Rio Cristalino
 Araras	 Gorotire	 Posselândia	 Stocks e Diques Máfico-Ultramáfico
 Arenópolis-Piranhas	 Granitos	 Poti, Grupo Canindé	 Sudoeste de Goiás
 Babaçu	 Granodiorito Rio Maria	 Quixadá	 Suíte Lajeado
 Barro Alto - Zona Máfica Inferior	 Granodiorito Águas Claras	 Redenção	 São Patricinho
 Bauru	 Grupo Pilar de Goiás-Formação Boqueirão	 Ribeirão das Antas	 Tarumã
 Bom Jardim de Goiás	 Hidrolina	 Rio Caiapó	 Tocandera, Grupo Rio Fresco
 Botucatu	 Intrusivas Máfico-Ultramáficas tipo Quatipuru	 Rio Dourado	 Tonalitos
 Cabaçal	 Intrusivas graníticas	 Rio Naja, Grupo Rio Fresco	 Trondhjemitos
 Cabeças, Grupo Canindé	 Iporá - Amorinópolis	 Rio Vermelho	 Uruçu - Unidade 1
 Cachoeirinha	 Irati	 Rio das Barreiras	 Uvá
 Caiçara	 Iriú	 Rio do Coco	 Vale do Rio do Peixe
 Cedrolina	 Itapecuru	 Rio dos Mangues	 Vila Maria
 Chapada	 Jaupaci	 Ronuro	 Xambioá
 Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	 Jurubatuba	 Salto das Nuvens	 Xingu
 Colméia	 Juscelândia - Subunidade 3	 Sambaíba, Grupo Balsas	 Água Bonita
 Corda, Grupo Mearim	 Lagoa Seca	 Santa Fé	 Diamantino
 Corpos plutônicos máfico-ultramáficos	 Limeira - Unidade Pelítica	 Santa Luzia	 Digo-Digo
 Corumbataí	 Limeira - Unidade Psamítica	 Santa Tereza	 Nova Xavantina
 Couto Magalhães	 Longá, Grupo Canindé	 Sapucaia	 Máfico-Ultramáfica Tipo Americano
 Crixás Indiviso	 Mara Rosa	 Serra Azul	
 Cuiabá	 Marília	 Serra Dourada	
 Córrego Fundo	 Monte Santo-Serra da Estrela	 Serra Geral	
 Córrego Manoel Leocádio	 Moquém - Gnaiss Trondhjemítico	 Serra da Mesa - Unidade Carbonática - Quartzitos	
 Córrego do Alagadinho	 Morada da Prata	 Serra de Santa Rita - Unidade Psamo-pelítica	
 Depósitos aluvionares	 Morro Escuro	 Pequizeiro	
 Depósitos colúvio-eluviais	 Morro do Campo	 Piauí, Grupo Balsas	
 Depósitos detríticos e/ou lateríticos	 Morro do Engenho	 Pimenteiras, Grupo Canindé	
		 Piranhas	

Cabe ressaltar que a principal diferenciação entre a composição litológica das unidades geológicas situadas na área de drenagem que influencia somente o rio Araguaia (Grupo 2) e na área de drenagem exclusiva do rio Javaés (Grupo 3), corresponde às rochas calcárias presentes na formação Couto Magalhães (região do Javaés). Essa condição poderá favorecer a diferenciação entre as características dos rios Javaés e Araguaia, tendo em vista que essa formação ocupa uma porção significativa da área de drenagem do rio Javaés, e que na região do Grupo 2 não há nenhuma unidade geológica que possua rochas calcárias em sua composição.

O lago Chave conforme pode ser observado na Figura 1, situa-se exclusivamente sobre a unidade geológica denominada Depósitos Aluvionares, que de acordo com AHITAR (2002) é composta por sedimentos (areias finas e médias, cascalhos, siltes e argilas) que recobrem as rochas mais antigas da região.

2.1.3 Solos

Os solos mais representativos da Bacia do Araguaia são os latossolos, plintossolos, neossolos quartizarênicos, argissolos, gleissolos, sendo todos esses bem intemperizados (Figura 2).

Os latossolos são solos minerais, não hidromórficos, altamente intemperizados, bem desenvolvidos, profundos, bem drenados e com horizonte B latossólico (BRASIL, 1981). Ocorrem quase sempre em chapadões ou superfícies de erosão estabilizada mais antiga, assim como nas pediplanícies e fluvioplanícies (MMA, 2006).

Os neossolos quartizarênicos são solos minerais não hidromórficos, pouco desenvolvidos, profundos, excessivamente drenados, sendo que mais de 95% da fração areia é constituída de quartzo (BRASIL, 1981). Na bacia em estudo sempre se relacionam com rochas sedimentares ou material de cobertura arenosa (MMA, 2006).

Os argissolos consistem solos minerais, não hidromórficos, bem intemperizados, bastante evoluídos, bem drenados, profundos, com argila de atividade baixa e horizonte B textural (EMBRAPA, 1999). Na bacia do Araguaia frequentemente ocorrem associados a outros solos, em manchas de pouca expressão (MMA, 2006).

Os Gleissolos compreendem solos hidromórficos, mal drenados, pouco profundos, formados pela deposição de sedimentos transportados ou pela deposição recente de materiais finos (EMBRAPA, 1999).

Os plintossolos compreendem solos minerais, hidromórficos, medianamente desenvolvidos, poucos profundos, moderado e imperfeitamente drenado, tendo como característica fundamental o horizonte plíntico (BRASIL, 1981). Assim como os gleissolos, os plintossolos destacam-se excessivamente na planície aluvial do Araguaia e na ilha do Bananal (MMA, 2006).

Em menor proporção, verifica-se na bacia do Araguaia a presença de neossolos litólicos, cambissolos e nitossolos vermelhos.

Os neossolos litólicos correspondem a solos minerais, não hidromórficos, pouco desenvolvidos, rasos, bem drenados, com elevados teores de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo (BRASIL, 1981).

Os cambissolos são solos minerais, não hidromórficos, pouco profundos, bem drenados, com algum grau de desenvolvimento, mas não suficiente para alterar totalmente os minerais primários, mesmo aqueles de fácil intemperização (EMBRAPA, 1999).

Os nitossolos vermelhos correspondem a solos minerais, não hidromórficos, bem desenvolvidos, profundos, com elevado grau de intemperização, sendo praticamente destituídos de minerais primários facilmente decomponíveis, bem drenados, com horizonte B textural de pouco ou nenhum gradiente textural (BRASIL, 1981).

2.1.4 Hidrografia

O rio Araguaia nasce na serra do Caiapó no paralelo 18º, na divisa de Goiás com o Mato Grosso (Figura 3), a uma altitude de 850 m e percorre uma extensão de cerca de 2.115 km, até desaguar no rio Tocantins. Durante esse percurso suas altitudes variam de 850 m, nas nascentes, à aproximadamente 100 m na foz. Sua bacia de captação e drenagem totaliza 382.000 km² (ANA, 2002).

O curso do rio Araguaia geralmente é subdividido em (AHITAR, 2002):

- **Alto Araguaia:** das nascentes até a cidade de Registro do Araguaia, numa extensão de 450 km e desnível de 570m, trecho em que o rio perpassa terrenos elevados;

- **Médio Araguaia:** de Registro do Araguaia até a cidade de Santa Izabel do Araguaia, numa extensão de 1.505 km e desnível de 185 m. Corresponde ao trecho mais extenso, o qual, devido à reduzida declividade do terreno, mostra-se inundável, nos períodos das enchentes. Nessa região encontra-se a Planície do Araguaia, que corresponde a uma das maiores planícies de inundação do país. Nessa planície o rio Araguaia divide-se em dois braços, o Araguaia e o Javaés, por aproximadamente 320 km, formando assim a ilha de Bananal, a maior ilha fluvial do mundo.

- **Baixo Araguaia:** de Santa Izabel do Araguaia até a foz, numa extensão de 160 km.

2.1.5 Vegetação

A vegetação da bacia do Araguaia, conforme apresentado nesse estudo (Figura 3), destaca as regiões fitoecológicas, as formações e subformações dominantes, além de zonas de tensão ecológica (Ecótono Cerrado-Amazônia), sendo a região subdividida em dois domínios: o amazônico e o extra-amazônico (MMA, 2006).

No domínio Amazônico estão as regiões de Floresta Ombrófila Densa (Aluvial, Terras Baixas e Sub-Montana) e Floresta Ombrófila Aberta (Terras Baixas e Sub-Montana); e no domínio extra-amazônico as regiões de Floresta Estacional Decidual e Semidecidual, Savana (Mata de Galeria/Ciliar, Cerrado, Cerradão, Campo Cerrado, Parque Cerrado, Campo Rupestre, Campo Sujo, Campo Limpo, Palmeiral e Veredas). Além dessas regiões ocorrem as áreas de tensão ecológica ou de contato entre tipos de vegetação e as Formações Pioneiras. Estas últimas quase sempre correlacionadas com ambientes aquáticos (MMA, 2006).

- Domínio Amazônico

A Floresta Ombrófila densa corresponde à Floresta Pluvial Perenifolia Amazônica, ou Floresta Tropical Pluvial, com pouca variação sazonal, elevadas precipitações e umidade relativa, ocorre na região norte da bacia (MMA, 2006).

A Floresta Ombrófila Aberta, por muito tempo considerada como mata de transição entre a floresta amazônica e as áreas extra-amazônicas, tem fisionomia mais clara e aberta. Sua composição fitoecológica está ligada com climas com mais de 60 dias secos por ano, apresentando somente a faciação de palmeiras, dominando o babaçu e o inajá, ocorrendo em terrenos areníticos do Terciário. A principal área de ocorrência dessa fitofisionomia corresponde à região noroeste da bacia (MMA, 2006).

- Domínio Extra-Amazônico

As Florestas Estacionais Decíduas e Semidecíduas que integram o domínio extra-amazônico são consideradas áreas de transição entre a Floresta Ombrófila e o

Cerrado. Algumas formas dessas florestas, também são classificadas como mesofíticas, ocorrem em solos bem drenados e mais ricos em nutrientes, nos interflúvios sobre latossolos profundos mais férteis, derivados de rochas alcalinas como basalto e calcário (MMA, 2006).

As Matas de Galeria e Ciliares representam ambientes florestais localizados junto aos cursos d'água (OLIVEIRA, 1998). Apresentam espécies adaptadas, tolerantes ou indiferentes a solos encharcados e/ou sujeitos a inundações temporárias (EIRA; MARTINS NETO, 1998). Para MARTINS (2001), a mata de galeria corresponde a uma formação mesofítica, de qualquer grau de caducidade, que orla um ou os dois lados de um curso d'água, em uma região em que a vegetação original de interflúvio não seja a de floresta contínua. Assim, estaria presente no cerrado, na caatinga, nos campos e em outras formações fisionômicas. Já a mata ciliar seria mais estreita, limitada à beirada dos diques marginais dos rios, estando presente nas regiões em que a vegetação original de interflúvio também é florestal.

O Cerradão consiste de uma composição de espécies comuns do cerrado stricto sensu, de espécies de mata de galeria e de espécies de matas mesofíticas de encostas ou de matas mesofíticas em afloramentos calcários. Esta depende do tipo de solo onde ocorre, ou seja, se distrófico ou mesotrófico. Nos solos distróficos predominam espécies comuns do cerrado stricto sensu e de matas de galeria. Nos solos mesotróficos predominam espécies de matas mesofíticas de afloramentos calcários. O teor de matéria orgânica sob cerradões é mais elevado do que sob o cerrado sensu stricto nas vizinhanças, e a ciclagem de nutrientes da biomassa vegetal certamente desempenha papel importante na dinâmica desse ambiente (FELFILI; SILVA JÚNIOR, 2001).

O cerrado stricto sensu caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, e geralmente com evidência de queimadas. Os arbustos e subarbustos encontram-se espalhados, com algumas espécies apresentando órgãos subterrâneos perenes (xilopódios), que permitem a rebrota após queima ou corte. Os troncos das plantas lenhosas geralmente possuem cascas com cortiça grossa, fendida ou sulcada, e as gemas apicais de muitas espécies são protegidas por densa pilosidade (RIBEIRO; WALTER, 1998).

O campo sujo é um tipo fitofisionômico exclusivamente herbáceo-arbustivo, com arbustos e sub-arbustos espalhados, sendo constituídos por indivíduos menos desenvolvidos que os das outras espécies arbóreas do cerrado stricto sensu (RIBEIRO; WALTER, 1998).

O campo rupestre é um tipo fitofisionômico predominantemente herbáceo-arbustivo, com a presença eventual de arvoretas de até dois metros de altura. Abrange um complexo de vegetação que agrupa paisagens em micro-relevos com espécies típicas, ocupando trechos de afloramentos rochosos, ocorrendo geralmente em altitudes elevadas, em áreas com ventos constantes (RIBEIRO; WALTER, 1998).

O Campo limpo é uma fitofisionomia predominantemente herbácea, com raros arbustos e ausência de espécies arbóreas (BRASIL, 1981). Ocorre com maior frequência nas áreas de topografia aplainada com solos arenosos ou de superfície argilosa endurecida. Quando ocorre em áreas planas, relativamente extensas, contíguas aos rios e inundadas periodicamente, também é chamado de “campo de várzea”, “várzea” ou “brejo”, sendo os solos do tipo hidromórfico, Aluvial, Plintossolos ou Solos Orgânicos (RIBEIRO; WALTER, 1998).

O parque Cerrado é uma formação subclímax do grupo das Savanas Arbóreas, caracterizada por grandes extensões campestres de forma graminóide cespitosa, interrompidas, vez por outra, pela presença de árvores agrupadas em pequenas elevações do terreno, algumas vezes imperceptíveis, conhecidas como “murundus” ou “monchões” (RIBEIRO; WALTER, 1998; MARTINS, 1999; MARTINS et al., 2002).

O Palmeiral é uma formação savânica caracterizada pela presença de uma única espécie de palmeira arbórea. Nesta fitofisionomia praticamente não existem árvores dicotiledôneas, embora essas possam ocorrer em baixa frequência (RIBEIRO; WALTER, 1998).

A vereda é caracterizada pela presença da palmeira arbórea buriti, em meio de agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivo-herbáceas. As veredas são circundadas por campo limpo, geralmente úmido, sendo encontradas em solos hidromórficos saturados durante a maior parte do ano. Esta fitofisionomia também é comum em uma posição intermediária do terreno, próximas as nascentes ou na borda das matas de galeria (RIBEIRO; WALTER, 1998).

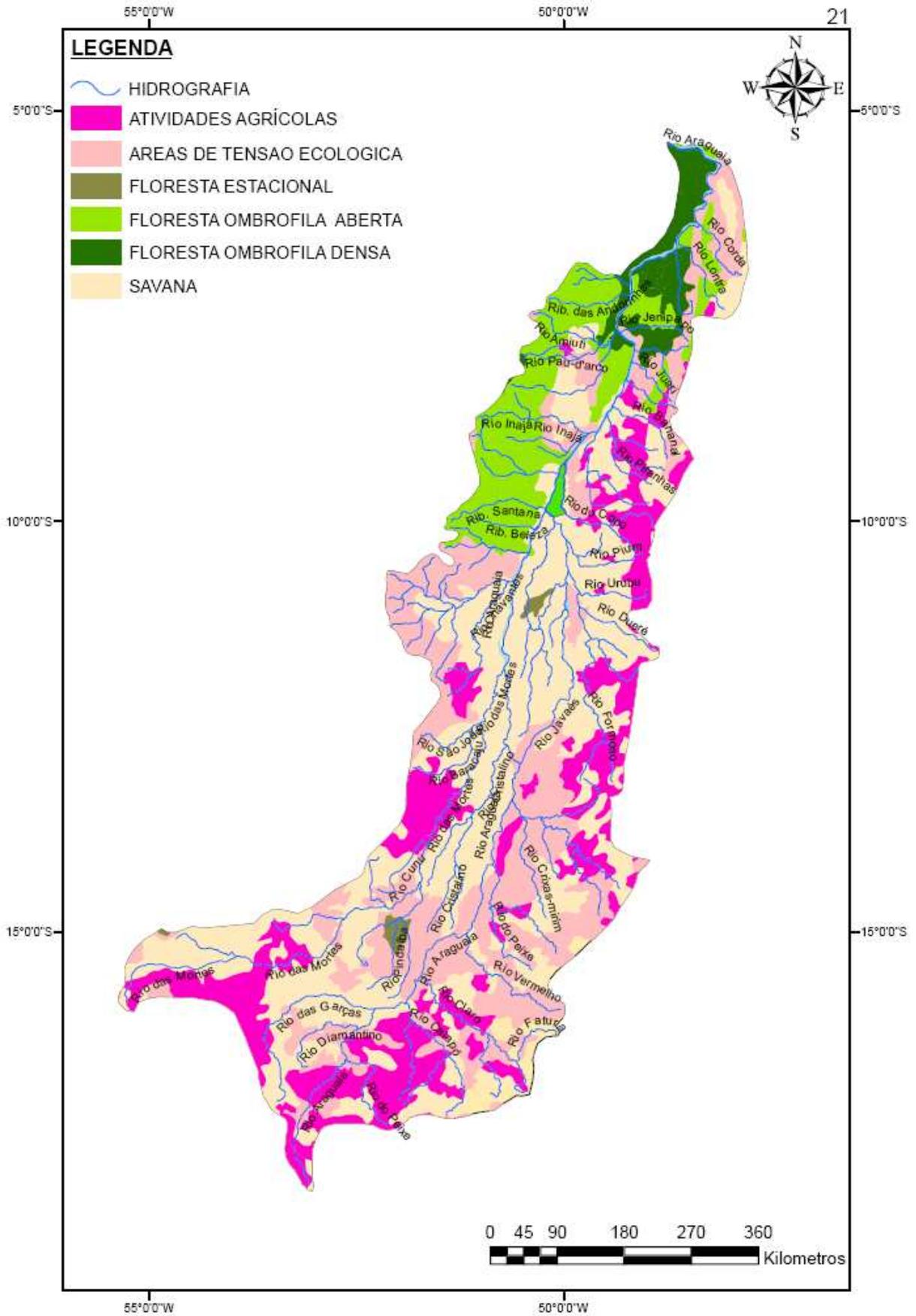


Figura 4 - Cobertura vegetal e atividades agrícolas presentes na bacia do Araguaia

- Áreas de Tensão Ecológica

A cobertura vegetal é um reflexo das condições climáticas relacionadas com os fatores topográficos e pedológicos de uma determinada área geológica. Qualquer mudança nesses fatores implica alterações no ambiente e determina contatos onde os agrupamentos das diferentes regiões ecológicas competem para a ocupação do mesmo espaço (MARTINS, 2005). SCHIMPER (1903), citado por BRASIL (1981), definiu esta área como uma gradação da vegetação que se desenvolve para outra, partindo de um ótimo ecológico (clímax) até o extremo oposto, quando desaparece.

Para BRASIL (1981), na região da Bacia do Araguaia, a representação fitogeográfica é em grande parte caracterizada pela mistura de formas biológicas, que se defrontam e sobrevivem sob condições extremas de tolerância ecológica. As áreas de Tensão Ecológica são identificadas com maior facilidade quando as regiões ecológicas integram-se de formas fisionomicamente distintas: Savana/Floresta Ombrófila, Savana/Floresta Estacional e Floresta Ombrófila/Floresta Estacional. Assim, estas áreas de Tensão Ecológica são mais fáceis de mapear na região do Cerrado, que é fisionomicamente diferente das formações florestais.

2.1.6 Histórico de uso e ocupação da bacia do Araguaia

A região de domínio das Florestas Ombrófilas caracteriza-se pelo alto potencial madeireiro. Décadas de exploração predatória, entretanto, vêm reduzindo significativamente o valor dos nichos florestais remanescentes. Além do que, o avanço da colonização e a expansão da pecuária, induzida pelos eixos rodoviários (Belém-Brasília e outros), especialmente a partir da década de 1970, vem reduzindo sistematicamente estas formações florestais, promovendo uma verdadeira devastação, especialmente nas regiões com melhores facilidades de acesso (FGV; MMA; ANEEL, 1998).

Nas últimas décadas, a ocupação humana e a construção de estradas transformaram a paisagem do Cerrado em ilhas inseridas numa matriz de agroecossistemas. Essa extensa transformação antrópica tem provocado grandes perdas de biodiversidade, especialmente em vista das limitações das Unidades de Conservação, consideradas mal distribuídas quanto às categorias de manejo,

insuficientes em número e tamanho e com pouca representatividade, tendo em vista a enorme heterogeneidade regional do bioma (MMA; ANA, 2003).

O desmatamento provocado pela exploração agropecuária e outras ações antrópicas, demonstravam interferência relativamente moderada até aproximadamente o início da década de 1970, ganhando intensidade com o desenvolvimento de projetos como a rodovia Belém-Brasília, a represa de Tucuruí e outros aproveitamentos hidrelétricos, o projeto hidroagrícola rio Javaés e, sem desconsiderar a criação do Estado de Tocantins, que representou um forte estímulo político-econômico neste processo (MMA, 2006).

Em relação ao projeto rio Javaés o mesmo foi implantado na região da planície do Araguaia com o objetivo de permitir o cultivo de duas safras por ano (safra e entressafra), através da construção de barramentos. O mesmo é composto por seis sub-projetos: Rio Formoso, Xavante, Dueré, Urubu, Pium e Riozinho, sendo planejado para abranger cerca de 520.000 ha quando totalmente implantado (SEPLAN, 2004). Atualmente, nesses projetos a produtividade média de arroz é de cerca de 5 t/ha no período chuvoso e 6,0 t/ha de milho e 2,5 t/ha de soja no período da seca (MARTINS, 2005).

Dentre os subprojetos destaca-se o Projeto Rio Formoso, que atinge uma área total de 61.000 ha e uma área plantada de 20.500 hectares. A infra-estrutura da área conta com 3 barragens com capacidade para 150 milhões de m³ de água que cobrem um total de 10.360 ha (SEPLAN, 2004).

Cabe observar que atualmente a conservação ambiental da região vem sofrendo forte influência dos projetos de desenvolvimento regional que ainda não assumiram uma visão sistêmica. Tampouco leva em consideração as recomendações das principais conferências internacionais promovidas pela ONU, em que o enfoque principal é aliar desenvolvimento socioeconômico com a manutenção da qualidade ambiental. A ocupação do espaço extra-amazônico, bioma Cerrado, é antiga, tendo se iniciado no primeiro momento pelas grandes correntes povoadoras do século XVIII, induzida pela mineração e, depois pela pecuária. Por essa época, e até recentemente, as atividades agrícolas restringiam-se aos locais de terras férteis representados ou correspondentes as áreas florestais ("Mato Grosso de Goiás"). A pecuária desenvolvida na forma extensiva, praticamente resumia-se ao aproveitamento das forrageiras nativas abundantemente ofertadas nos campos e

cerrados nativos que somam cerca de 90 milhões de hectares. Com o advento de técnicas agrícolas modernas especialmente com a introdução do calcário e de capins agressivos, houve uma verdadeira revolução e se iniciou o processo efetivo de ocupação do solo e destruição dos ecossistemas do cerrado (MMA, 2006).

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Campanhas de Campo

Para o desenvolvimento do presente estudo foram realizadas 15 campanhas de campo, entre abril de 2005 e julho de 2006, obedecendo uma frequência mensal. Cabe ressaltar que a campanha do mês de outubro de 2005 não foi realizada, devido à ocorrência de problemas operacionais.

A periodicidade amostral adotada, por abranger as diferentes fases do ano hidrológico (seca, enchente, cheia e vazante), conforme pode ser observado no Gráfico 1, permitiu a identificação dos efeitos proporcionados pela variação sazonal nas concentrações dos elementos analisados.

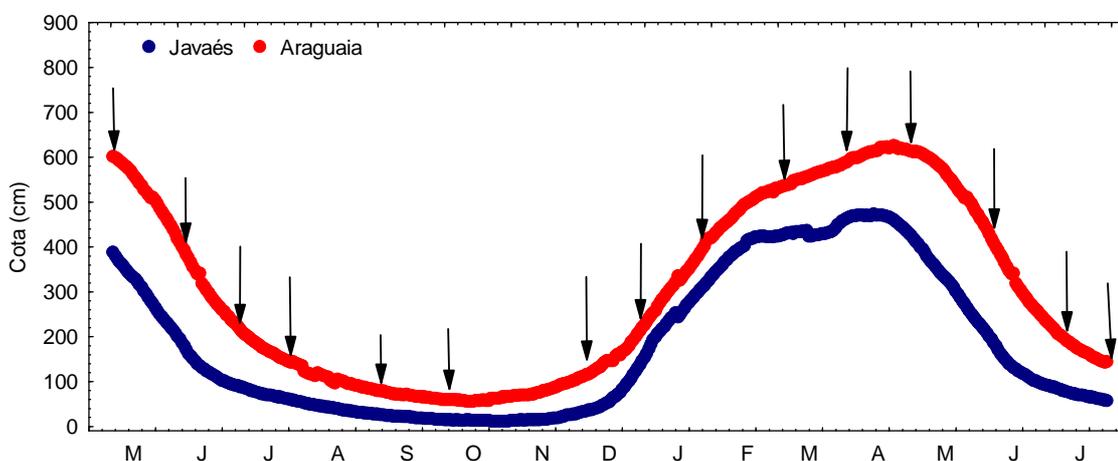


GRÁFICO 1 – DISTRIBUIÇÃO DAS DATAS DE AMOSTRAGEM DE ACORDO COM AS DIFERENTES FASES DA HIDRÓGRAFA DOS RIOS JAVAÉS E ARAGUAIA. AS SETAS INDICAM AS DATAS DAS COLETAS.

Durante essas campanhas foram coletadas amostras em três pontos distintos, estando os mesmos localizados nos rios Araguaia e Javaés e no lago Chave (Figura 5).

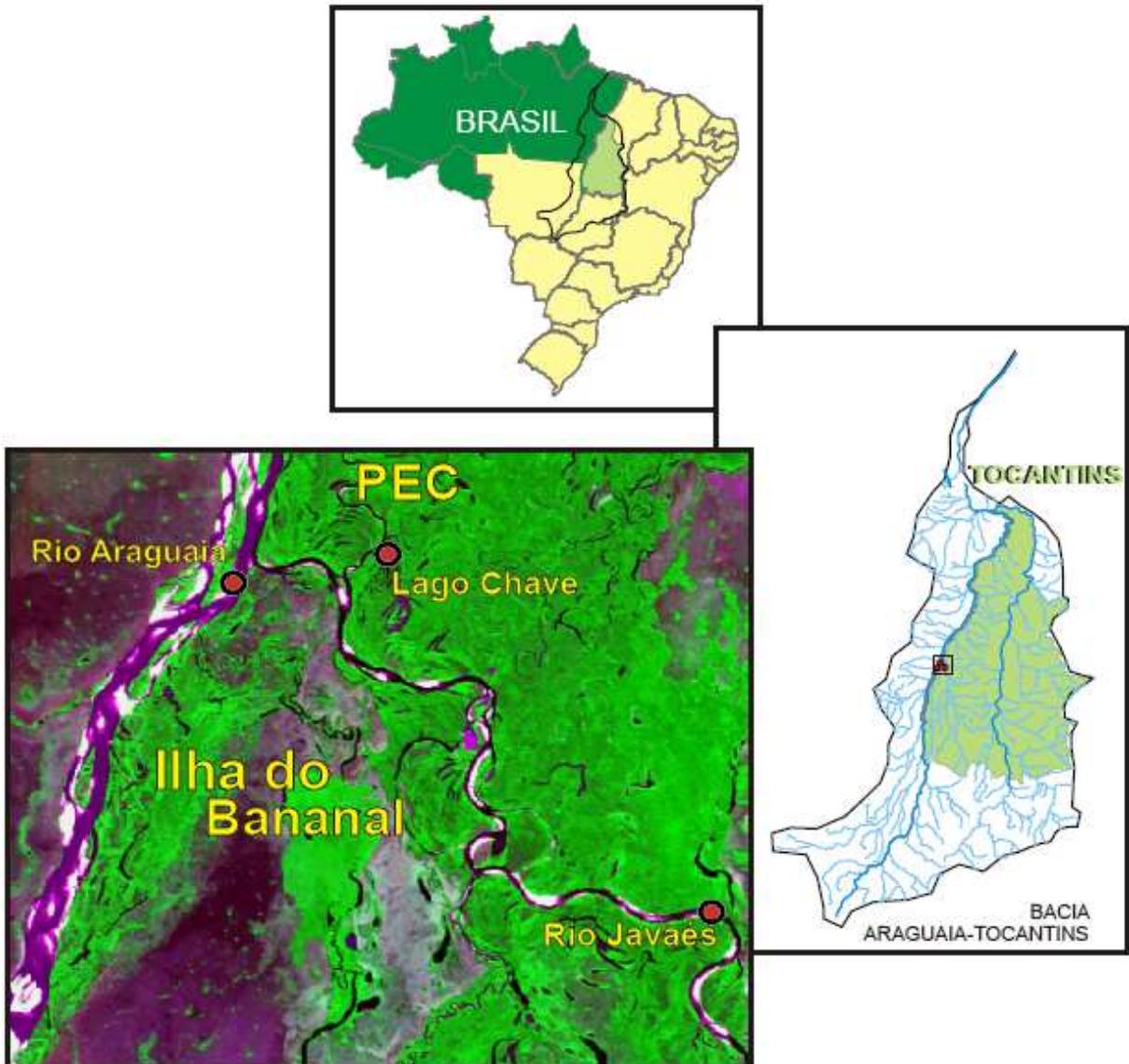


FIGURA 5 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM NOS RIOS JAVAÉS E ARAGUAIA E NO LAGO CHAVE.

2.2.2 Métodos Amostrais e Medidas de Campo

As amostras foram retiradas a cerca de 60% da profundidade total (HAUER & LAMBERTI, 1996), utilizando-se uma bomba de imersão, que proporcionou a condução da água da profundidade desejada ao interior de uma proveta de dois litros, da onde posteriormente foram retiradas as alíquotas específicas para os parâmetros de interesse (Figura 06).

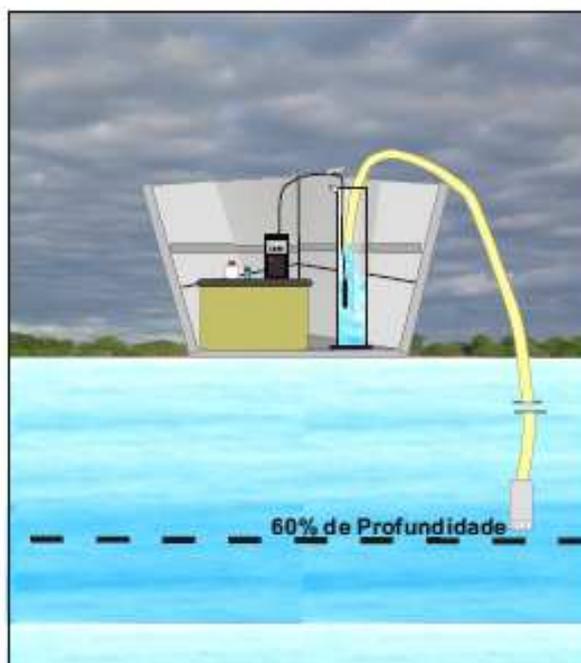


FIGURA 6 – SISTEMA DE AMOSTRAGEM

Para a determinação dos íons maiores (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-}) e do Carbono Inorgânico Dissolvido (CID) foram coletadas alíquotas de 60 ml. Essas alíquotas foram filtradas em campo, utilizando-se filtros de acetato de celulose ($0,45 \mu\text{m}$ de porosidade), e acondicionadas em frascos de polietileno de alta densidade. A preservação dessas alíquotas foi realizada por meio da adição de cerca de 6 mg de Thymol.

Para o Carbono Orgânico Dissolvido (COD) foram coletadas alíquotas de 25 ml, em triplicatas. Essas alíquotas foram filtradas no campo, utilizando-se filtros de fibra de vidro (Whatman GF/F, porosidade nominal de $0,70 \mu\text{m}$) previamente calcinados. Após a filtração, as alíquotas foram acondicionadas em frascos de vidro pré-calcinados e com tampas internamente revestidas por teflon. A preservação dessas alíquotas foi realizada por meio da adição de solução de cloreto de mercúrio (HgCl_2) a uma concentração final de Hg de $300 \mu\text{M}$.

Após a coleta das alíquotas, foi determinado o pH, utilizando-se o medidor portátil Orion, modelo 290A e eletrodo *Thermo Orion pH Triode 9107BN*, sendo este equipamento previamente calibrado com padrões externos de valores de pH de 4,01, 5,00 e 7,00. A medição foi realizada por meio da introdução do eletrodo do

equipamento no interior da proveta, com a bomba ativada, de modo a proporcionar um fluxo contínuo no interior da mesma.

2.2.3 Procedimentos Analíticos

Após a coleta, as amostras, devidamente preservadas, foram encaminhadas ao Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo, no campus de Piracicaba, onde foram realizadas as análises.

As concentrações de carbono orgânico e inorgânico dissolvidos foram determinadas por meio da utilização de um analisador de carbono orgânico total da marca Shimadzu, modelo TOC-V CPH. O princípio analítico desse equipamento é baseado na absorção do comprimento de onda do infravermelho. A alíquota para a determinação do carbono orgânico é previamente acidificada até pH 1.0, borbulhada com ar sintético para a remoção da fração inorgânica do carbono (convertida a CO_2 pela acidificação), e então injetada no equipamento, onde é queimada à 720 °C e carregada para o detector na forma de CO_2 . As concentrações são determinadas por comparação com padrões externos. No caso do carbono inorgânico dissolvido, não há pré-acidificação, e nem queima, e a amostra injetada é carregada para dentro de um recipiente com ácido e o CO_2 gerado é carregado para o detector. A especiação do Carbono Inorgânico Dissolvido, para a obtenção das concentrações de CO_2 e HCO_3^- , foi realizada por meio da aplicação de equações matemáticas que utilizam como parâmetros o pH e a temperatura das amostras, bem como as constantes de equilíbrio das espécies de carbono inorgânico (ZARAN, 1998).

As concentrações dos íons dissolvidos (ânions e cátions) foram determinadas por cromatografia líquida em um equipamento da marca DIONEX, modelo DX500. A detecção foi feita por condutivimetria com colunas analíticas distintas para ânions e cátions, IonPac AS11HC (4mm) e CS12A (4mm), respectivamente. Para o método de detecção de ânions foi empregada uma solução eluente de KOH (20 mM). Para o método de detecção de cátions foi utilizada uma solução eluente de ácido metanosulfônico a uma concentração de 20 mM. As análises foram gerenciadas automaticamente por computador com o auxílio do software Peaknet 6.0, e os resultados foram obtidos através de uma curva de calibração com padrões externos.

O controle de qualidade da quantificação dos resultados foi feito com o uso da amostra certificada Tróis-94 (National Water Research Institute, Canadá).

2.2.4 Determinação do comportamento Hidrológico

A determinação da duração dos períodos de seca e cheia, bem como a identificação dos meses que apresentam os maiores e os menores índices pluviométricos, é um fator relevante para a compreensão da dinâmica dos parâmetros de interesse desse estudo.

Por atualmente não existirem dados de descarga dos mananciais estudados, utilizou-se a variação das cotas de suas lâminas d'água para a determinação da duração dos períodos de seca e cheia. Esses dados e as informações pluviométricas foram adquiridos junto a Agência Nacional de Águas (ANA). A tabela 04 apresenta a localização das estações fluviométricas e pluviométricas, cujos dados foram utilizados nesse estudo. Cabe ressaltar que o critério de seleção das mesmas foi à existência de uma série histórica de dados que contivesse o período de amostragem desse estudo.

TABELA 4 - LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS E PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NESSE ESTUDO (ANA, 2007).

Nome da Estação	Código	Tipo de Estação	Rio	Município	Estado	Latitude	Longitude
Barreira do Pequi	26710000	Fluviométrica	Javaés	Cariri do Tocantins	Tocantins	-12°05'19"	-49°59'16"
Faz. São Judas Tadeu	27030000	Fluviométrica	Araguaia	Santana do Araguaia	Pará	-9°44'00"	-50°11'00"
Canguçu	00950002	Pluviométrica	Javaés	Fortaleza do Tabocão	Tocantins	-9°58'13"	-49°59'37"
São Felix do Araguaia	01150001	Pluviométrica	Araguaia	São Felix do Araguaia	Mato Grosso	-11°37'39"	-50°41'23"

Além das informações fornecidas pela ANA, utilizou-se os dados de duas réguas limnimétricas localizadas na região do lago Chave para determinar os períodos

em que o mesmo recebe influência das águas do rio Javaés. A verificação das cotas nessas réguas se deu durante os dias em que foram realizadas as amostragens.

2.2.5 Análise Estatística

Para auxiliar a interpretação e discussão dos resultados foram empregados testes estatísticos não paramétricos, por serem considerados testes mais robustos, levando-se em conta que as variáveis não apresentam distribuição normal.

Para avaliar a possível ocorrência de diferenças estatísticas significativas entre os pontos de coletas e entre os períodos de seca e cheia foi aplicado o teste de Mann-Whitney (Teste-U). O teste de correlação de Spearman foi usado para avaliar possíveis correlações entre variáveis. Foram consideradas correlatas variáveis que apresentaram significância a valores de $p < 0,05$.

Esses testes fazem parte do pacote “STATISTICA 6.1” e foram consideradas diferenças altamente significativa, significativa e sem diferença estatística significativa, aquelas correlações que apresentaram nível mínimo de significância de, respectivamente $p < 0,01$, $p < 0,05$ e $p > 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DOS RIOS JAVAÉS, ARAGUAIA E LAGO CHAVE.

Nos Gráficos 2 e 3 são apresentadas as cotas dos rios Javaés e Araguaia, respectivamente, para o período de abril de 2005 a julho de 2006, juntamente com médias históricas de cada uma das estações pluviométricas. A variação das cotas de ambos os rios durante o período de amostragem apresenta algumas diferenças de comportamento em relação à média histórica, sendo essa diferença mais pronunciada no período chuvoso. As maiores discrepâncias são observadas a partir de dezembro de 2005, quando a elevação do nível d'água, nesses dois rios, ocorre de maneira mais rápida do que o comportamento médio. Após esse aumento progressivo de cotas, verifica-se, em meados de janeiro de 2006, uma redução dos valores, que voltam a se elevar somente em meados de fevereiro.

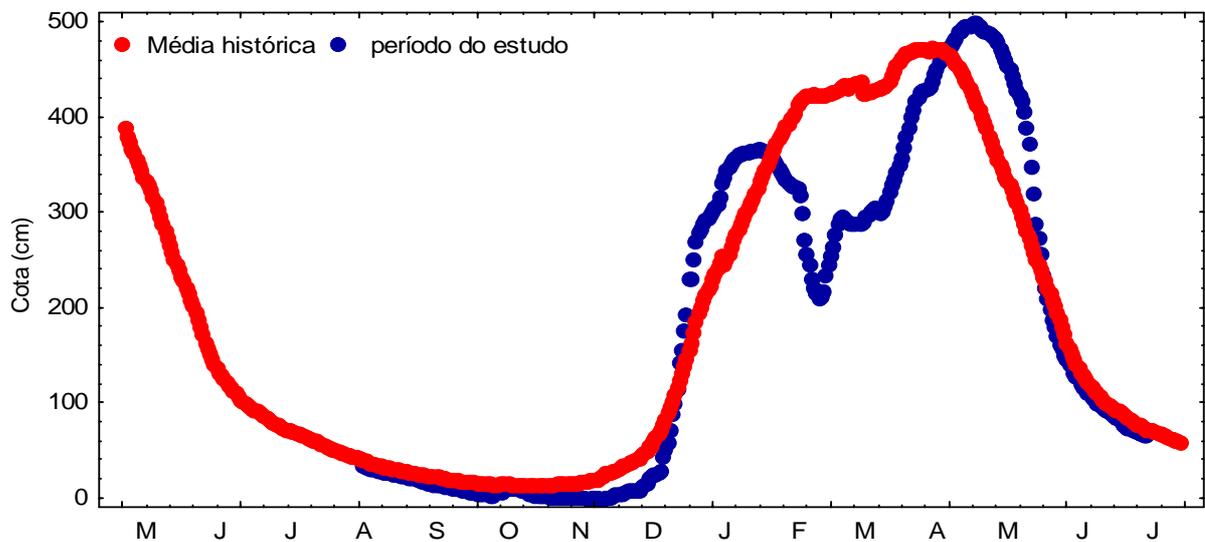


GRÁFICO 2 – VARIAÇÃO DE COTAS DO RIO JAVAÉS PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006. FONTE: ANA (2007).

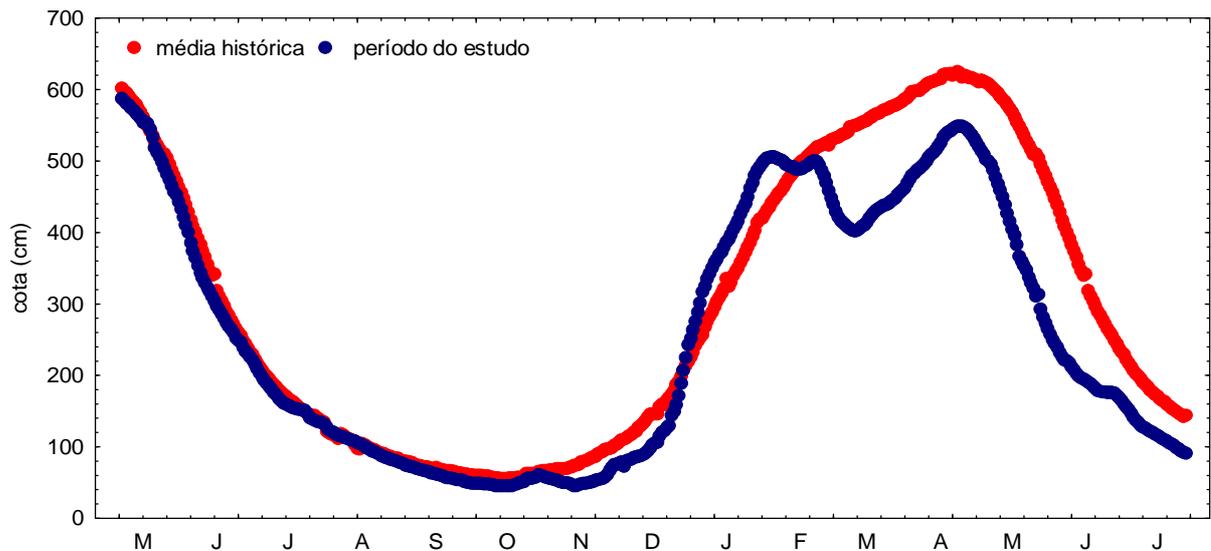


GRÁFICO 3 – VARIAÇÃO DE COTAS DO RIO ARAGUAIA PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006. FONTE: ANA (2007).

Essas diferenças devem-se à maior intensidade pluviométrica verificada em dezembro de 2006 e sua respectiva redução em janeiro de 2006 (Gráficos 4 e 5). Observa-se que os índices pluviométricos desses dois meses diferem dos valores identificados nas médias históricas das estações pluviométricas em estudo.

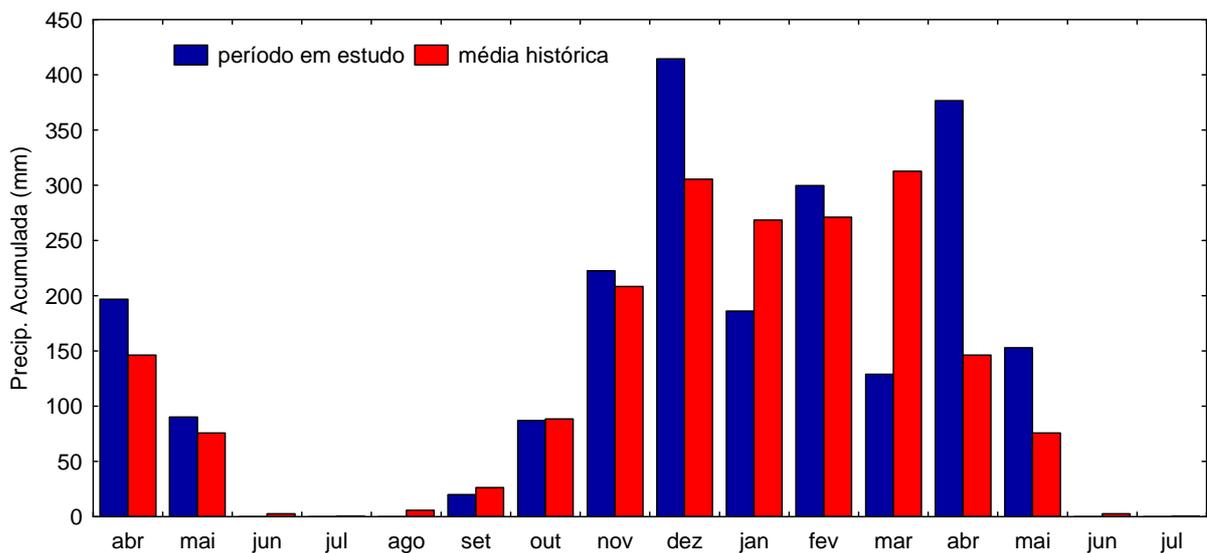


GRÁFICO 4 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL, PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006 - ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA CANGUÇU. FONTE: ANA (2007)

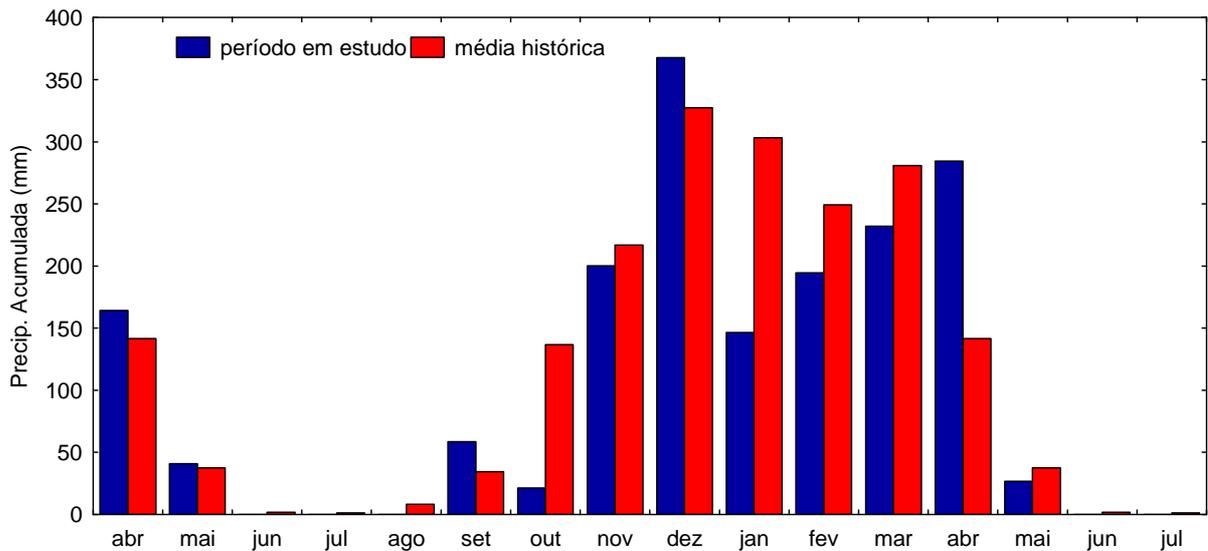


GRÁFICO 5 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL, PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006 - ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SÃO FÉLIX. FONTE: ANA (2007).

Cabe ressaltar, que em janeiro de 2006, além de serem observados menores índices pluviométricos, verificou-se a ocorrência de um período de estiagem de aproximadamente vinte dias (GRÁFICOS 6 e 7), o que também contribuiu para a redução das vazões durante o período mencionado.

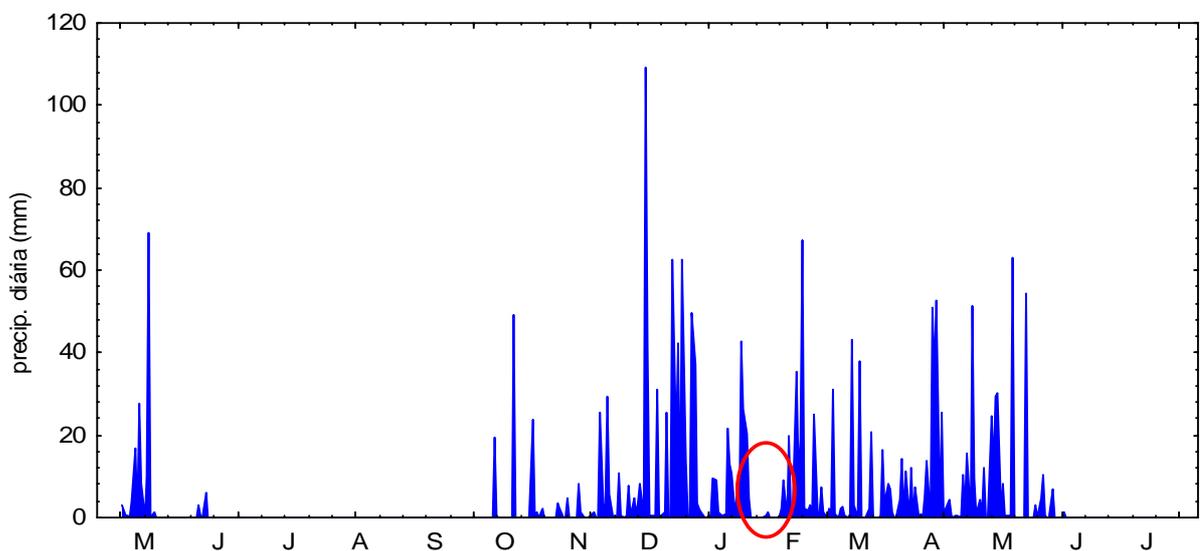


GRÁFICO 6 – PRECIPITAÇÃO DIÁRIA, PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006 - ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA CANGUÇU. O DESTAQUE EM VERMELHO INDICA O PERÍODO DE ESTIAGEM DE APROXIMADAMENTE VINTE DIAS VERIFICADO NO MÊS DE JANEIRO DE 2006. FONTE: ANA (2007).

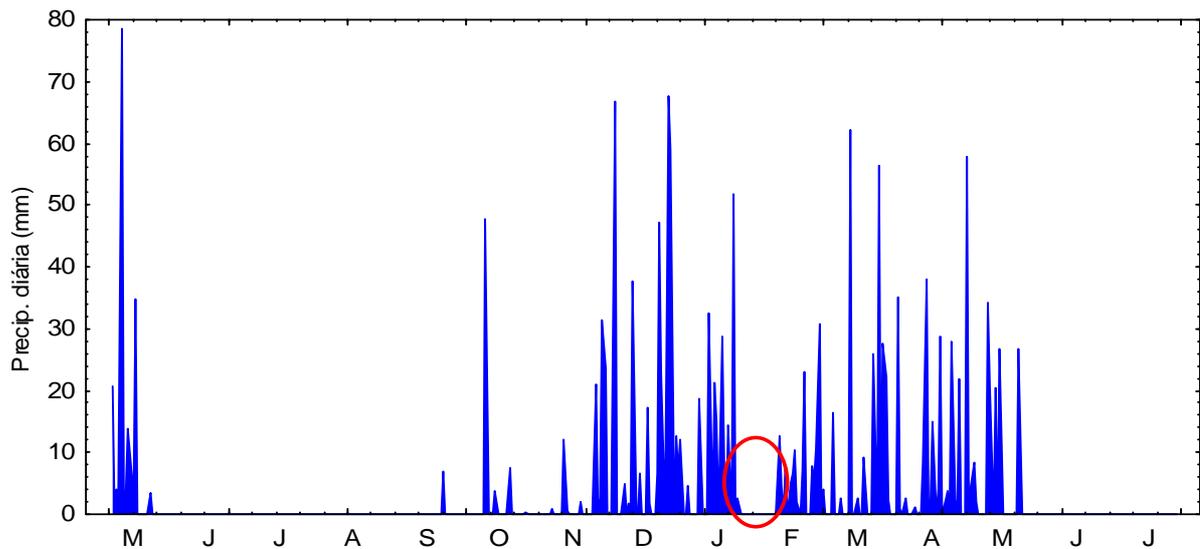


GRÁFICO 7 – PRECIPITAÇÃO DIÁRIA, PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006 - ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SÃO FÉLIX. O DESTAQUE EM VERMELHO INDICA O PERÍODO DE ESTIAGEM ANA (2007).

Como será visto adiante (item 3.3.2), as variações na vazão durante o período de cheia de 2006 podem ter interferido na variação sazonal dos elementos químicos analisados nos mananciais em estudo.

Apresenta-se, a seguir, a duração dos períodos de seca e cheia dos rios Javaés e Araguaia, que servirá como base para a interpretação do comportamento biogeoquímico desses mananciais.

Seca: Esse período inicia-se após o encerramento das chuvas verificadas na região. No rio Araguaia ocorre entre o início de junho e o início de novembro e, no rio Javaés, entre o início de junho e meados de novembro (Gráficos 8 e 9). Considerando-se que, de maneira geral, não ocorrem eventos pluviométricos durante o período de seca, a vazão dos mananciais, nesse período, é fortemente condicionada pela água subterrânea armazenada na região (fluxo de base).

Cheia: No rio Araguaia ocorre entre o início de novembro a meados de junho, e, no rio Javaés, entre meados de novembro e início de junho (Gráficos 8 e 9). Esse período compreende três fases distintas: a) enchente: inicia-se com o aumento da intensidade pluviométrica na região, que por sua vez proporciona o incremento da vazão dos mananciais; b) cheia: ocorre quando são verificados os maiores valores

de cotas nos mananciais; c) vazante: é verificada no momento em que a redução da pluviosidade proporciona a diminuição das vazões, encerrando-se quando o fluxo de base volta a predominar.

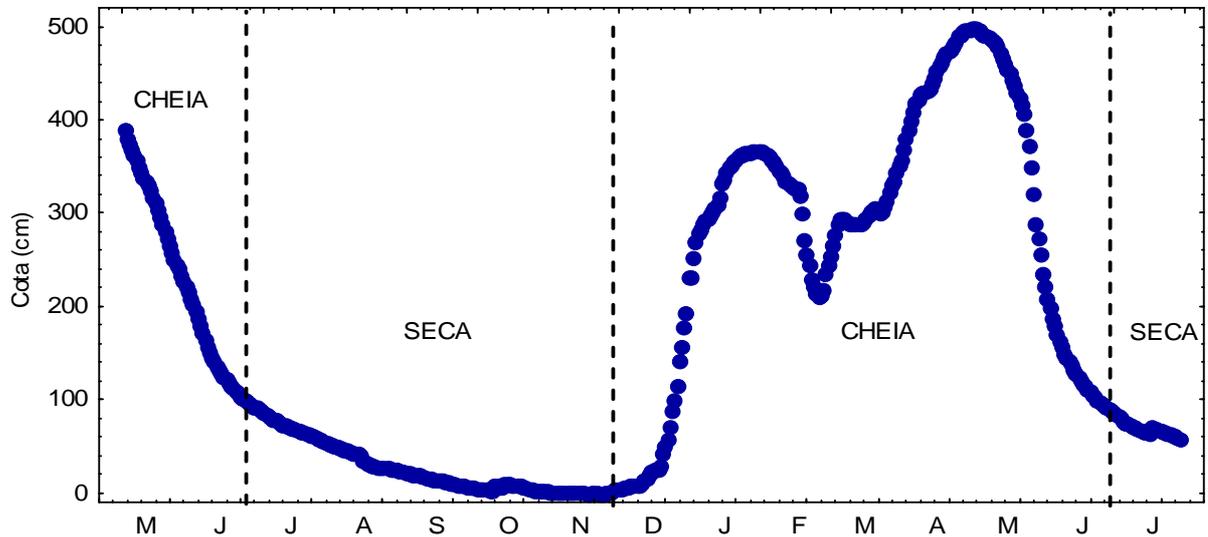


GRÁFICO 8 – DURAÇÃO DOS PERÍODOS DE SECA E CHEIA NO RIO JAVAÉS PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006. FONTE: ANA (2007).

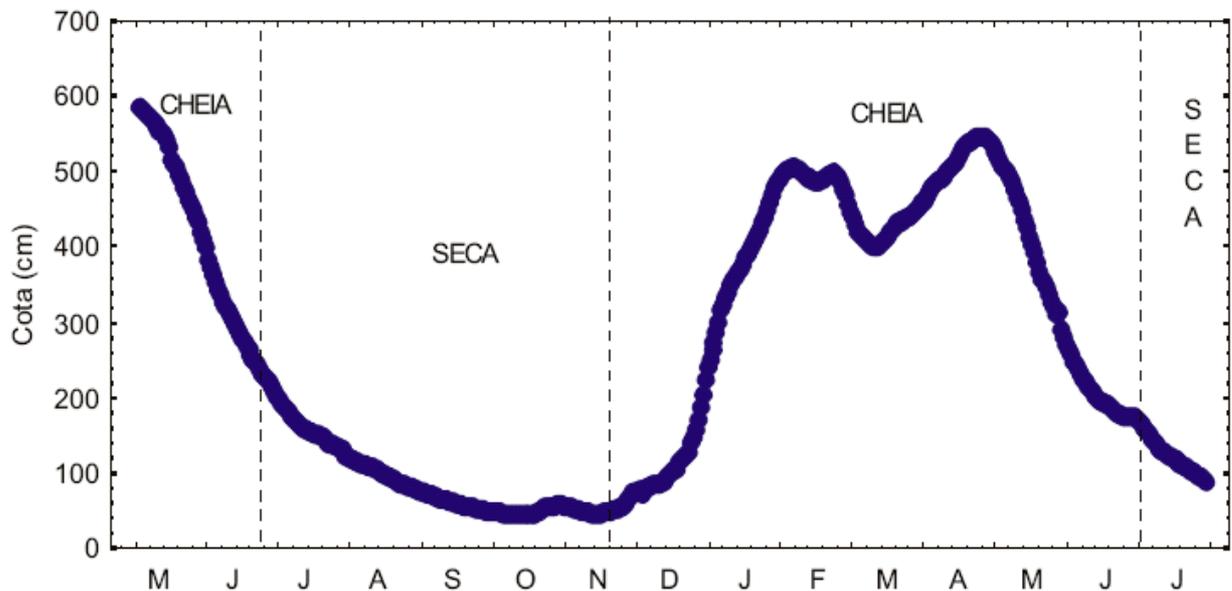


GRÁFICO 9 – DURAÇÃO DOS PERÍODOS DE SECA E CHEIA NO RIO ARAGUAIA PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006. FONTE: ANA (2007).

Quanto ao lago Chave, por se desejar identificar os períodos em que o mesmo encontra-se isolado e conectado com o rio Javaés, optou-se por realizar uma

análise conjunta entre a variação de suas cotas e a variação das cotas do “furo” Javaézinho (um braço do rio Javaés que corresponde a um dos principais canais de conexão desse rio com o lago Chave).

A seguir apresenta-se a duração do período em que o lago Chave permanece isolado, bem como a do período em que o mesmo se conecta com o rio Javaés.

Isolamento (Seca): Ocorre entre os meses de julho e outubro, quando as cotas do lago Chave são superiores às do furo Javaézinho (Gráfico 10). A maior diferenciação entre as cotas desses mananciais é verificada no mês de setembro. Durante o isolamento, como o lago não recebe águas do rio Javaés e nem provenientes de precipitação, as características químicas de suas águas são atribuídas, principalmente, as características geológicas locais e a atividade biogênica verificada em seu interior. Avalia-se no entanto, que, no início do período de isolamento, possivelmente ainda ocorra a predominância das características das águas do rio Javaés, uma vez que as mesmas acumularam-se no interior do lago durante a conexão entre os dois mananciais.

Conexão (cheia): Ocorre durante os meses de novembro a junho, quando as cotas dos dois mananciais coincidem (Gráfico 10). Cabe observar que, durante a fase inicial, essa conexão possivelmente não ocasiona influência significativa, ou até mesmo perceptível, nas características da água do lago Chave, uma vez que o aporte de águas do rio Javaés nesse período é pouco representativo.

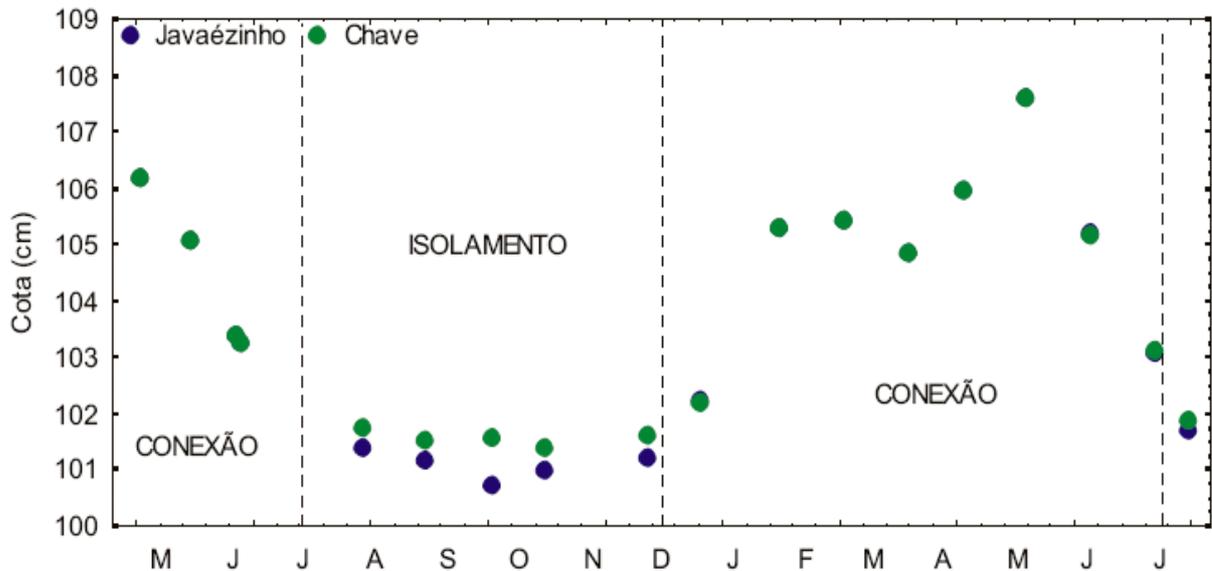


GRÁFICO 10 – DURAÇÃO DOS PERÍODOS DE CONEXÃO E ISOLAMENTO NO LAGO CHAVE PARA O PERÍODO DE ABRIL DE 2005 À JULHO DE 2006.

3.2 BALANÇO IÔNICO

Uma das maneiras de checar a confiabilidade dos resultados obtidos com as análises de íons maiores, corresponde à realização do balanço entre a soma das cargas dos ânions (TZ^-) e a soma das cargas dos cátions (TZ^+). FENZL (1986) menciona que em uma análise completa e correta a soma das cargas dos cátions deve ser aproximadamente igual à dos ânions. Maiores concentrações de TZ^+ ou TZ^- podem ser atribuídas a erros analíticos ou então a presença significativa de certos íons não analisados nas amostras.

Ao se realizar o balanço iônico com as concentrações de TZ^+ e TZ^- obtidas nesse estudo, verificou-se que, apesar dessas variáveis apresentarem uma correlação estatisticamente significativa entre si ($r= 0,7944$; $p < 0,05$), para grande parte dos dados a mesma não se dá em uma proporção de 1:1, sendo que na maioria dos casos TZ^+ apresentou maiores valores que TZ^- (Gráfico 11).

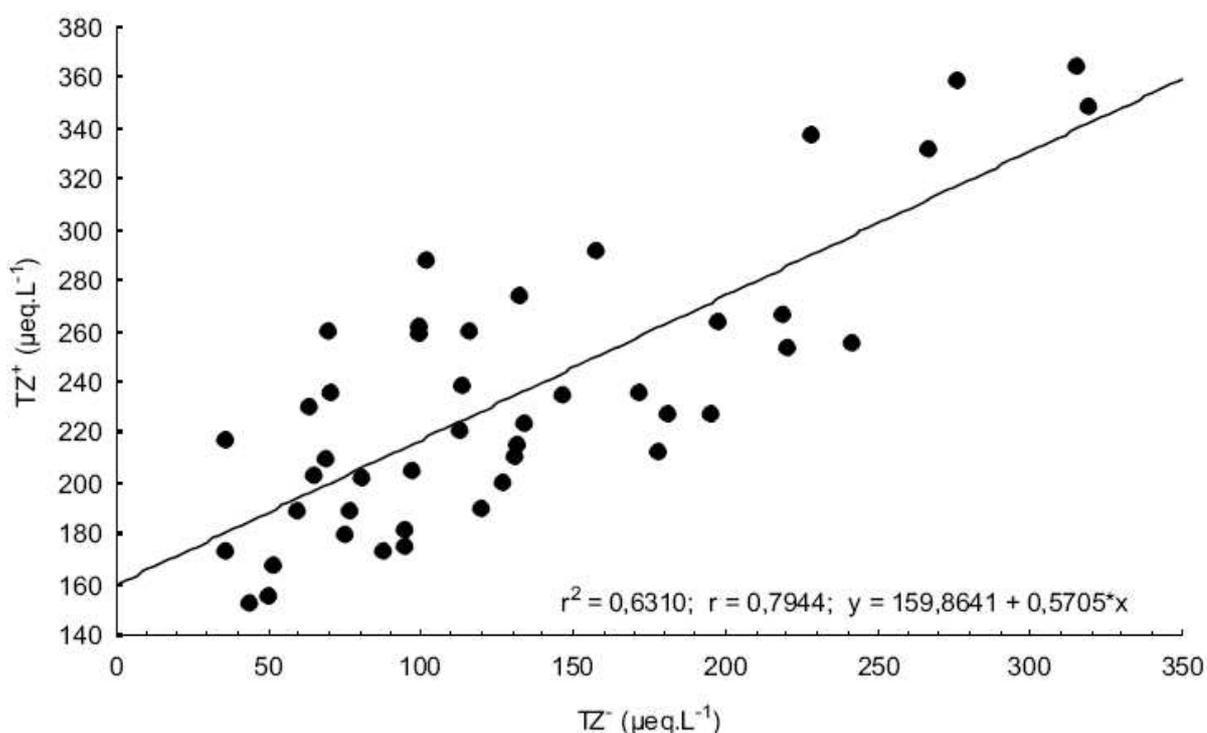


GRÁFICO 11 – DISPERSÃO DE TZ⁺ vs TZ⁻

De acordo com THURMAN (1985), um problema comum com análises iônicas em águas de mananciais de ambientes sazonalmente inundáveis corresponde ao balanço entre cátions e ânions. Nessas águas, a maioria dos ânions são ácidos orgânicos, os quais geralmente não são quantificados nos estudos de biogeoquímica de mananciais. Portanto, quando se compara a soma das concentrações dos demais ânions maiores (TZ⁻) com a soma das concentrações dos cátions maiores (TZ⁺), verifica-se que a soma dos cátions apresenta concentrações mais elevadas.

Dessa maneira, considerando que a região em estudo é sazonalmente inundada, e que, conforme será exposto ao longo do estudo, os mananciais apresentam concentrações consideráveis de carbono orgânico dissolvido em suas águas, tem-se que o desbalanço iônico identificado deve-se, em parte, a presença ânions orgânicos que não foram quantificados e, portanto, desconsiderados nesse balanço.

3.3 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DOS RIOS JAVAÉS E ARAGUAIA E LAGO CHAVE: CATEGORIAS GERAIS

Por meio das observações realizadas em corpos d'água superficiais da região amazônica, STALLARD e EDMOND (1983) desenvolveram um índice que permite classificar os corpos hídricos de acordo com o material de origem que os mesmos drenam. Esse índice baseia-se no somatório dos íons maiores de carga positiva (TZ^+), e estabelece três grandes categorias: 1) rios com águas com $TZ^+ < 200 \mu\text{Eq.L}^{-1}$, drenam terrenos mais intensamente intemperizados; 2) rios com águas com $200 < TZ^+ < 450 \mu\text{Eq.L}^{-1}$, drenam terrenos ricos em silicatos e; 3) rios com águas com $450 < TZ^+ < 3000 \mu\text{Eq.L}^{-1}$, drenam terrenos dominados por carbonatos e possuem elevadas concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} e SO_4^{2-} .

De acordo com essa classificação, observa-se que os rios Araguaia e Javaés apresentam valores de TZ^+ correspondentes à Categoria 2 (Gráfico 12). Esse comportamento está de acordo com o que foi constatado na caracterização da área desse estudo (item 2.1.2), que por sua vez identificou que as formações geológicas presentes na bacia do Araguaia possuem teores significativos de silicatos.

Cabe ressaltar que para esses dois mananciais foram observados alguns valores de TZ^+ menores que $200 \mu\text{Eq.L}^{-1}$, entretanto os mesmos correspondem, de maneira geral, a menos de 25% do total de observações, e ocorreram durante o período de cheias, quando, conforme será melhor detalhado posteriormente verifica-se uma redução das concentrações de alguns dos cátions maiores.

O lago Chave apresentou uma faixa de valores que se encontra distribuída entre o Grupo 1 e 2. Considerando-se que a litologia do local onde esse lago se encontra apresenta elevado grau de intemperismo e que os maiores valores de TZ^+ ocorrem durante o período de cheias, quando esse lago recebe influência do rio Javaés, considera-se que o mesmo deve ser classificado como pertencente a classe de mananciais do Grupo 1.

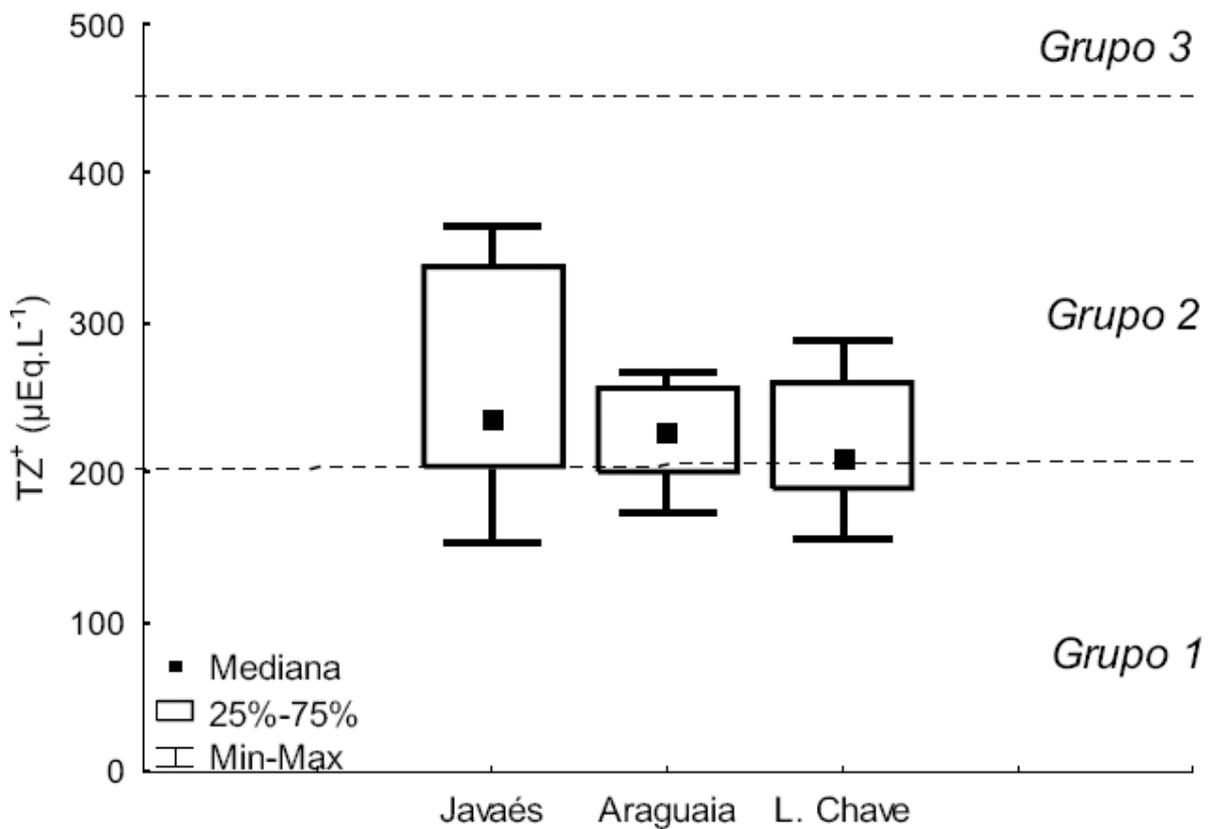


GRÁFICO 12 - SOMATÓRIO DE CARGAS POSITIVAS (TZ+) NAS ÁGUAS DOS RIOS JAVAÉS E ARAGUAIA E NO LAGO CHAVE, ILUSTRANDO A CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM STALARD e EDMOND (1983).

3.4 DIAGRAMAS TERNÁRIOS

Com o intuito de avaliar as características gerais da composição química das águas dos mananciais em estudo optou-se por utilizar os diagramas ternários (Gráficos 13 e 14), que correspondem a um instrumento de análise que demonstra a proporção relativa dos ânions e cátions maiores nos ambientes de interesse. Dentre as vantagens do uso desses diagramas, destaca-se a possibilidade de se desenvolver uma análise comparativa entre os resultados obtidos em diferentes pontos amostrais (FEITOSA; MANOEL FILHO, 1997). DAS e KAKKAR (2000) mencionam que os diagramas ternários também têm sido usados para expressar a importância relativa de diferentes processos de intemperismo. LEITE (2004) E BOLSON (2006) aplicaram esse instrumento com o intuito de compreender os

mecanismos de misturas de fontes de águas de origens distintas em mananciais da região amazônica.

Por meio do Gráfico 13 observa-se que, para a maior parte do período analisado, os cátions apresentam uma distribuição predominante na zona central do diagrama, o que indica que os mananciais estudados, nos pontos amostrados, apresentam águas com características mistas, ou seja, não é observada a predominância significativa de nenhum cátion em relação aos demais.

Cabe mencionar que o fato dos pontos amostrais dos rios Javaés e Araguaia estarem situados em locais distantes de suas nascentes (Figura 3) dificulta a identificação precisa das origens das características químicas desses mananciais, uma vez que, nos pontos amostrados, os mesmos já receberam contribuições de diversos afluentes, que por sua vez possuem suas bacias de drenagem localizadas sobre ambientes com características físicas e bióticas distintas.

Apesar de, na maior parte do período em análise, não ter sido verificada a predominância de um determinado cátion, observa-se, no rio Araguaia e principalmente no lago Chave, um deslocamento no sentido da região do $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, fato que confere à água desses mananciais, em determinados períodos do ano, características sódicas.

No rio Araguaia esse deslocamento ocorre no início da estação chuvosa (novembro e dezembro), podendo, portanto, ser atribuído a possíveis aportes de sódio provenientes de águas meteóricas e lixiviação do solo. No lago Chave, o aumento da proporção relativa de $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ é mais expressivo, ocorrendo durante a época seca e início do período chuvoso, não podendo, portanto, ser atribuído exclusivamente a eventos pluviométricos.

Vale lembrar que, até o mês de dezembro, o rio Javaés não tem contato com o lago Chave, e, portanto não influencia as características químicas de suas águas. Esse período de isolamento faz com que as características ambientais da área onde o lago se encontra se manifestem, condicionando uma disponibilidade de cátions diferente daquela observada nas águas do Rio Javaés. Avalia-se que o fator responsável pela diferenciação de dominância de cátions entre esses dois mananciais seja o fato do referido lago encontrar-se situado sobre uma única formação geológica (Depósitos Aluvionares), enquanto que o rio Javaés apresenta em sua bacia de drenagem, além da presença dessa formação geológica, uma série

de outras. Cabe ressaltar ainda que, de acordo com DAS e KAKKAR (2000), a presença de concentrações significativas de Na^+ e K^+ , durante períodos secos, é um indicativo de que o intemperismo é uma fonte relevante de íons para o manancial.

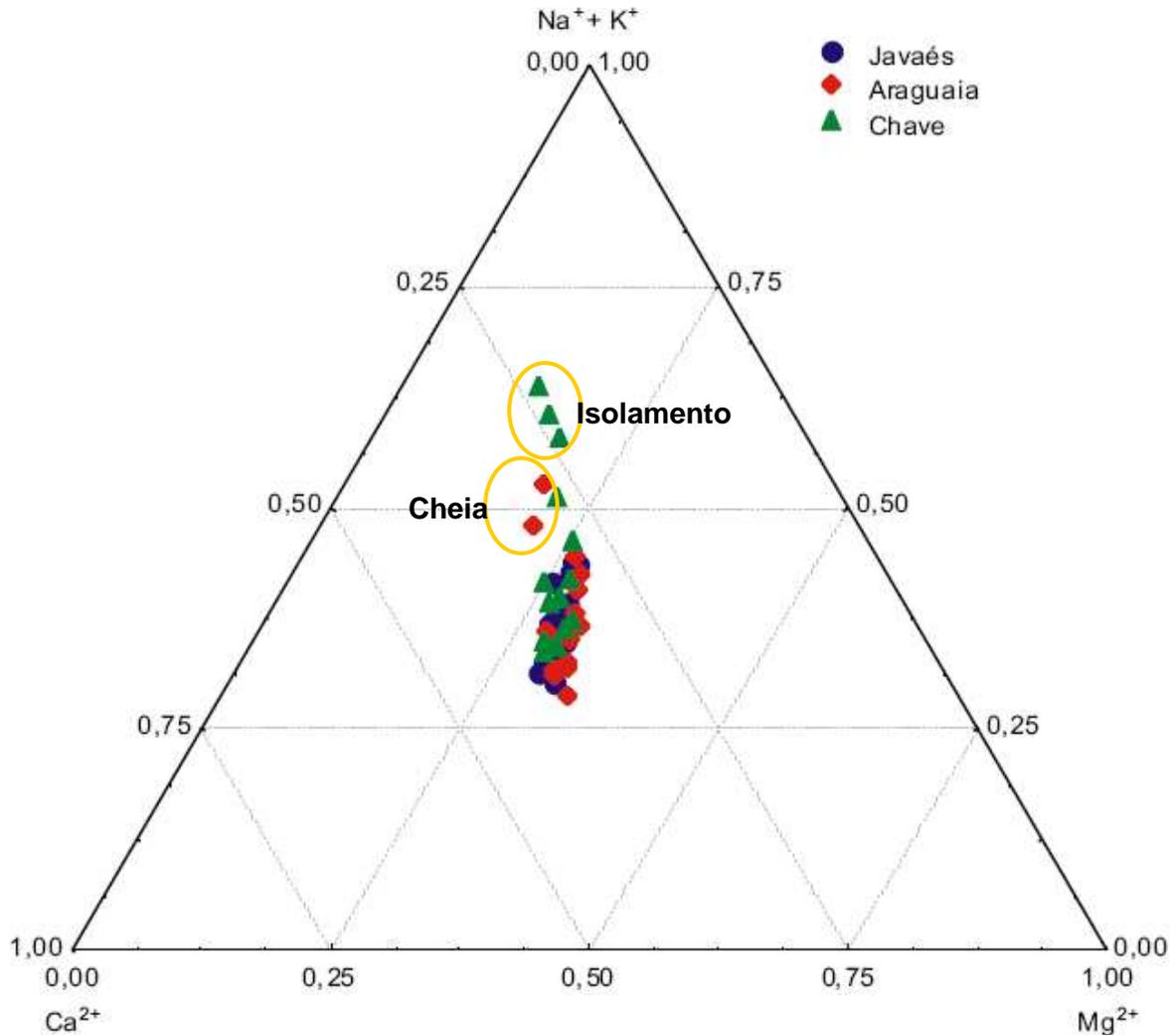


GRÁFICO 13 - DIAGRAMA TERNÁRIO ELABORADO A PARTIR DAS CONCENTRAÇÕES RELATIVAS DOS CÁTIONS MAIORES.

Em relação aos ânions, o bicarbonato (HCO_3^-) apresentou-se de maneira predominante nas águas dos três mananciais estudados (Gráfico 14).

Analisando cada corpo hídrico separadamente, observa-se que os pontos relativos às concentrações aniônicas do rio Araguaia situam-se em sua totalidade no campo do bicarbonato, o que indica que as variações sazonais observadas ao longo do período em estudo não refletem em alterações significativas na proporção relativa dos ânions nas águas desse rio, no local amostrado.

No rio Javaés e no lago Chave, apesar da maioria dos valores encontrados estarem no campo do bicarbonato, verifica-se a ocorrência de alguns deslocamentos no sentido do campo do cloreto, durante o período de cheias.

Comportamento semelhante a esse foi observado em alguns mananciais da região amazônica (estado de Rondônia). BIGGS et al. (2004), considerando as peculiaridades do seu ambiente de estudo, associa a elevação das concentrações de cloreto ao desenvolvimento de atividades antrópicas na área de influência dos sistemas fluviais. Porém, BOLSON (2006), ao estudar a relação entre os ânions maiores no rio Urupá (RO), considera que o aumento das concentrações de cloreto não pode ser atribuído às atividades antrópicas, uma vez que a área de drenagem desse rio, onde foi observado esse comportamento, apresenta cerca de 99% de sua floresta nativa intacta. Com isso, o autor considera que as diferenças observadas nas concentrações de cloreto devem-se a possíveis diferenças nas origens e/ou substratos geológicos com os quais tais águas interagem.

Conforme já mencionado, no rio Javaés e no lago Chave, o aumento da proporção relativa de cloreto foi verificado durante o período de cheias, quando podem ser observados aportes desse ânion aos mananciais por meio da precipitação e lixiviação dos solos. Nesse mesmo período, em geral, observa-se a redução das concentrações de bicarbonato tendo em vista a maior entrada de água da chuva, que, de maneira geral, apresenta baixas concentrações desse elemento. Considerando-se esses fatores, acredita-se que o aumento da proporção relativa de cloreto decorre de processos naturais (principalmente a precipitação), os quais serão discutidos posteriormente de forma mais detalhada (item 3.3.2.1).

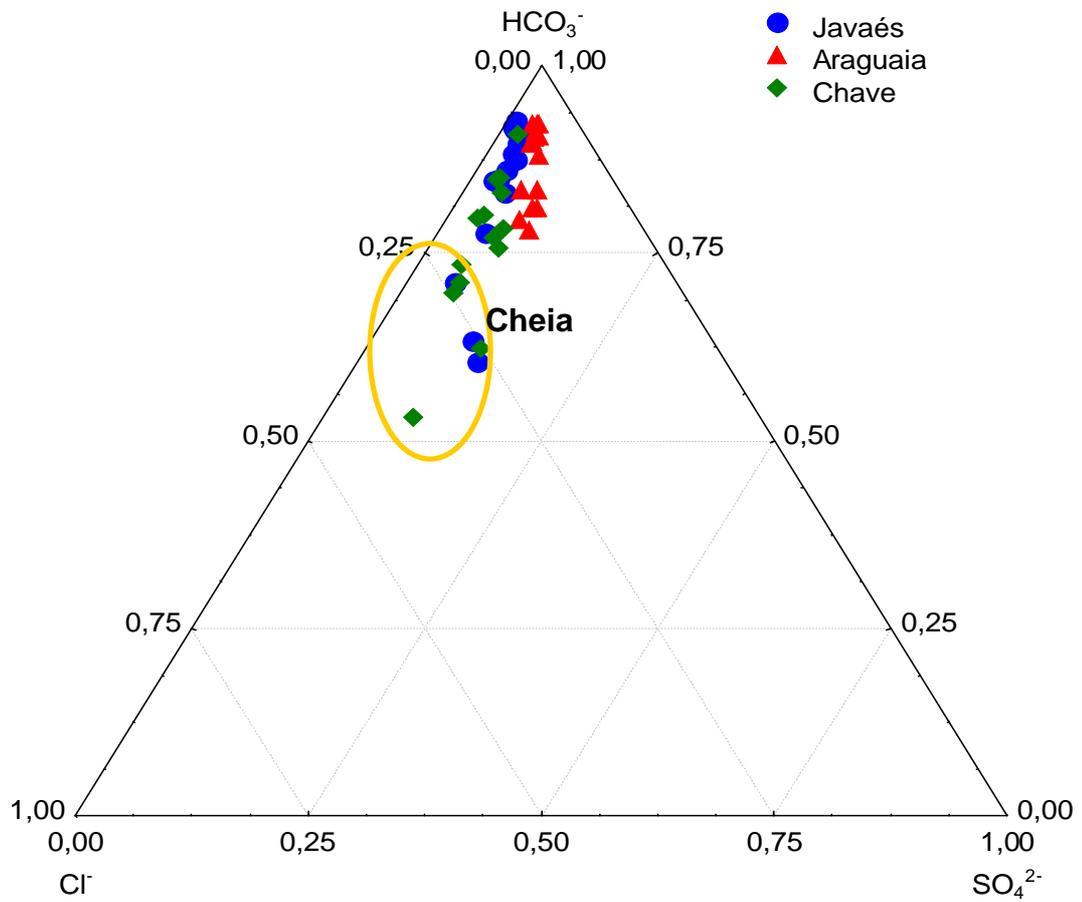


GRÁFICO 14 - DIAGRAMA TERNÁRIO ELABORADO A PARTIR DAS CONCENTRAÇÕES RELATIVAS DOS ÂNIONS MAIORES

3.5 VARIAÇÃO SAZONAL

3.5.1 Carbono Orgânico Dissolvido (COD), Carbono Inorgânico Dissolvido (CID) e pH.

- COD

O carbono orgânico presente nos corpos hídricos pode ser originado no ambiente externo dos mananciais e ser posteriormente conduzido ao interior dos mesmos (fontes alóctones), bem como ser produzido diretamente no ambiente aquático (fontes autóctones).

Os resíduos vegetais (folhas, galhos, troncos, inflorescências, frutos e sementes) e animais (excrementos e animais em decomposição) que se depositam sobre o solo das florestas formam a serapilheira (WARING; RUNNING, 1998). Esse material, juntamente com as raízes em decomposição, ao serem lixiviados para o interior dos os corpos hídricos, por vias superficiais (*runoff*) ou subsuperficiais (devido à conexão das águas subterrâneas com os mananciais superficiais), constituem uma importante fonte alóctone de carbono para os ambientes aquáticos superficiais. Ressalta-se que nos locais onde o dossel das florestas recobre os corpos hídricos, esses resíduos orgânicos também podem incidir diretamente sobre os mesmos (McCLAIN et al., 1997).

Outra fonte alóctone corresponde à precipitação atmosférica, que conduz o carbono orgânico em três condições distintas: i) a chuva que incide diretamente sobre os mananciais e, portanto, carrega somente o carbono orgânico volátil e as poeiras orgânicas que encontram-se em suspensão na atmosfera; ii) a precipitação que atravessa o dossel das florestas (precipitação interna), que além do carbono suspenso na atmosfera carrega o material orgânico depositado nesse dossel e; iii) a chuva que escorre pelos troncos das árvores, que, por permanecer por maior tempo em contato com materiais orgânicos, tende a apresentar as maiores concentrações de carbono orgânico (THURMAN, 1985).

A biomassa produzida pelo plâncton no interior dos corpos hídricos e os exudatos celulares excretados por esses organismos, correspondem às principais

fontes autóctones de carbono orgânico para os ambientes aquáticos (WESTERHOFFA; ANNING, 2000).

Cabe ressaltar que as concentrações de carbono orgânico em pequenos mananciais são determinadas principalmente pelas características do horizonte orgânico dos solos de suas margens. Entretanto, a medida em que os corpos hídricos apresentam ordens maiores, a influência de suas margens deixa de ser tão relevante (HOPE et al., 1994; DAWNSON et al., 2001). Os mananciais de maior porte possuem a capacidade de integrar os processos biogeoquímicos verificados em diferentes locais de suas bacias de drenagem, fazendo com que as concentrações de carbono orgânico de suas águas sejam condicionadas não somente pelas características de suas margens, mas principalmente pelos processos de síntese e degradação verificados nos ambientes terrestres e aquáticos presentes em toda extensão de suas bacias (RICHEY et al., 1980; ERTEL, 1986; RICHEY et al., 1990).

Quanto à classificação dos compostos orgânicos presentes nos ambientes aquáticos, os mesmos podem ser subdivididos, de maneira generalizada, em carbono orgânico dissolvido (COD) e carbono orgânico particulado (COP).

O COD corresponde à fração orgânica de dimensões inferiores a 0,45 µm de diâmetro presente no meio líquido, sendo essa a fração quimicamente reativa. Cerca de 20 % do COD presente nos mananciais corresponde a compostos de baixo peso molecular (carboidratos, aminoácidos, peptídeos, ácidos nucléicos, e ácidos carboxílicos), que constituem uma significativa fonte de energia para a biota aquática. O restante tende a ser refratário e é composto por ácidos hidrofílicos, húmicos, fúlvicos e fenólicos (THURMAN, 1985).

ERTEL et al. (1986) verificaram que os ácidos húmicos e fúlvicos presentes em ambientes aquáticos amazônicos correspondem a cerca de 60% do COD desses ambientes. Esses ácidos são originados da decomposição de material provenientes de vegetais vasculares depositados nos horizontes aeróbicos dos solos presentes nas bacias.

Da mesma maneira que para o carbono orgânico total, a entrada de COD para os corpos hídricos superficiais pode ocorrer por meio de fontes alóctones (lixiviação dos solos e aportes por meio da precipitação e águas subterrâneas) e autóctones (exudatos celulares). Além de poder ser inserido no meio líquido

diretamente na forma dissolvida, o COD pode ser originado pela ação de microorganismos durante a quebra do carbono orgânico particulado (COP).

Por outro lado, as perdas de COD ocorrem devido aos processos bióticos, tais como respiração e adsorção em algas e também pelos processos abióticos de adsorção em minerais (incluindo alumínio, ferro e hidróxidos) e partículas orgânicas de maiores dimensões (COP) que ao precipitarem deixam de estar presentes na fase líquida dos mananciais (DAWNSON et al., 2001).

Ressalta-se que o COD corresponde ao principal substrato e fonte de energia para o crescimento de bactérias planctônicas. Essas bactérias, através da respiração, oxidam o COD e o convertem em biomassa bacteriana e CO₂, o que lhes confere um papel importante no fluxo desse gás e na ciclagem do carbono como um todo (FARJALLA et al., 2006)

As concentrações de COD (Gráficos 15,16 e 17) nas águas dos mananciais analisados apresentaram um comportamento similar ao verificado em outros corpos hídricos da região amazônica, ou seja, os maiores valores ocorreram durante o período de cheias (RICHEY et al., 1990; McCLAIN et al., 1997; DEVOL; HEDGES, 2001; LEITE, 2004; COGO, 2005; BOLSON, 2006; FARJALLA et al., 2006).

Esse comportamento deve-se ao fato de que, durante a cheia, a conexão entre ambientes terrestres e aquáticos proporciona o significativo aumento das concentrações de COD nos corpos hídricos. Entretanto, durante os períodos de seca, a influência das florestas nos ambientes aquáticos se reduz, minimizando também as entradas de carbono nesses ambientes (THURMAN, 1985, HEDGES, 1994). BOLSON (2006), ao estudar o rio Urupá, verificou que os locais de amostragem situados em áreas intensamente antropizadas (pastagens) apresentaram uma amplitude maior de variação entre as concentrações de COD do período seco e chuvoso do que as áreas mais conservadas, o que indica que a implementação de pastagens resulta em uma maior exportação desse elemento dos ambientes terrestres para os aquáticos.

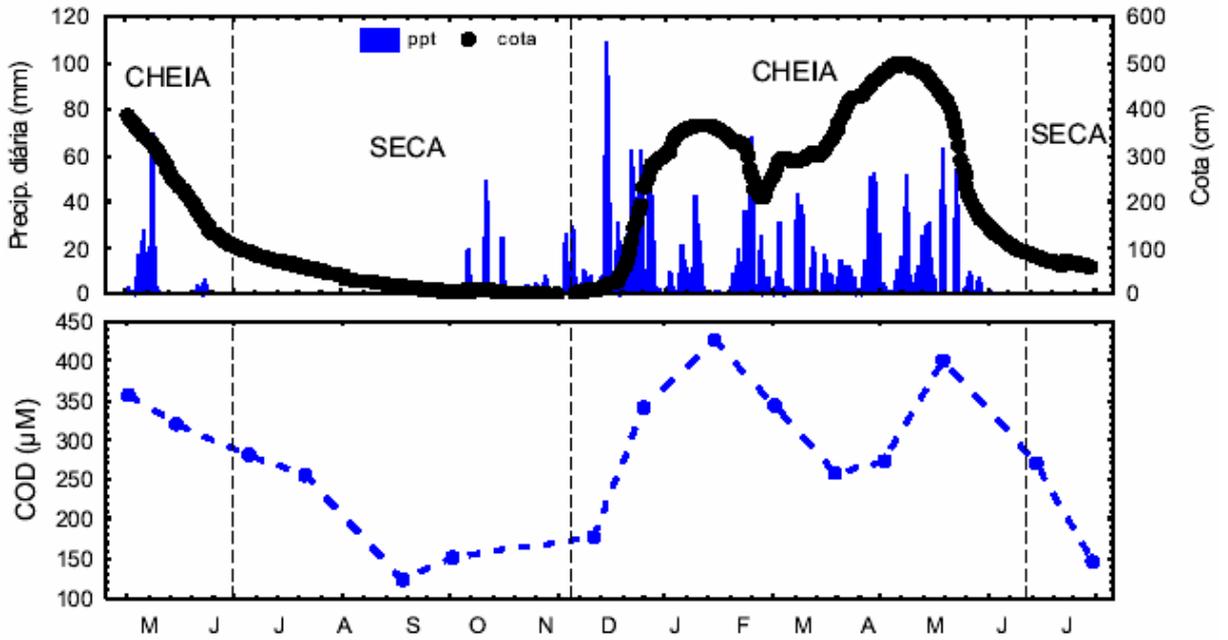


GRÁFICO 15 – VARIAÇÃO SAZONAL DO COD NO RIO JAVAÉS

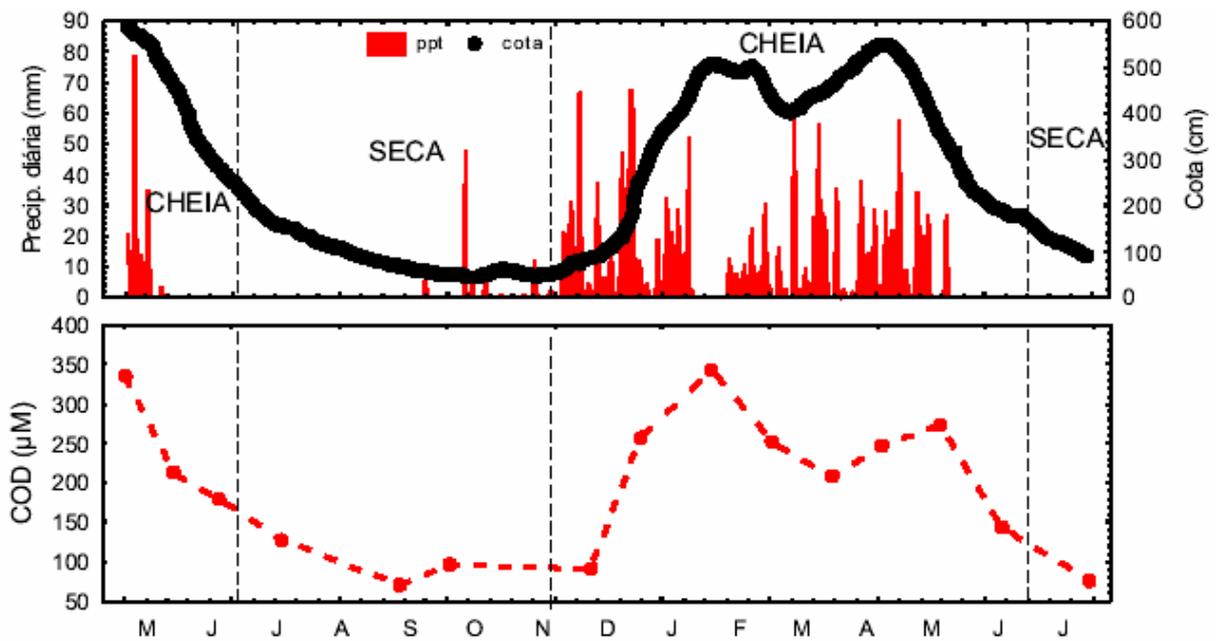


GRÁFICO 16 – VARIAÇÃO SAZONAL DO COD NO RIO ARAGUAIA

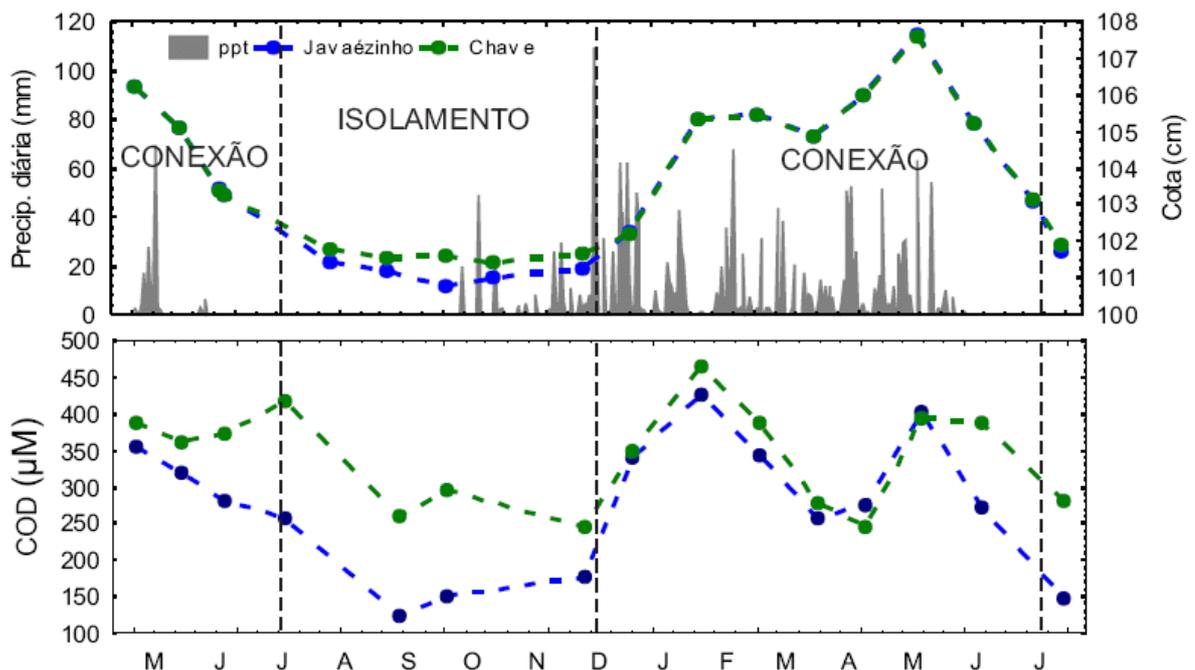


GRÁFICO 17 – VARIAÇÃO SAZONAL DO COD NO LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.

Em relação aos três mananciais avaliados nesse estudo, somente os rios Javaés ($p < 0,05$) e Araguaia apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as concentrações de COD do período seco e de cheias (Javaés = $p < 0,05$; Araguaia = $p < 0,01$).

Provavelmente, a inexistência de escoamento do lago Chave para outro manancial proporciona o acúmulo de COD em seu interior, o que favorece que as concentrações verificadas no período seco não se diferenciem significativamente daquelas identificadas durante a cheia ($p > 0,05$). Além disso, durante o período de isolamento, a coluna d'água desse lago tende a permanecer mais translúcida, o que proporciona uma maior penetração de energia luminosa e, por conseqüência, o aumento do metabolismo dos organismos fotossintetizantes presentes nesse ambiente. Conforme já mencionado, uma das principais fontes autóctones de carbono orgânico para os ambientes aquáticos corresponde à produção primária (atividade fotossintética), dessa maneira acredita-se que a elevação das taxas de fotossíntese durante a seca também seja responsável pela ocorrência de concentrações relativamente elevadas de COD durante esse período.

De acordo com THURMAN (1985), durante o início das cheias geralmente são observadas elevações rápidas nas concentrações de COD e, após essa fase, as mesmas tendem a decrescer na mesma velocidade. Os três mananciais estudados apresentaram um padrão similar de comportamento na fase inicial, porém, após o período de decréscimo, as concentrações voltam a se elevar. Tendo em vista que esse segundo aumento das concentrações ocorreu durante o período de vazante, acredita-se que o mesmo foi proporcionado pelo retorno das águas que se encontravam sobre áreas inundadas (ricas em matéria carbonácea) para o interior desses mananciais.

- pH

Os três corpos hídricos estudados apresentaram os menores valores de pH durante o período de cheias (Gráficos 18, 19 e 20). Entretanto, foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre os valores obtidos nas duas estações do ano somente nos rios Javaés ($p < 0,05$) e Araguaia ($p < 0,01$).

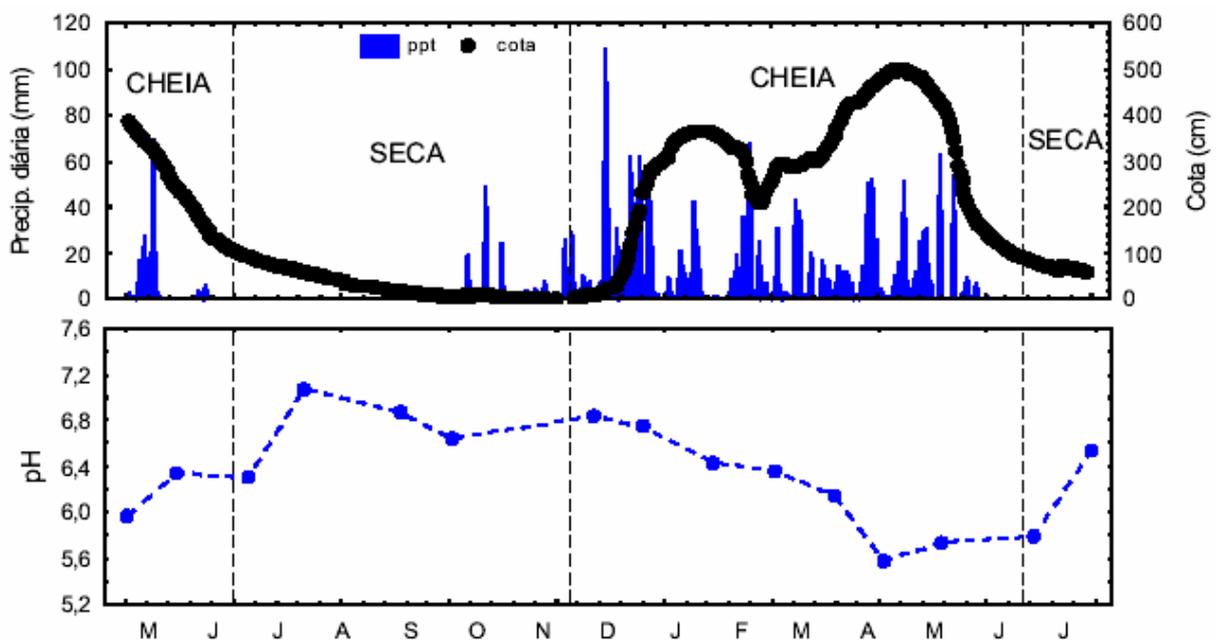


GRÁFICO 18 – VARIAÇÃO SAZONAL DO pH NO RIO JAVAÉS

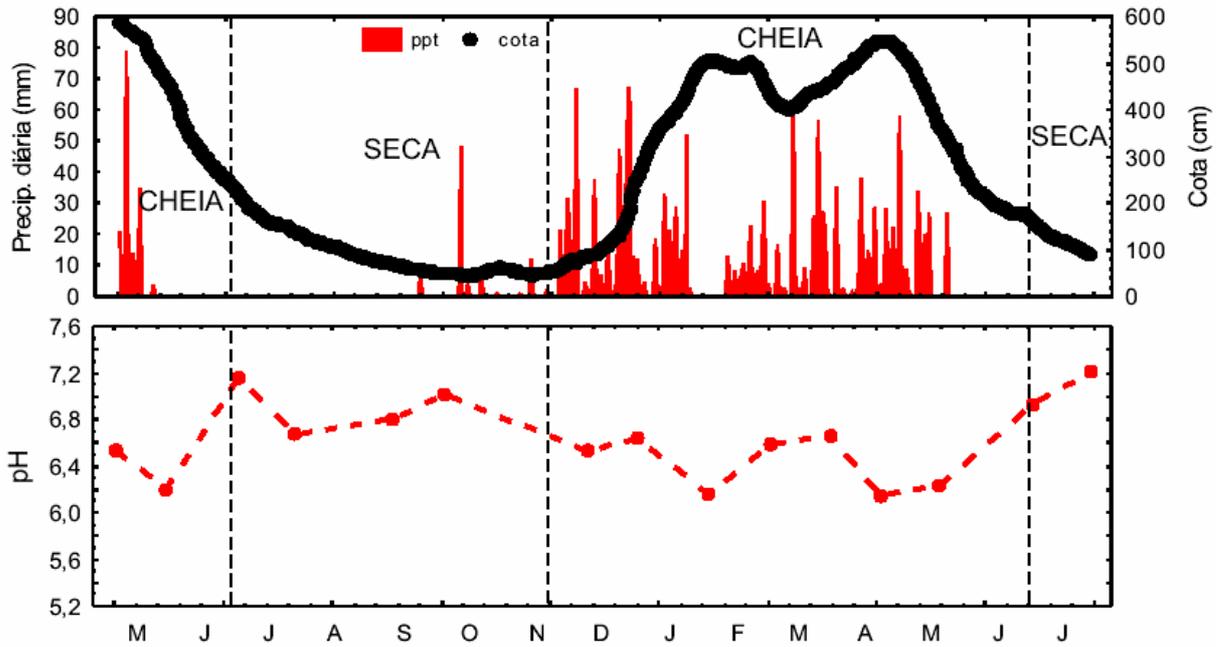


GRÁFICO 19 – VARIAÇÃO SAZONAL DO pH NO RIO ARAGUAIA

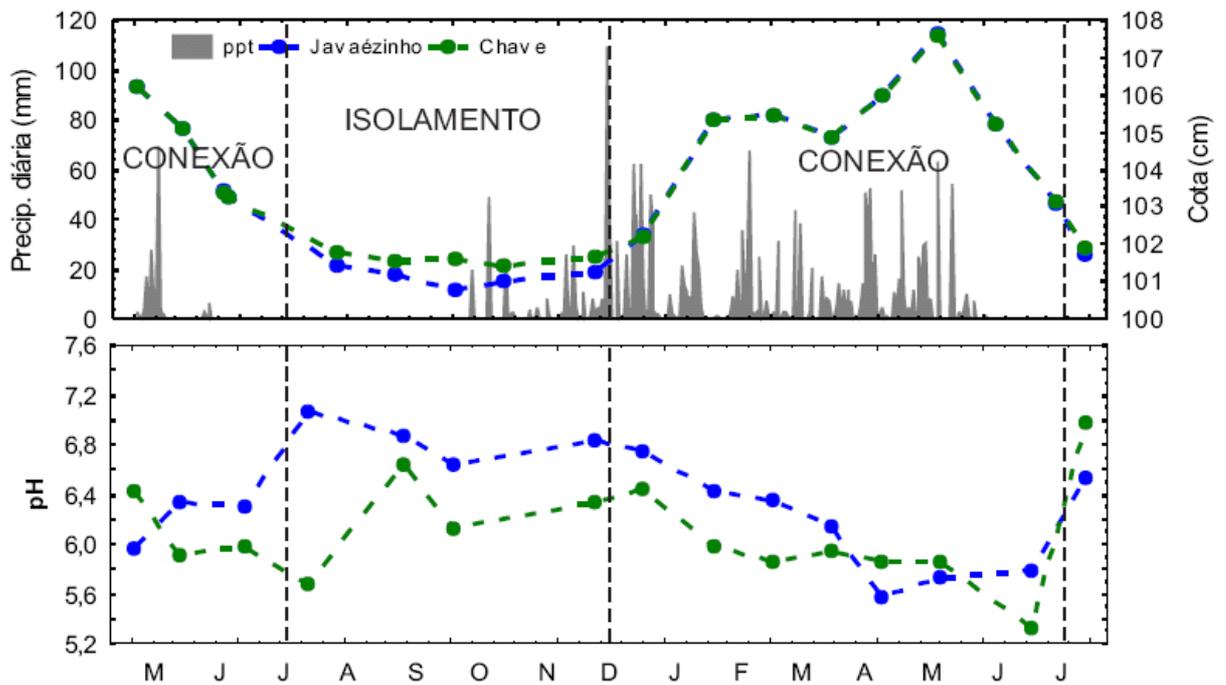


GRÁFICO 20 – VARIAÇÃO SAZONAL DO pH NO LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.

A redução dos valores de pH durante o período de cheias provavelmente ocorre devido ao maior aporte de ácidos orgânicos (principalmente ácidos fúlvicos), provenientes da lixiviação da serapilheira presente nos solos (ERTEL et al., 1986).

Nos lagos meandricos, o acúmulo de ácidos orgânicos tende a ser maior, devido à baixa movimentação das águas nesses ambientes e à natureza refratária dos ácidos orgânicos (THURMAN, 1985). Esses fatores provavelmente favorecem que o lago Chave apresente baixos valores pH, mesmo durante a seca, não ocorrendo diferenciação significativa entre os valores das duas estações do ano.

Tendo em vista os padrões de comportamento anteriormente apresentados, observa-se que o aporte sazonal de COD corresponde a um fator importante para as variações de pH nos mananciais em estudo, com isso foram identificadas correlações significativas entre esses dois parâmetros nos rios Javaés ($r = -0,6290$, $p < 0,05$) e Araguaia ($r = -0,6649$, $p < 0,01$) (Gráficos 21, 22 e 23).

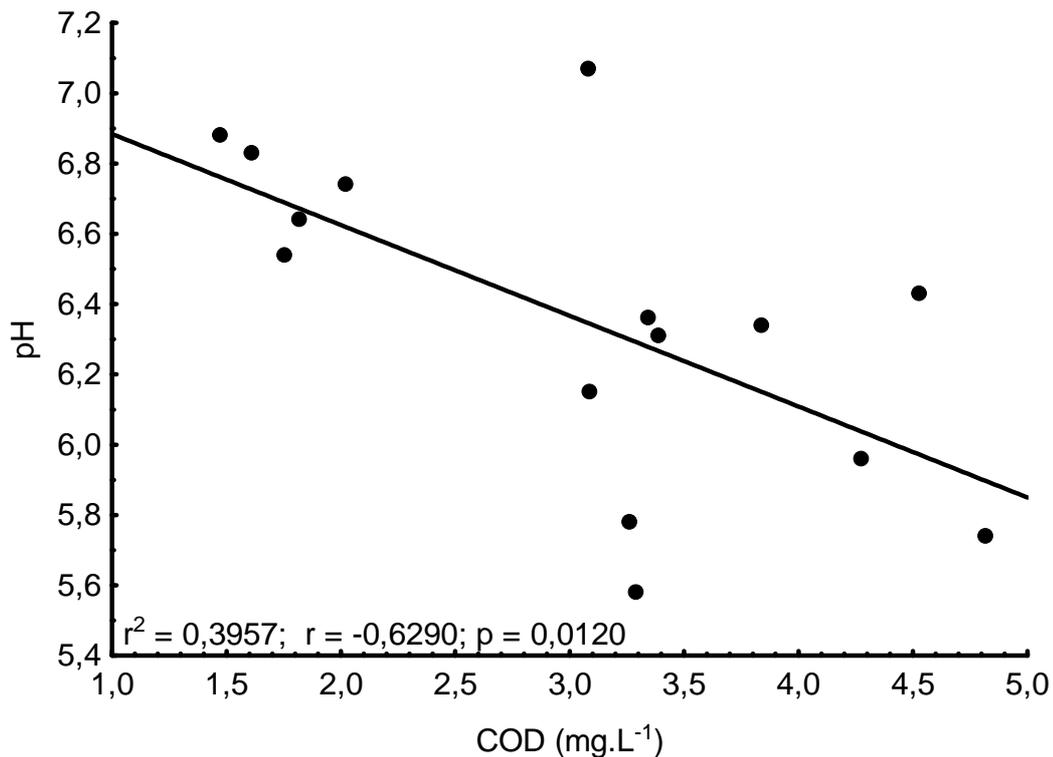


GRÁFICO 21 – CORRELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES COD E pH E NO RIO JAVAÉS

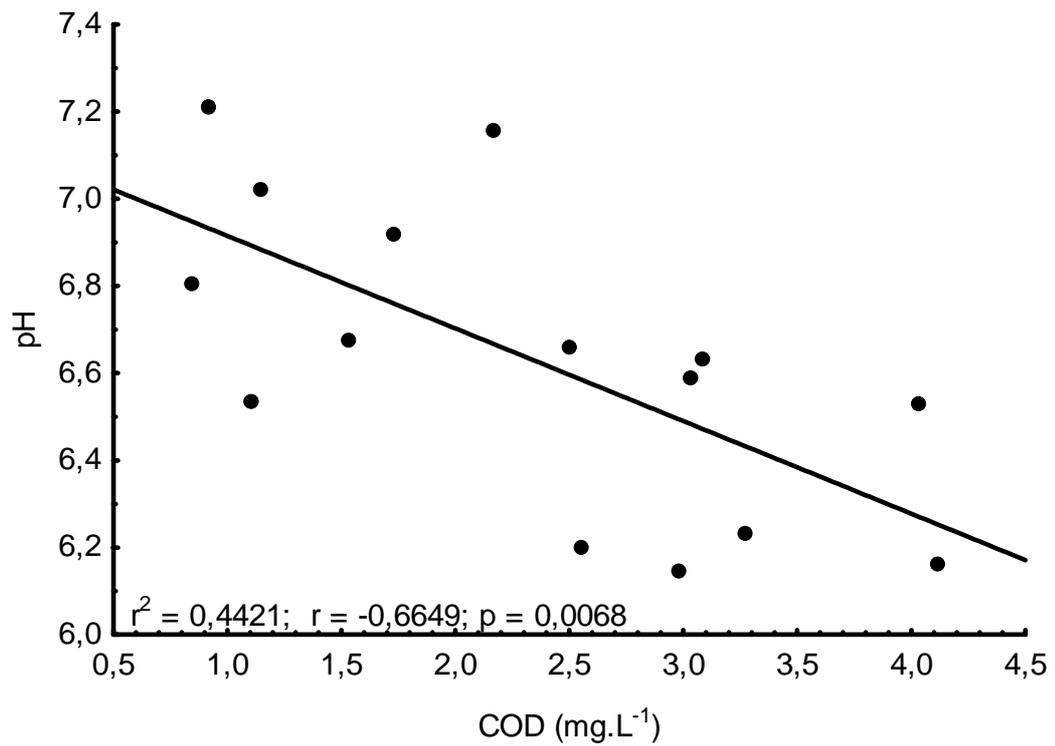


GRÁFICO 22 – CORRELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE COD E pH E NO RIO ARAGUAIA

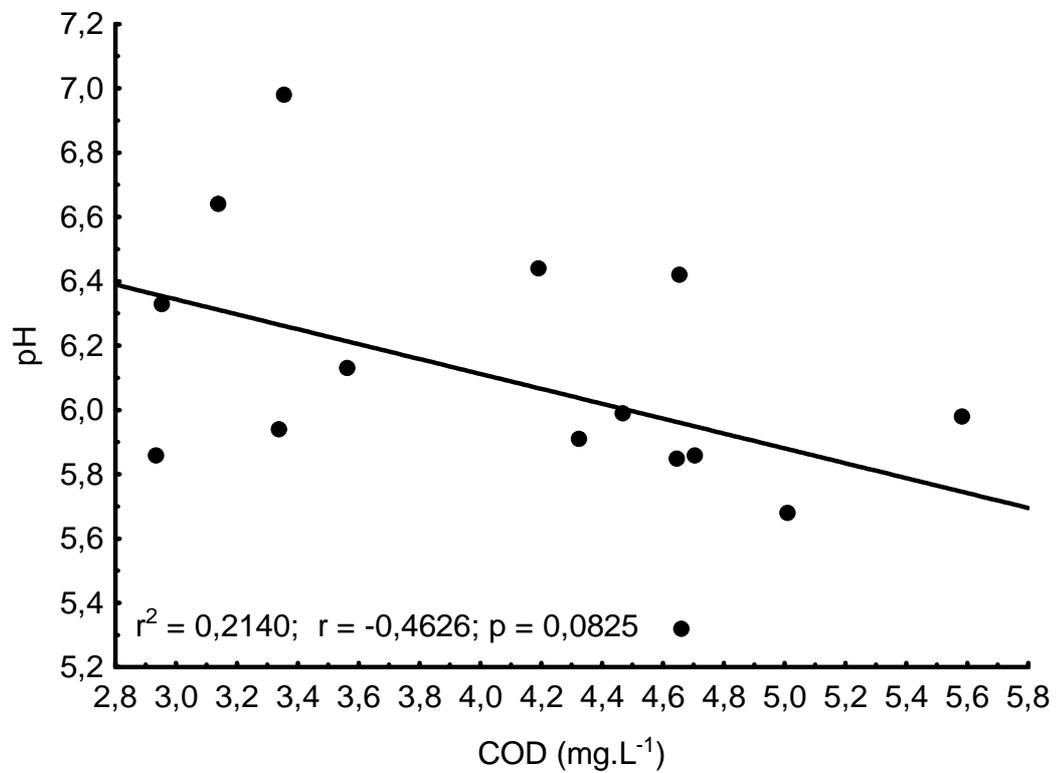


GRÁFICO 23 – CORRELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE COD E pH E NO LAGO CHAVE

A inexistência de correlação significativa no lago Chave ($p > 0,05$) pode ser atribuída à baixa movimentação de suas águas e ao fato do COD ser constituído por compostos que apresentam tempos distintos de degradabilidade. Conforme já mencionado a fração do COD que contribui para a acidificação do meio aquático (ácidos húmicos e fúlvicos), possui baixa susceptibilidade à decomposição, e portanto tende a apresentar um tempo de residência maior que a fração do COD de baixo peso molecular, que por sua vez é degradada rapidamente pela ação de microorganismos e não interfere significativamente no pH do meio.

Dessa maneira, acredita-se que as reduções de concentração de COD, nas águas do lago Chave, não são necessariamente acompanhadas por aumentos de pH, uma vez que, inicialmente, ocorre a redução das concentrações de COD devido à decomposição das substâncias de baixo peso molecular, remanescendo na fase líquida os ácidos húmicos e fúlvicos. Esse comportamento favorece que o pH do meio continue apresentando valores baixos, apesar dos teores de COD terem sido reduzidos.

- Carbono Inorgânico Dissolvido – CID

Um componente fundamental para controle das concentrações de carbono inorgânico no meio aquático superficial corresponde às entradas e saídas de CO_2 nesses meios. A entrada de CO_2 pode ser proporcionada: i) pelas trocas gasosas entre a atmosfera e a fase líquida; ii) pela presença de CO_2 na água da chuva que incide sobre os corpos hídricos; iii) pelos aportes ocasionados pelas entradas de águas subterrâneas e de escoamento superficial, que transportam o CO_2 produzido pela respiração das raízes e dos microorganismos do solo e; iv) por meio da geração de CO_2 proveniente da respiração microbiana decorrente da decomposição de compostos orgânicos no interior dos mananciais. A saída desse gás do meio aquático deve-se principalmente à sua evasão, fenômeno que ocorre quando a água está saturada em relação à atmosfera e também devido ao consumo decorrente da atividade fotossintética (HOPE et al., 1994; JARVIE et al., 1997; ESTEVES, 1998; GALY e FRANCE-LANORD, 1999; DAWNSON et al., 2001; RICHEY et al., 2002; FINLAY, 2003).

De acordo com VIDAL et al. (2005), o CO_2 ao se difundir na água pode ser hidratado, formando o ácido carbônico (H_2CO_3): $\text{CO}_2 (g) + \text{H}_2\text{O} (l) \longleftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 (aq)$. O ácido carbônico ao dissociar-se proporciona a formação do íon bicarbonato (HCO_3^-): $\text{H}_2\text{CO}_3 (aq) \longleftrightarrow \text{H}^+ (aq) + \text{HCO}_3^- (aq)$, e a dissociação do íon bicarbonato resulta na formação íon carbonato (CO_3^{2-}): $\text{HCO}_3^- (aq) \longleftrightarrow \text{H}^+ (aq) + \text{CO}_3^{2-} (aq)$.

ZAIHUA E JINBO (2000) relatam que outra fonte de carbono inorgânico (HCO_3^-) ao meio aquático é o intemperismo de rochas carbonáceas, que ocorre de acordo com a seguinte reação: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longleftrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$.

A soma das espécies anteriormente mencionadas ($\text{CO}_2 (aq)$, $\text{H}_2\text{CO}_3 (aq)$, $\text{HCO}_3^- (aq)$ e $\text{CO}_3^{2-} (aq)$) compõem o estoque de carbono inorgânico dissolvido (DIC) dos ambientes aquáticos. O equilíbrio entre essas espécies está diretamente relacionado com o pH e o tamponamento do meio (ESTEVES, 1998). Tendo em vista que somente em ambientes extremamente alcalinos ($\text{pH} > \sim 9$) verifica-se a presença do íon CO_3^{2-} , tem-se que as espécies predominantes na maioria dos mananciais, inclusive os do presente estudo, correspondem ao $\text{CO}_2 (aq)$, $\text{H}_2\text{CO}_3 (aq)$, $\text{HCO}_3^- (aq)$.

Os rios Javaés e Araguaia apresentaram as maiores concentrações de CID no período seco (Gráficos 24, 25 e 26), as quais foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) daquelas verificadas durante a cheia. O lago Chave apresentou as maiores concentrações durante a cheia, apesar de não ocorrer diferenciação estatística significativa ($p > 0,05$) em relação às concentrações do período seco.

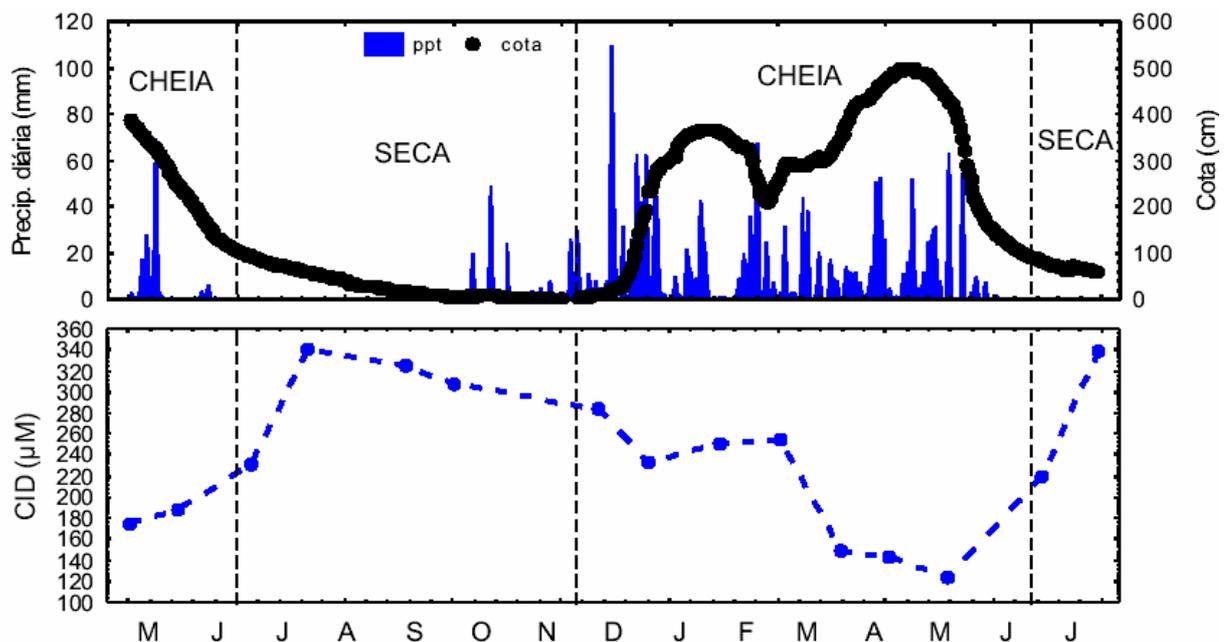


GRÁFICO 24 – VARIAÇÃO SAZONAL DO CID NO RIO JAVAÉS

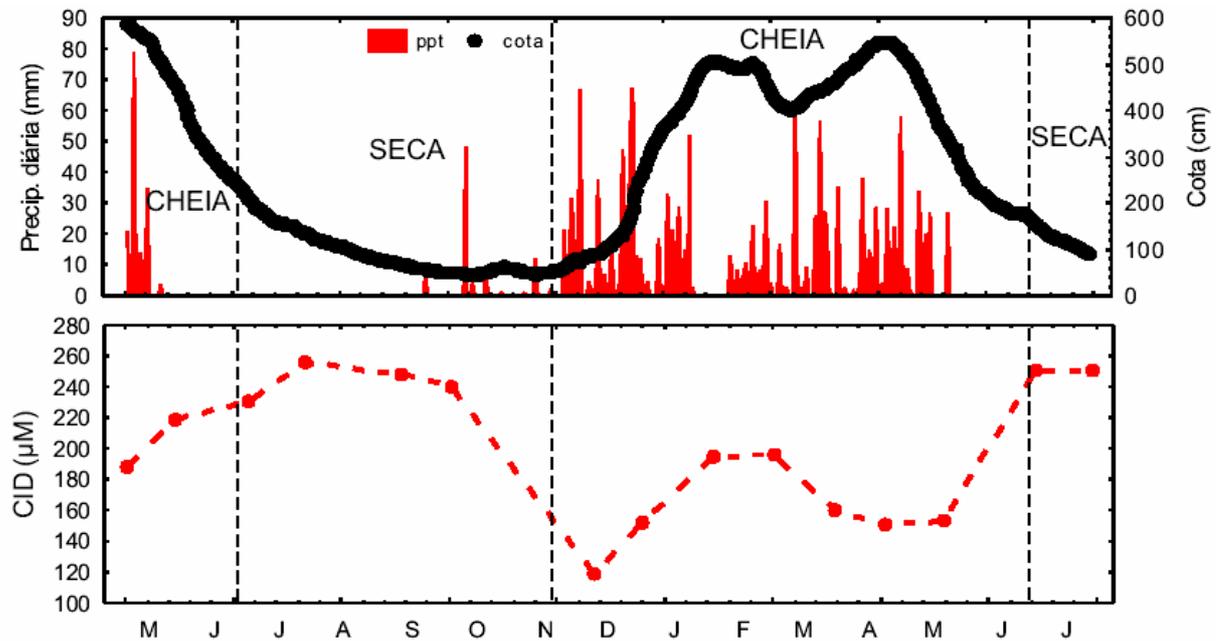


GRÁFICO 25 – VARIAÇÃO SAZONAL DO CID NO RIO ARAGUAIA

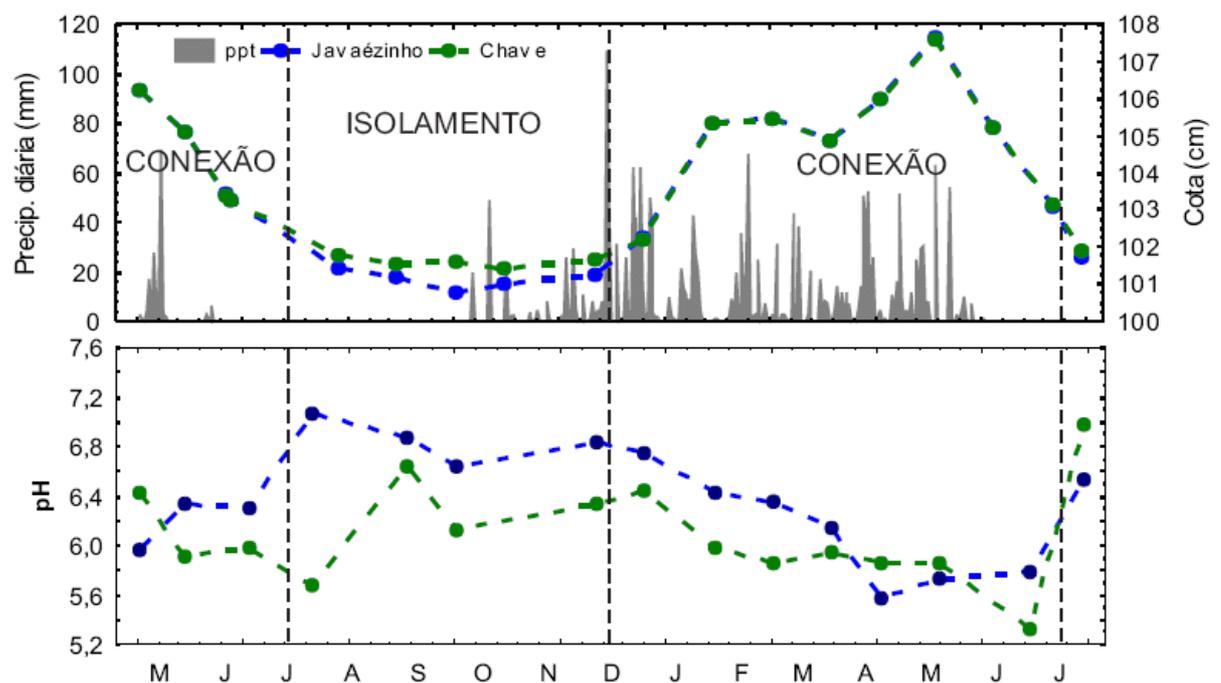


GRÁFICO 26 – VARIAÇÃO SAZONAL DO CID NO LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.

Conforme pode ser observado nos Gráficos 27 e 28, durante a maioria do período amostral, o bicarbonato apresentou um percentual superior ao CO_2 na

composição do CID nos rios Javaés e Araguaia, enquanto que, no lago Chave, o CO_2 correspondeu à espécie de CID dominante (Gráfico 29). Essa diferenciação pode ser atribuída ao efeito do pH no equilíbrio das concentrações das espécies de CID, que condiciona que o CO_2 predomine nos ambientes aquáticos com valores de pH inferiores a 6,4, e que em condições de pH entre 6,4 e 10,3 as concentrações de HCO_3^- sejam maiores que as de CO_2 (ESTEVES, 1998 e VIDAL, 2005). Além disso, verifica-se que, conforme será melhor detalhado no item 3.3.2.1, o substrato geológico da região onde o lago Chave se encontra não apresenta nenhuma formação rochosa que disponibilize íons de bicarbonato durante seu intemperismo. Portanto, durante seu isolamento, esse lago não possui nenhuma fonte significativa de HCO_3^- .

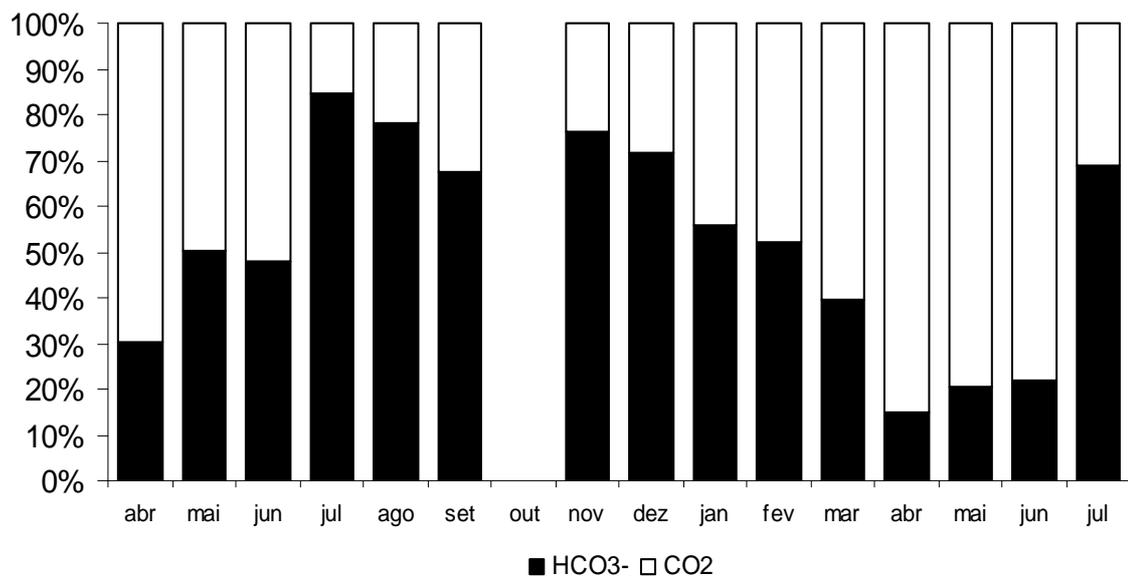


GRÁFICO 27 – PERCENTUAL DE HCO_3^- E CO_2 NA COMPOSIÇÃO DO CID NO RIO JAVAÉS.

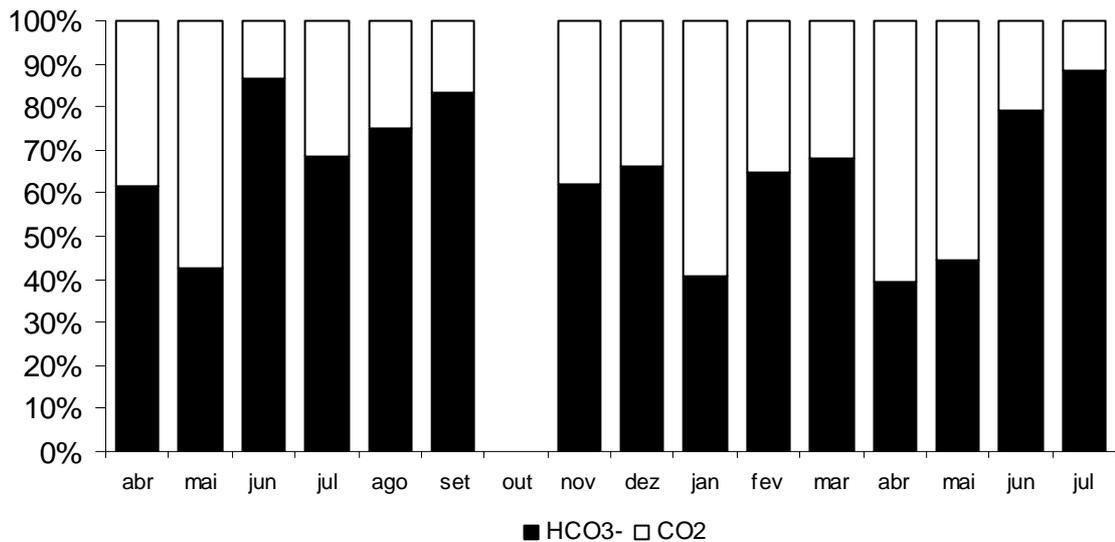


GRÁFICO 28 – PERCENTUAL DE HCO₃⁻ E CO₂ NA COMPOSIÇÃO DO CID NO RIO ARAGUAIA.

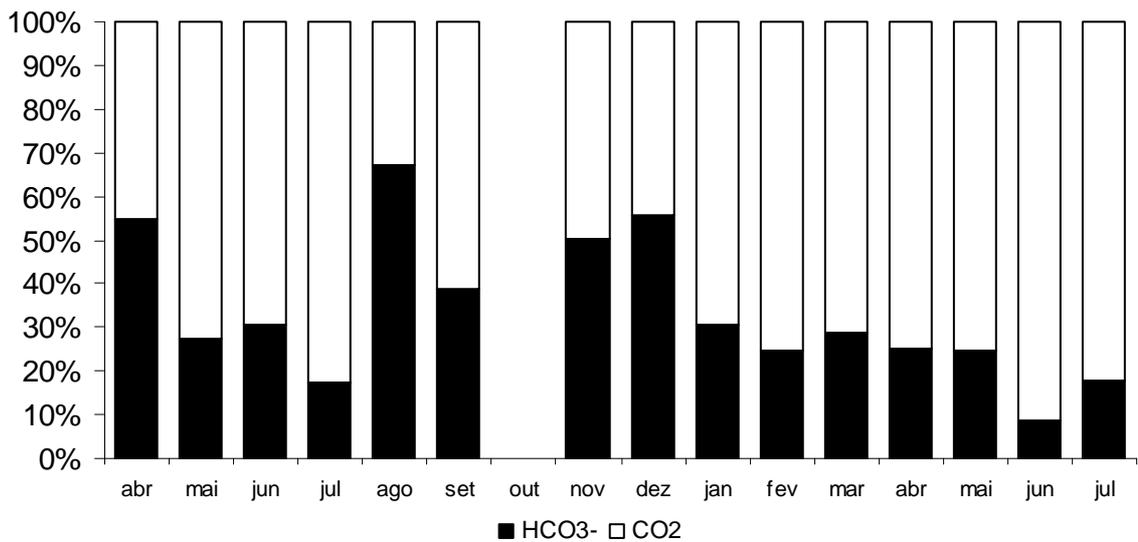


GRÁFICO 29 – PERCENTUAL DE HCO₃⁻ E CO₂ NA COMPOSIÇÃO DO CID NO LAGO CHAVE.

DEVOL e HEDGES (2001) mencionam que na bacia do rio Amazonas o maior percentual de bicarbonato é verificado no canal principal (em média 82%), seguido de seus tributários (em média 57%) e posteriormente dos mananciais situados nos ambientes de várzea (50%). Esse decréscimo acompanha as respectivas reduções dos valores de pH entre esses corpos hídricos. Na bacia hidrográfica em estudo, verificou-se que o canal principal da bacia, o rio Araguaia, apresentou um percentual médio de 66% na composição do CID, enquanto que o rio Javaés (braço do

Araguaia) possui um percentual médio de 57% e o lago Chave, que situa-se em um ambiente de várzea, apresentou, em média, um percentual de 45%.

Considerando-se esses fatores, observa-se que as maiores concentrações de CID durante a seca, nos rios Javaés e Araguaia, devem-se ao maior percentual bicarbonato em sua composição, pois esse íon, conforme será apresentado no decorrer desse estudo (item 3.3.2.1), também apresenta maiores teores durante a seca nesses mananciais. No lago Chave, as concentrações de DIC, por serem compostas por um maior percentual de CO_2 , apresentam maiores valores durante a cheia, quando o aporte de matéria orgânica e de CO_2 são maiores nesse ambiente. Já no período seco, além de não ocorrerem aportes significativos de matéria orgânica passível de decomposição, provavelmente ocorre a remoção do CO_2 remanescente na coluna líquida por meio da atividade algal, que, conforme já mencionado, é potencialmente mais pronunciada durante esse período.

3.5.2 Íons Maiores

Dentre os fatores que condicionam a variação sazonal das concentrações de íons maiores nos ambientes aquáticos, destaca-se o comportamento hidrológico desses ambientes, uma vez que o aumento e o decréscimo das descargas hídricas ao longo do ano hidrológico favorecem, de acordo com as características de cada bacia de drenagem, a ocorrência de concentrações distintas durante os períodos de seca e cheia.

O modelo mais tradicional de comportamento sazonal indica que as maiores concentrações de íons são observadas durante os períodos de estiagem, quando se verifica a redução das descargas hídricas e respectiva predominância do fluxo de base no escoamento superficial. Essa redução possibilita um maior tempo de contato da água subterrânea com o substrato litológico, acarretando no aumento do intemperismo dos minerais contidos nas rochas e na consecutiva elevação das concentrações de íons nas águas. Já durante o período de cheia, devido à maior incidência de águas de chuva, que por sua vez possuem menores concentrações de íons, verifica-se a diluição dos teores desses íons nos corpos hídricos superficiais (GIBBS, 1970; DREVER, 1997). Essa tendência geralmente é observada em regiões

que possuem substratos geológicos mais recentes e, por conseqüência, menos intemperizados.

Entretanto, em um igarapé da região amazônica, situado em uma bacia hidrográfica caracterizada pela presença de rochas antigas e altamente intemperizadas, MARKEWITZ et al. (2001) constataram um comportamento oposto ao modelo tradicional, ou seja, verificaram as menores concentrações de íons durante o período de seca e as maiores durante a cheia. Os referidos autores mencionam que as regiões que perderam seus reservatórios minerais primários, devido ao avançado estágio de intemperismo, possuem grande parte dos ciclos de elementos geoquímicos controlados pela ciclagem da matéria orgânica, sendo que a lixiviação dos horizontes superficiais dos solos pelas águas da chuva corresponde à principal fonte de íons para os corpos hídricos dessas localidades.

Além desses dois modelos, sabe-se ainda que em lagos meândricos, como é o caso do Lago Chave, verifica-se outro fator responsável pela variação sazonal da química de suas águas. Nesses ambientes são observadas as maiores concentrações iônicas durante os períodos de cheia, quando ocorre a entrada das águas do manancial principal da bacia (mais concentrada) no interior desses lagos (JUNK *et al.*, 1989; NEIFF, 1990; THOMAZ *et al.*, 1992).

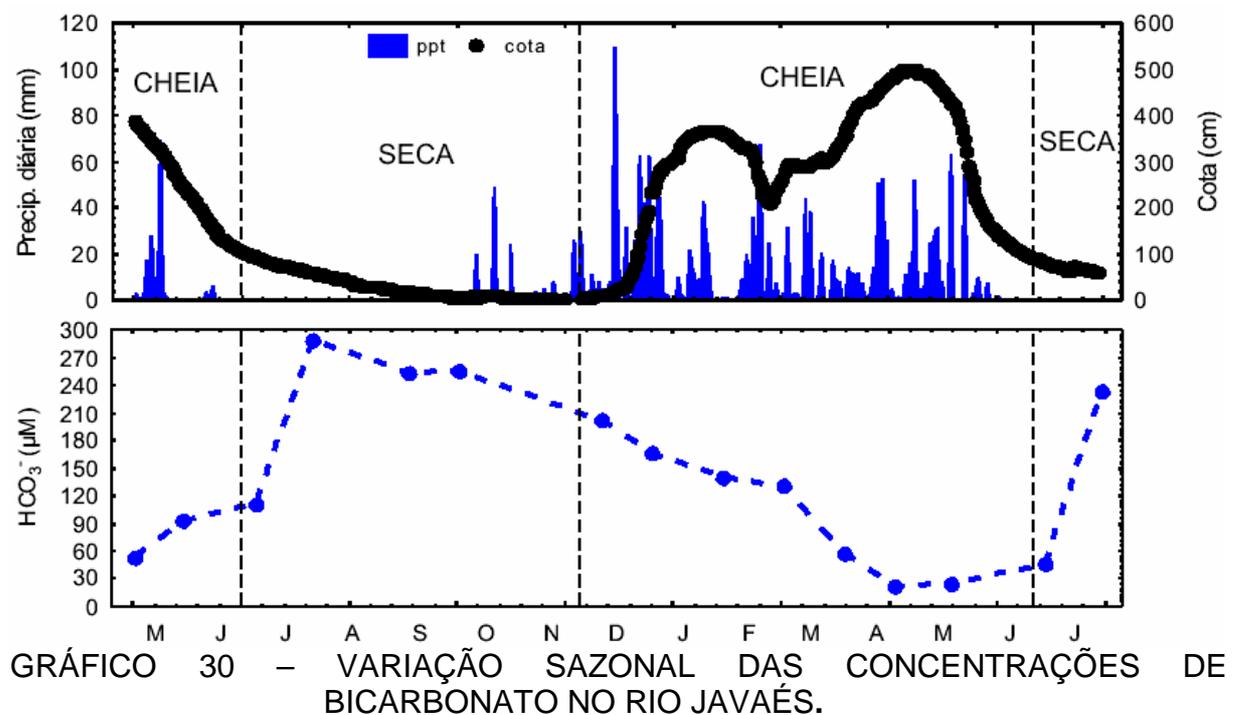
Por outro lado, FURCH et al. (1983), ao estudarem o lago Camaleão (região amazônica), que sazonalmente recebe as águas do rio Solimões, observaram um comportamento inverso, ou seja, durante a cheia, quando ocorre a conexão desse lago com o rio Solimões, verificam-se as menores concentrações dos cátions maiores (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+) no interior do mesmo. Esse comportamento deve-se ao fato das concentrações de cátions do rio Solimões serem significativamente inferiores às aquelas identificadas no lago Camaleão, durante a seca. Dessa maneira, quando as águas do rio se encontram com o lago, ocorre a diluição das concentrações catiônicas nesse lago.

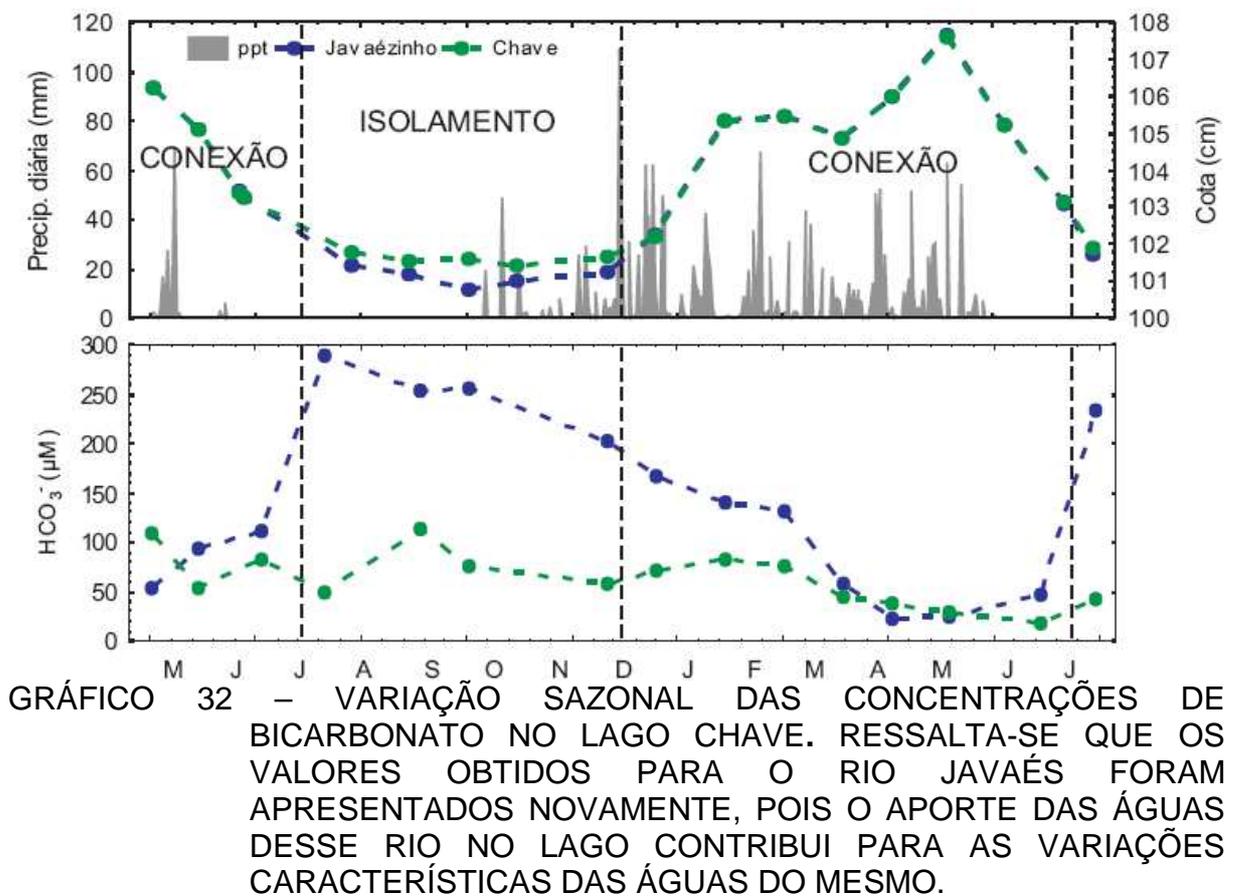
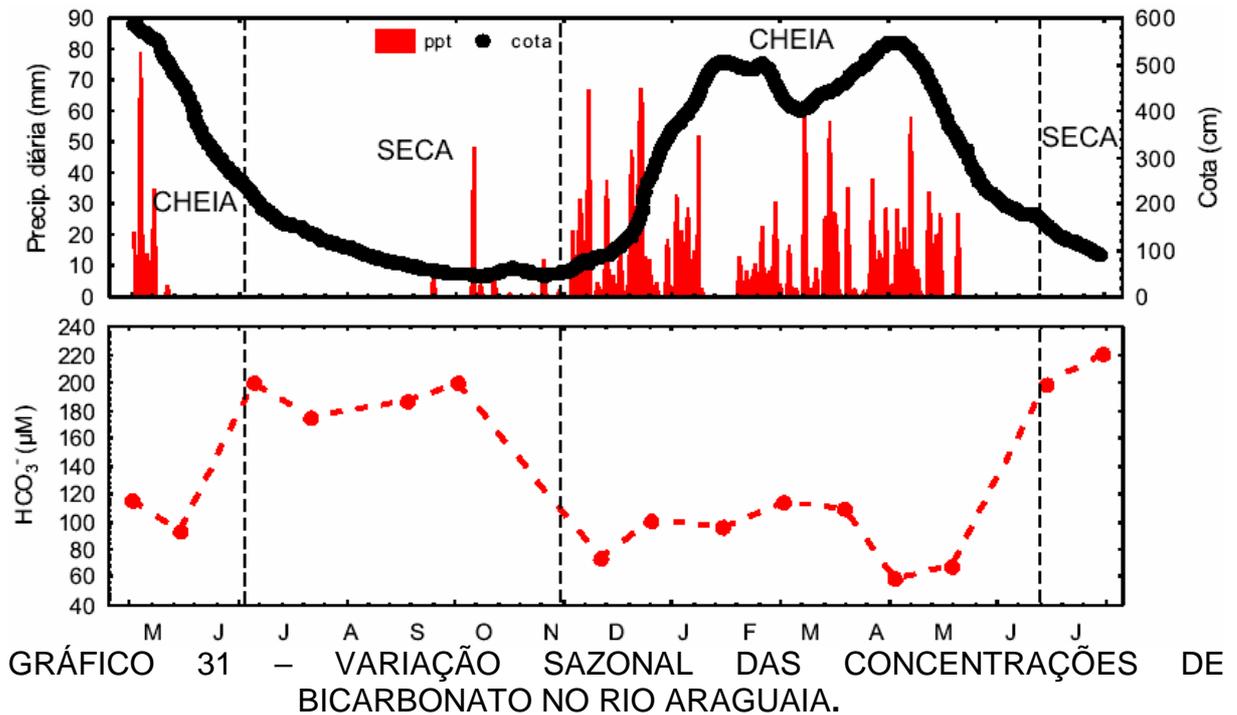
A seguir serão apresentadas as tendências de comportamento observadas no presente estudo, analisando cada elemento individualmente.

3.5.2.1 Ânions Maiores

- Bicarbonato (HCO_3^-)

Como já observado, dentre as espécies de DIC verifica-se a existência de dois ânions, o carbonato e o bicarbonato. O carbonato é virtualmente inexistente nos corpos hídricos em estudo, dado os valores de pH que predominam nesses ambientes (5,32 -7,21). Já o bicarbonato, conforme apresentado anteriormente, corresponde ao ânion que apresentou maiores concentrações nesses mananciais (Gráficos 30, 31 e 32).





Em relação à variação temporal do HCO_3^- nos ambientes estudados, verificaram-se correlações estatisticamente significativas ($p < 0,01$) entre as suas

concentrações e os valores de pH, nos rios Javaés ($r = 0,9442$) e Araguaia ($r = 0,8726$) (Gráficos 33 e 34). Nesses dois rios, as concentrações de HCO_3^- são mais elevadas durante o período seco (Gráficos 30 e 31) e estatisticamente diferentes daquelas observadas no período de cheia (Javaés: $p < 0,05$; Araguaia: $p < 0,01$).

Verificou-se também, que a correlação entre as concentrações dos íons bicarbonato e cálcio (Gráficos 33 e 34) apresentaram valores estatisticamente significativos ($p < 0,01$) nesses dois rios (Javaés, $r = 0,8715$ e Araguaia, $r = 0,7777$).

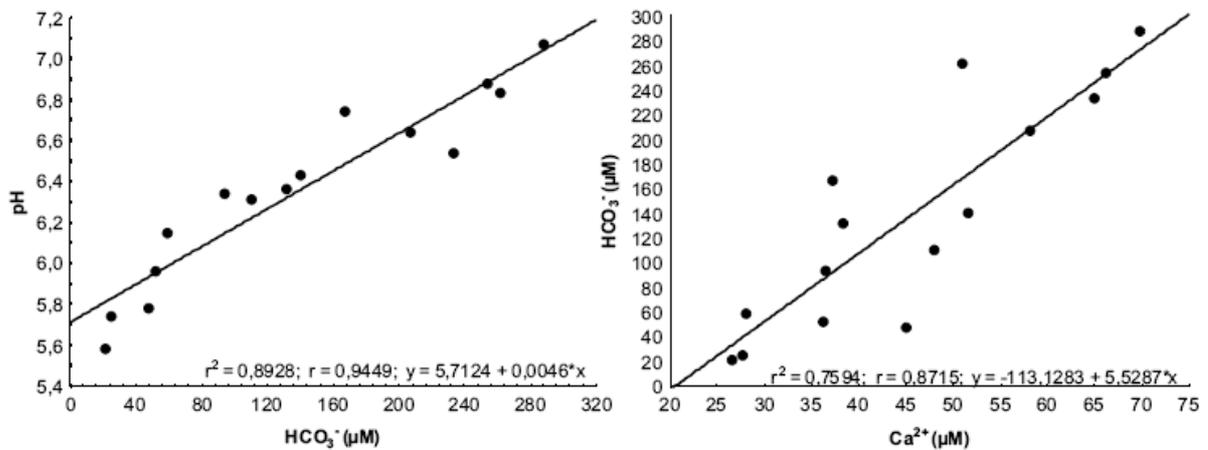


GRÁFICO 33 – CORRELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE BICARBONATO (HCO_3^-) E PH E ENTRE BICARBONATO (HCO_3^-) E CÁLCIO (Ca^{2+}) NO RIO JAVAÉS.

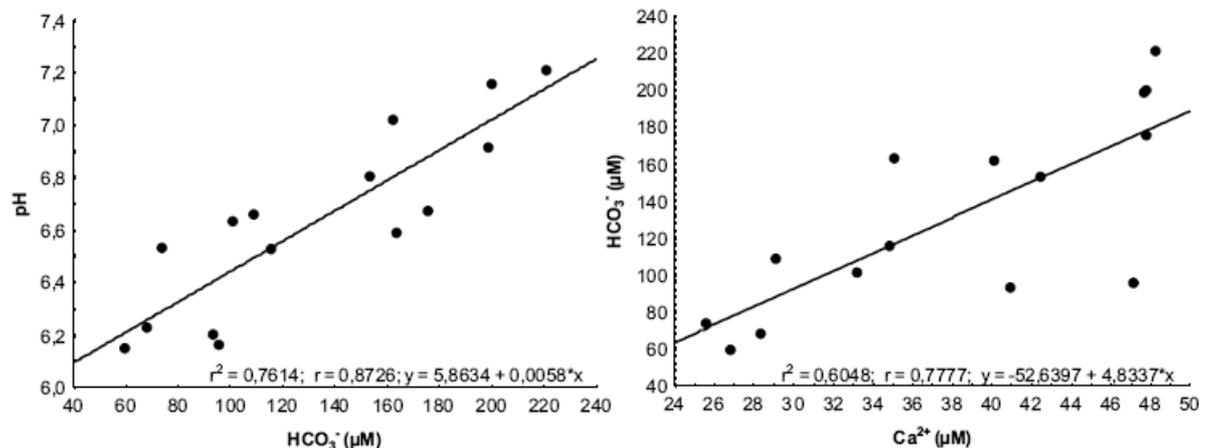


GRÁFICO 34 – CORRELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE BICARBONATO (HCO_3^-) E PH E ENTRE BICARBONATO (HCO_3^-) E CÁLCIO (Ca^{2+}) NO RIO ARAGUAIA.

JONHSON et al. (2000) e FINLAY (2003) ao verificarem que o cálcio e o bicarbonato apresentam concentrações mais elevadas durante o período de maior influência do fluxo de base, e que os mesmos apresentam correlações significativas

entre si, afirmam que, nas bacias hidrográficas onde desenvolveram seus estudos, grande proporção das concentrações HCO_3^- origina-se do intemperismo rochas carbonáceas.

Com base no exposto, acredita-se que o intemperismo de rochas calcárias verificado a montante dos pontos amostrais desses dois rios e a ocorrência de maiores valores de pH durante o período seco, sejam os fatores preponderantes para a ocorrência de maiores concentrações de bicarbonato durante esse período (Gráficos 30 e 31). As menores concentrações durante o período de cheias devem-se, além dos efeitos de diluição, ao maior aporte de matéria orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) para esses ambientes, que proporciona a redução dos valores de pH (Gráficos 30 e 31) e a consecutiva redução das concentrações de HCO_3^- .

Em relação ao lago Chave, conforme pode ser observado no Gráfico 35, não foram identificadas correlações significativas ($p > 0,05$) entre as concentrações de bicarbonato, os valores de pH ($r = 0,4754$) e as concentrações de cálcio ($r = 0,096$). Também não se verificou diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações de HCO_3^- dos períodos de seca e cheia ($p > 0,05$).

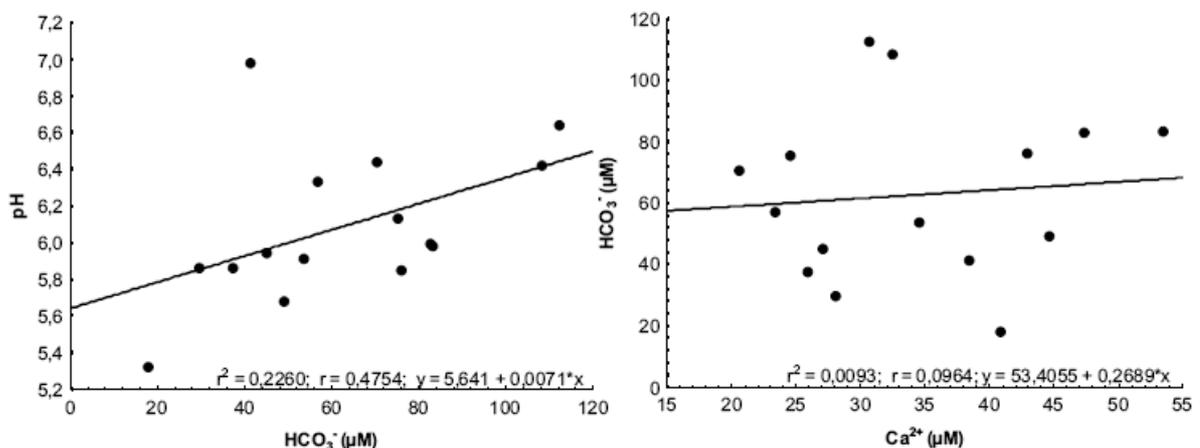


GRÁFICO 35 – CORRELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE BICARBONATO (HCO_3^-) E PH E ENTRE BICARBONATO (HCO_3^-) E CÁLCIO (Ca^{2+}) NO LAGO CHAVE.

Deve ser considerado que, ao contrário dos demais mananciais estudados, o lago Chave situa-se sobre uma única formação geológica (Depósitos Aluvionares), que por sua vez, não apresenta rochas carbonáceas em sua composição. Desse modo, mesmo durante o período mais seco, quando são observados valores mais elevados de pH, as concentrações de bicarbonato são significativamente menores

que àquelas verificadas nos demais mananciais (Gráfico 32). No período de cheia verificam-se concentrações ainda menores, tendo em vista o maior aporte de matéria orgânica e que as águas do rio Javaés ao se conectarem com o lago também apresentam baixas concentrações desse íon.

- Cloreto (Cl^-)

Conforme apresentado por FENZL (1986) e GAILLARDET et al. (1997), a maior parte (aproximadamente 75%) do cloro presente na crosta terrestre encontra-se nos oceanos, sob a forma de cloreto, e provêm principalmente de gases magmáticos e exalações vulcânicas do passado geológico da terra, sendo que somente uma pequena fração é advinda do intemperismo. Na litosfera o cloreto é encontrado principalmente nos seguintes minerais: escapolito, sodalita, apatita, micas e anfibólios. Ressalta-se que devido à sua elevada mobilidade, esse íon é rapidamente lixiviado das rochas. Já na atmosfera o Cl^- faz parte dos aerossóis marinhos e continentais, com isso comumente pode se observar a ocorrência de precipitações com teores significativos desse elemento.

Devido a esses fatores, DAS e KAKKAR (2000) mencionam que em locais onde não se verifica a existência de rochas evaporíticas, geralmente, atribui-se ao aporte atmosférico a presença de Cl^- em corpos hídricos superficiais. Esse padrão de comportamento foi apresentado por HORBE et al. (2005), ao estudarem alguns mananciais do município de Manaus, onde, devido à ausência de rochas evaporíticas na região, concluem que a principal fonte de Cl^- provêm da água da chuva.

Quanto à presença de cloreto nos aerossóis marinhos, ZHANG et al. (1995), verificaram que as razões molares médias de Na^-/Cl^- e K^-/Cl^- para locais influenciados por aerossóis marinhos correspondem a 0,8517 e 0,0176. DAS e KAKKAR (2000) ao estudar um lago indiano, verificaram valores superiores a esses (1,36 e 0,18 respectivamente), fato que os levou desconsiderar a possibilidade do Cl^- presente nesse lago provir de aerossóis marinhos.

Em relação aos três corpos hídricos avaliados no presente estudo, a aplicação da razão Na^-/Cl^- , resultou em valores médios que variaram entre 4,7 e 5,8, já a relação K^-/Cl^- , os valores encontram-se entre 1,88 e 2,68. Tendo em vista esses

valores e que a região amostral encontra-se próxima à parte central do continente, acredita-se que os aerossóis marinhos apresentam pequena influência na composição iônica dos mesmos.

Desse modo, considerando as afirmações anteriores e que o Cl^- é constituinte de poucos minerais presentes no ambiente litológico local, tem-se que a principal fonte de cloreto para os mananciais em estudo provém do arraste atmosférico dos aerossóis continentais, proporcionado pelas precipitações e da possível lixiviação dos horizontes superficiais do solo durante o período de maior intensidade pluviométrica.

Em relação à variação sazonal das concentrações cloreto (Gráficos 36, 37 e 38), verificou-se um comportamento similar entre os dois rios, que por sua vez diferencia-se do padrão identificado no lago Chave. Cabe ressaltar que somente o rio Javaés e o lago Chave apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre as concentrações observadas nos períodos de cheia e seca.

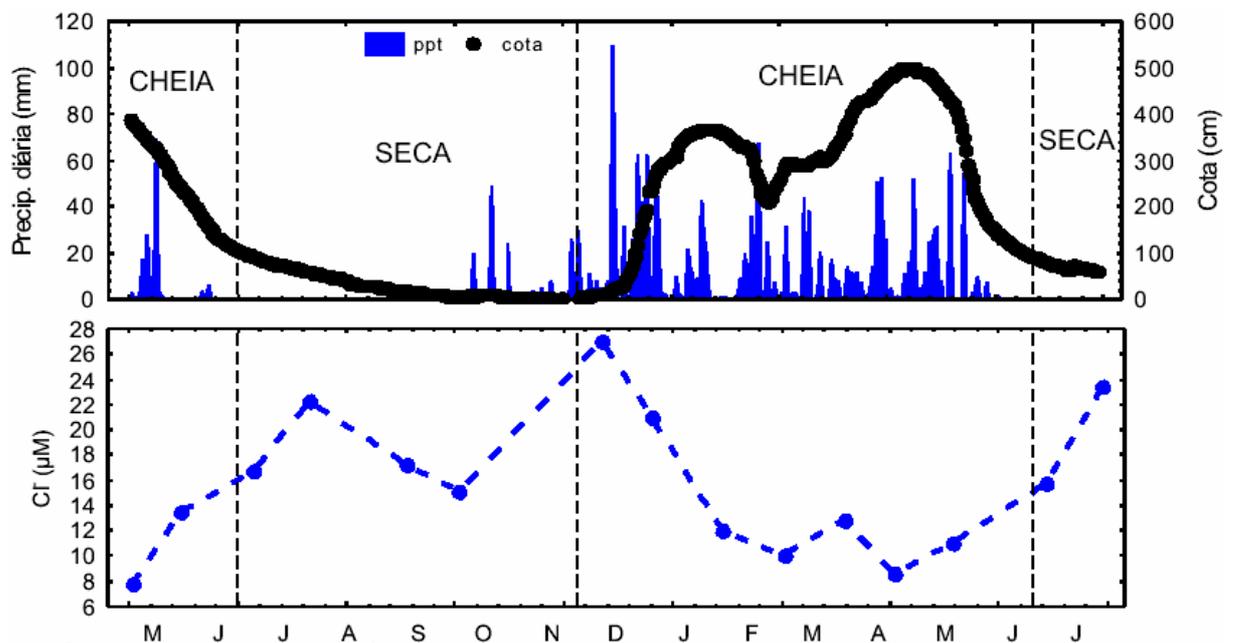


GRÁFICO 36 – VARIÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE CLORETO NO RIO JAVAÉS.

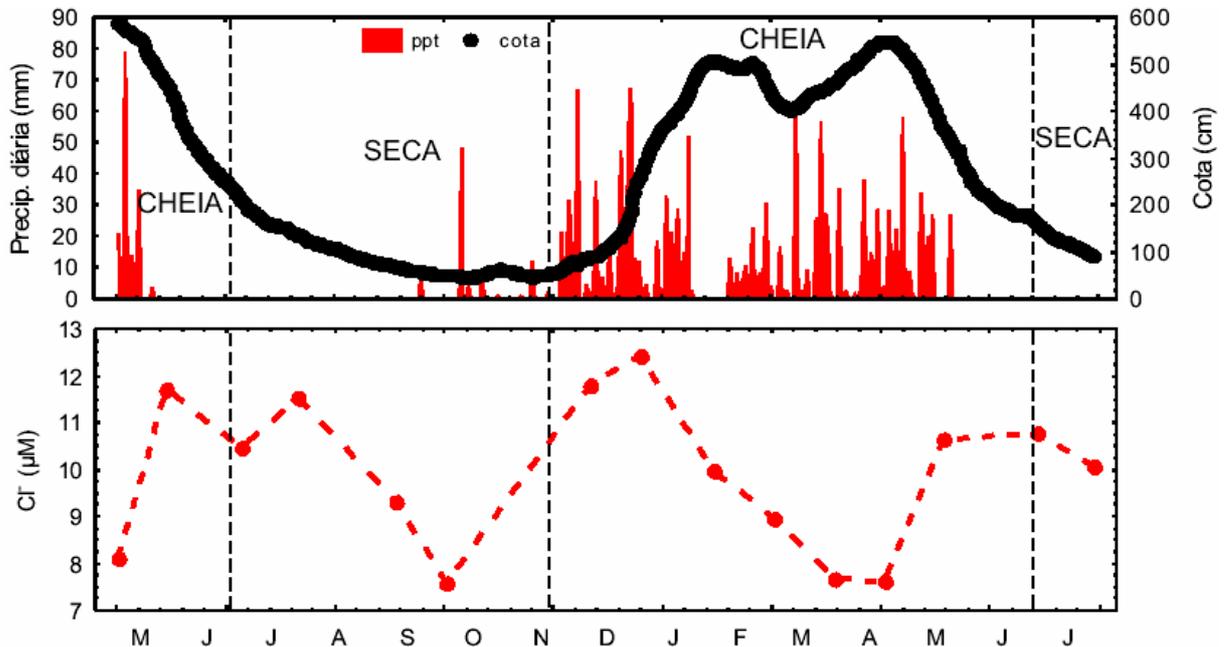


GRÁFICO 37 – VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE CLORETO NO RIO ARAGUAIA.

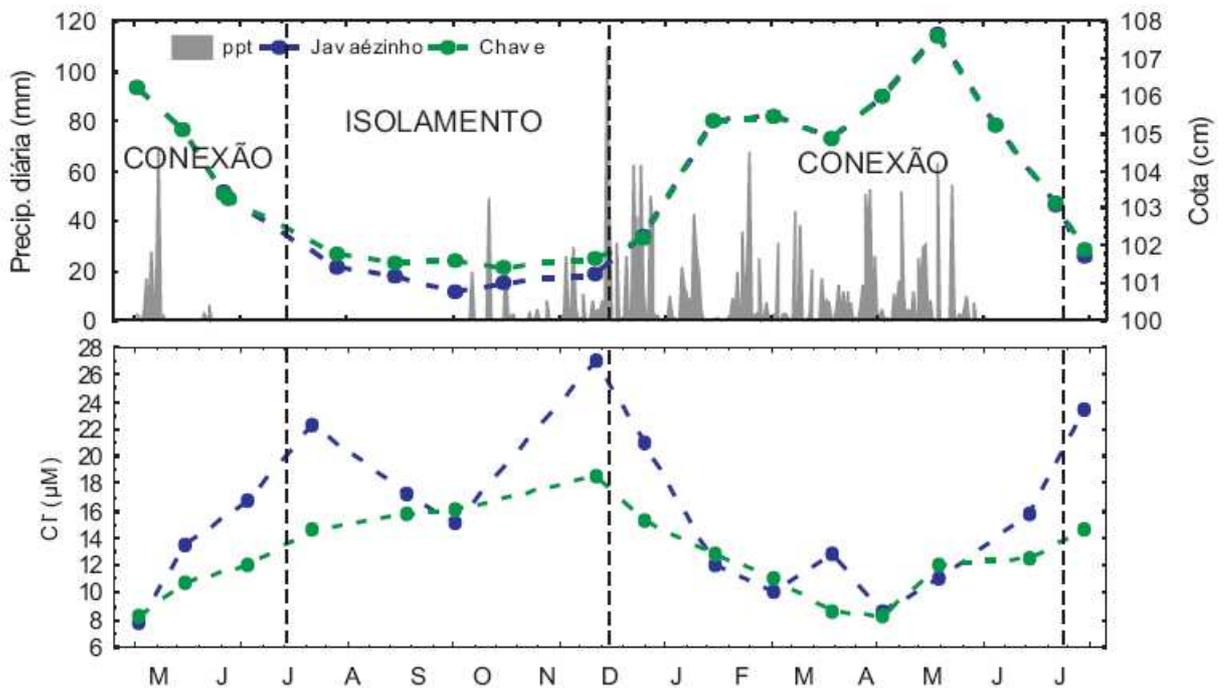


GRÁFICO 38 – VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE CLORETO NO LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.

Em relação aos mananciais lóticos, nota-se que as maiores concentrações de cloreto, foram observadas no início do período de cheia (dezembro e janeiro) devido

o provável aporte proporcionado pelas precipitações e lixiviação dos solos (Gráficos 36 e 37). Após as primeiras chuvas (dezembro e janeiro) verifica-se um decréscimo dessas concentrações, que perdura até o momento que inicia o período de vazante (após o mês de maio).

A diminuição das concentrações após o mês de janeiro provavelmente deve-se ao fato das chuvas posteriores àquelas observadas na fase inicial do período de cheia possuírem menores concentrações de solutos, o que resulta no aumento do aporte de água menos concentrada aos mananciais, favorecendo, portanto, a diluição dos teores de cloreto.

Após o mês de maio, quando se inicia a redução das vazões nos rios Araguaia e Javaés, observa-se uma elevação progressiva das concentrações de cloreto. Esse aumento deve-se provavelmente ao retorno das águas das áreas inundadas para o leito desses rios e a respectiva minimização do efeito de diluição. Entretanto, durante os meses em que se observam as menores vazões (agosto e setembro), quando, seguindo raciocínio de que a redução das vazões proporciona o aumento de suas concentrações, esperar-se-ia valores elevados de cloreto, entretanto verifica-se novamente uma redução das concentrações desse ânion.

Tendo em vista que a principal fonte de cloreto para a região provém do arraste atmosférico e da lixiviação dos solos, os meses que encontram-se próximos do final do período seco apresentam concentrações menores, pois o cloreto que entrou nos rios Araguaia e Javaés, durante o período chuvoso anterior, já foi transportado, em grande parte, para fora dessas bacias.

Em relação ao lago Chave (Gráfico 38), verifica-se um comportamento similar aos rios em estudo, durante o período de cheia, ou seja, os picos de concentrações de cloreto ocorrem no início desse período, apresentando um decréscimo progressivo até quando se inicia a vazante, com uma posterior elevação das concentrações após esse momento. Esse comportamento já era esperado, tendo em vista a conexão do rio Javaés com o lago Chave.

A diferenciação do comportamento das concentrações de cloreto desse lago com o que se observou nos mananciais lóticos ocorre durante o período seco, uma vez que, de maneira oposta ao observado nos rios, o lago Chave apresenta uma elevação continua nas concentrações de cloreto durante os meses de agosto e setembro.

Cabe mencionar que o cloreto não é oxidado, nem reduzido em águas naturais e, por corresponder a um íon solúvel e estável em solução, não precipita (FEITOSA; MANOEL FILHO, 1997). Essas propriedades, associadas ao fato de não ocorrer escoamento do lago Chave para outro manancial, e, portanto, inexistir exportação desse elemento, proporciona que o menor volume verificado nos meses de agosto e setembro favoreça a elevação de suas concentrações.

- Sulfato (SO_4^-)

De acordo com FENZL (1986) o sulfato também é encontrado principalmente nos evaporitos (gipsita – eq e anidrita eq). O referido autor menciona que o SO_4^- pode também ser encontrado na precipitação atmosférica, sendo que a origem dessa fonte provém de poeiras continentais, sais cíclicos e também de exalações industriais e vulcânicas. Além de estar presente na composição mineralógica de algumas rochas e dissolvido na precipitação atmosférica, a decomposição da matéria orgânica presente no solo corresponde à outra importante fonte de sulfato.

Nos ambientes estudados, o sulfato foi o ânion que apresentou as menores concentrações. Em relação à variação sazonal desse elemento (Gráficos 39, 40 e 41), observou-se a ocorrência de diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações verificadas nos períodos seco e de cheia, somente no rio Javaés ($p < 0,05$). Entretanto, cabe mencionar, que no início do período de cheias (dez e jan/2005), quando se verifica a ocorrência de eventos pluviométricos mais intensos na região em estudo, nota-se uma elevação das concentrações desse íon nos três mananciais. Essa elevação provavelmente correlaciona-se ao aporte de sulfato proveniente de precipitação atmosférica e também da lixiviação do horizonte orgânico superficial do solo. Após o início do período de cheias, as concentrações voltam a decrescer, aproximando-se dos valores observados durante o período seco.

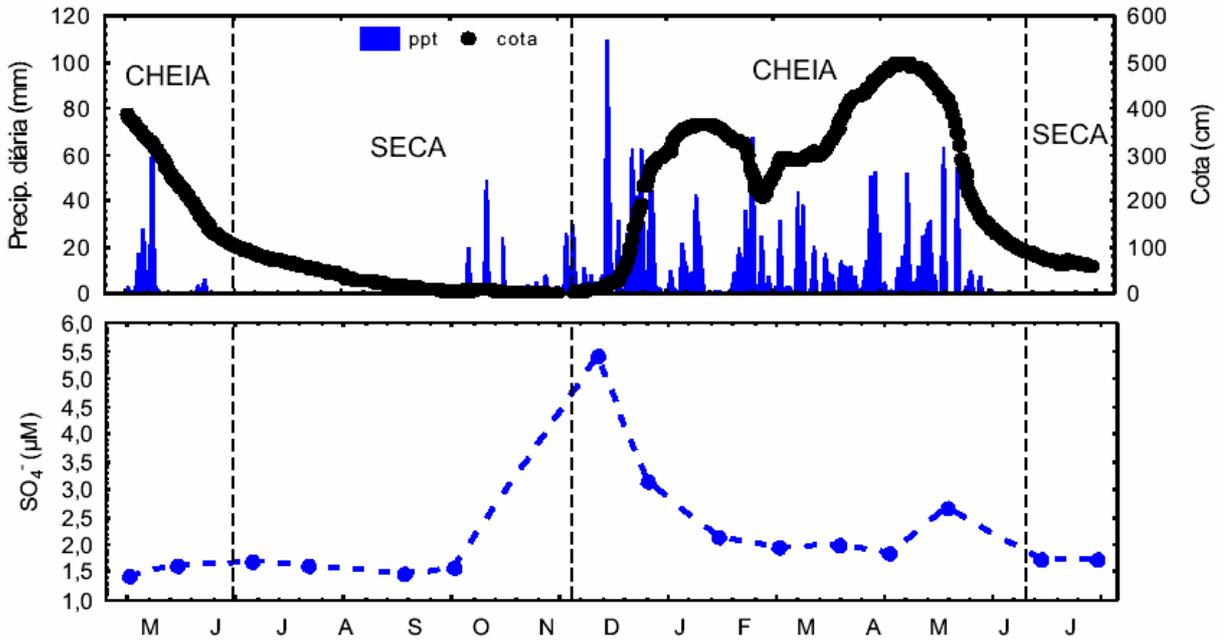


GRÁFICO 39 – VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE SULFATO NO RIO JAVAÉS.

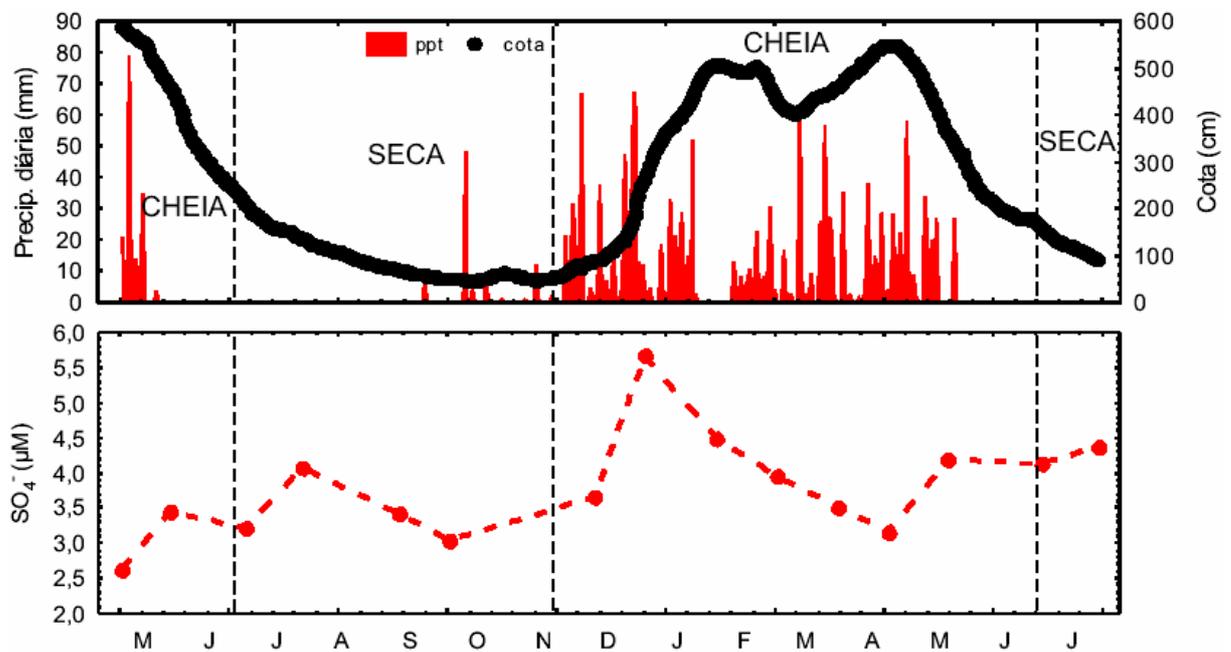


GRÁFICO 40 – VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE SULFATO NO RIO ARAGUAIA.

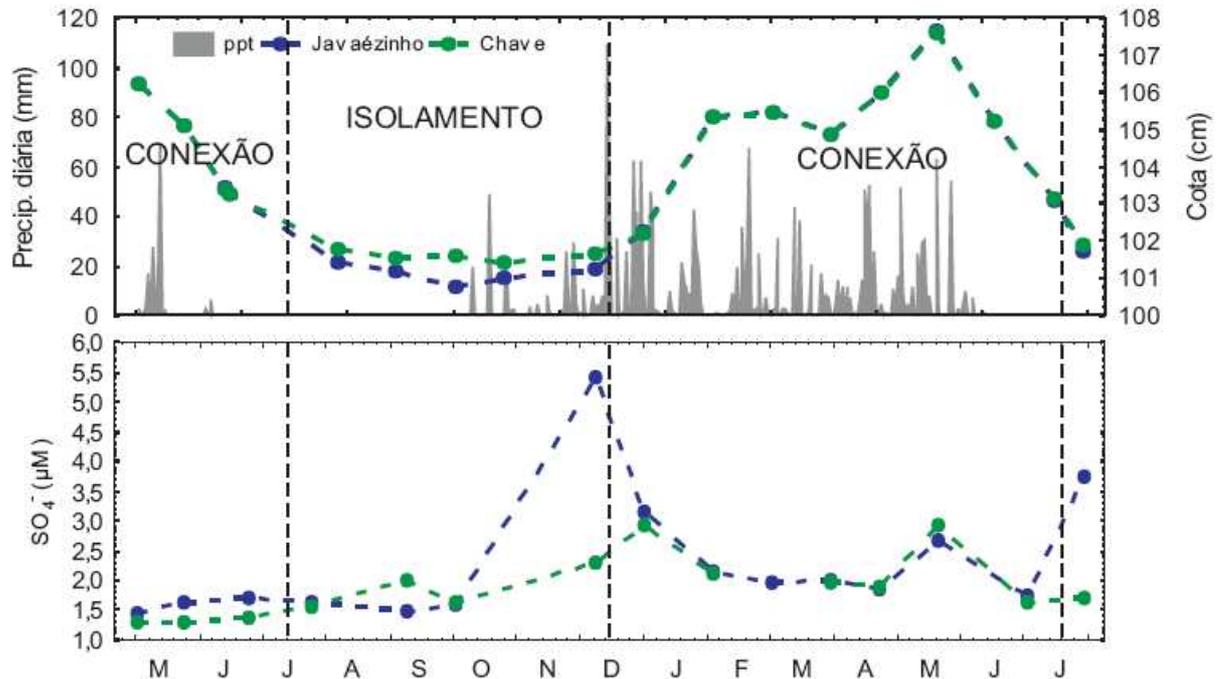


GRÁFICO 41 – VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE SULFATO NO LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.

3.5.2.2 Cátions maiores

- Cálcio (Ca^{2+}) e Magnésio (Mg^{2+})

Em relação aos cátions maiores, observou-se que o cálcio (Ca^{2+}) e o magnésio (Mg^{2+}) apresentaram uma variação sazonal similar nos corpos hídricos avaliados nesse estudo. Com isso, optou-se em apresentar a discussão dessa variação de maneira conjunta.

De acordo com JARVIE et al. (1997), geralmente os cátions cálcio e magnésio provêm do intemperismo de rochas carbonatadas e silicatos. Esses dois cátions apresentam papel fundamental na produtividade dos sistemas aquáticos. O cálcio é essencial para o crescimento de organismos fotossintetizantes aquáticos, sendo que sua ausência impede a agregação das células em algas coloniais. Já o magnésio participa na formação da molécula de clorofila, além de fazer parte de inúmeros processos metabólicos nas células, como por exemplo, o metabolismo do nitrogênio (ESTEVES, 1998).

Em relação à variação sazonal desses dois cátions, novamente observa-se um comportamento aproximado entre os rios Javaés e Araguaia (Gráficos 42 e 43), que por sua vez difere do padrão observado no lago Chave (Gráfico 44).

Nesses dois rios, a variação sazonal das concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} ocorre conforme o modelo “clássico”, ou seja, observam-se diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações dos períodos de seca e cheia ($p < 0,01$), sendo que, de maneira geral, os maiores valores são verificados durante a seca. Tendo em vista essa condição e as análises anteriores, considera-se que a presença de rochas calcárias exercem papel fundamental na composição química das águas desses mananciais.

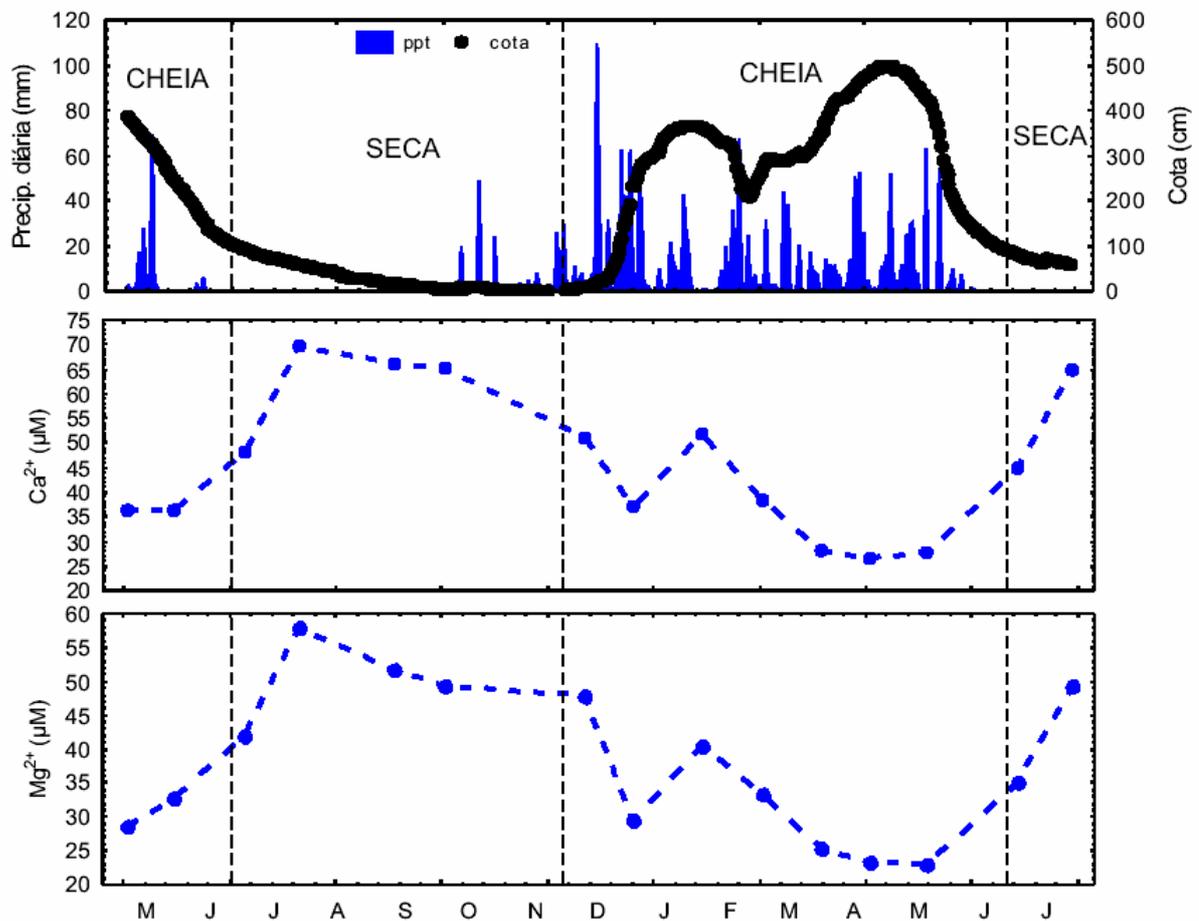


GRÁFICO 42 – VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NO RIO JAVAÉS.

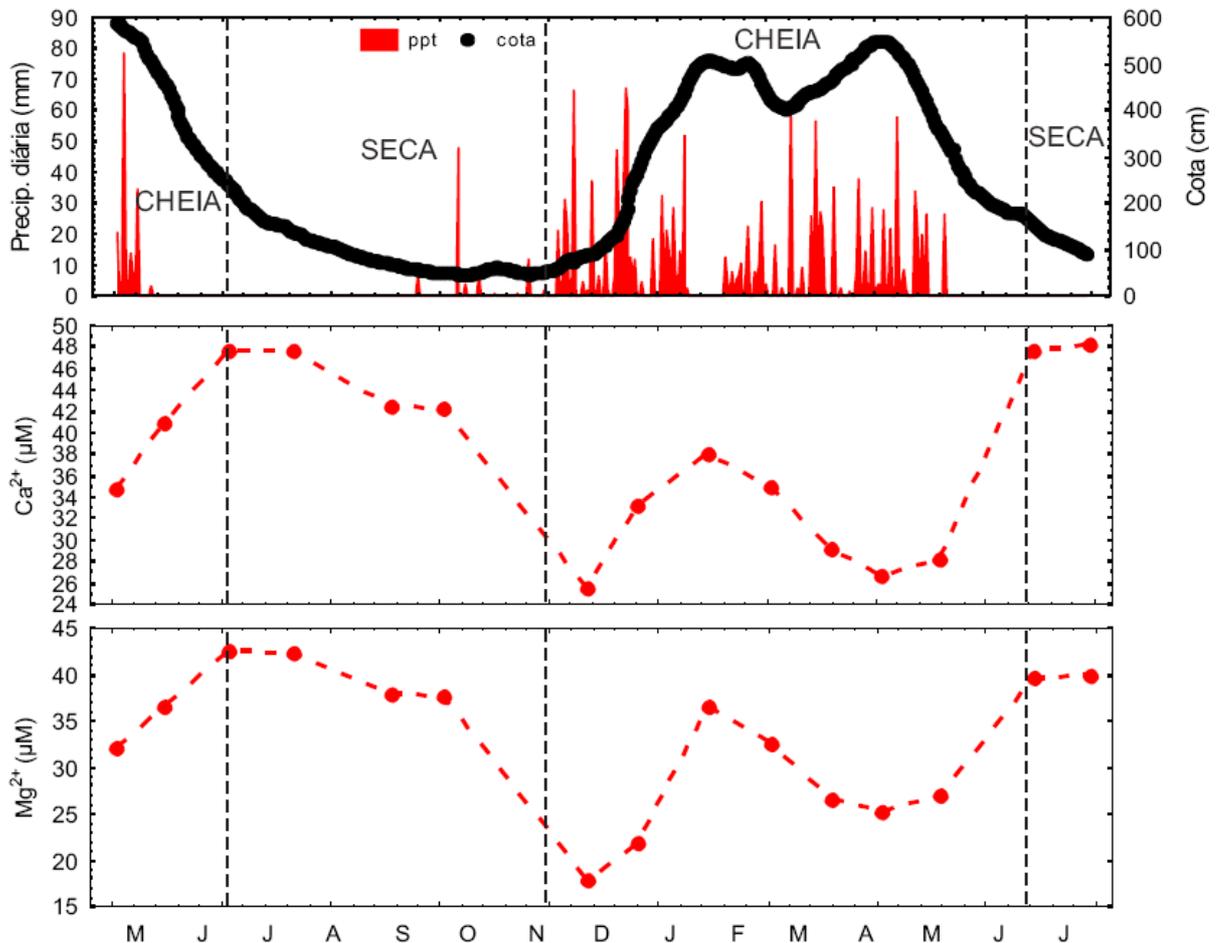


GRÁFICO 43 – VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NO RIO ARAGUAIA.

Apesar disso, cabe mencionar que no período de cheia de 2006 ocorreu uma elevação das concentrações desses cátions (janeiro/2006), que volta a reduzir a partir de fevereiro/2006 até o término do período de cheias. Essa elevação provavelmente se deve à redução das vazões nesse período, o que acarretou, devido as menores velocidades de escoamento, em um maior contato da água desses rios com a litologia local (Gráficos 42 e 43).

Conforme já explicitado, o comportamento sazonal desses cátions no lago Chave (Gráfico 44), difere do verificado nos dois rios em estudo, pois, no lago não ocorrem diferenças estatísticas significativas entre as concentrações observadas na seca e na cheia ($p > 0,05$).

Essa condição novamente pode ser atribuída à influência do rio Javaés nesse manancial, uma vez que as concentrações de cálcio e magnésio desse rio, mesmo durante a época de cheia, são mais elevadas que aquelas observadas no lago

Chave em seu período de isolamento. Dessa maneira, quando o rio Javaés se conecta ao lago, ocorre à elevação das concentrações de cálcio e magnésio em seu interior, proporcionando que não ocorram diferenças estatísticas significativas entre os dois períodos.

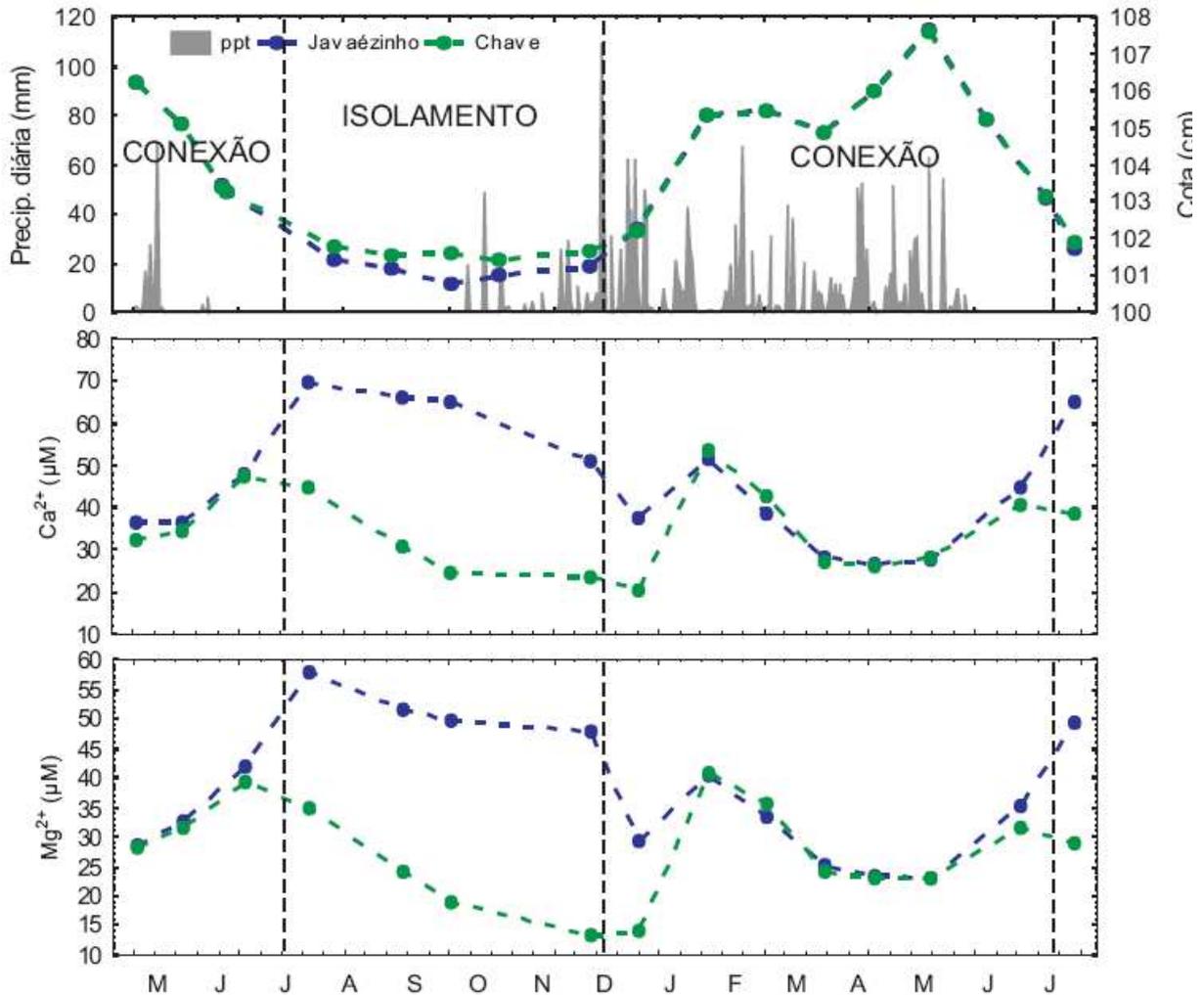


GRÁFICO 44 – VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NO LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.

- Sódio (Na^+)

De acordo com FENZL (1988) a principal fonte de potássio para os ambientes aquáticos é o intemperismo de rochas magmáticas e de silicatos.

Em relação à variação temporal de suas concentrações nos corpos hídricos em estudo, observou-se que o comportamento do rio Javaés difere daquele verificado no rio Araguaia e assemelha-se, mesmo durante a seca, ao comportamento do lago Chave.

No rio Javaés e no lago Chave ocorreram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre as concentrações de sódio observadas no período seco e chuvoso. As concentrações da seca são consideravelmente maiores que as das cheias (Gráficos 45 e 47). O que indica que a principal fonte desse elemento nesses mananciais provém do contato das águas com o substrato rochoso local.

No que se refere ao rio Araguaia (Gráfico 46), não verificou-se diferenças estatísticas entre as concentrações dos períodos seco e de cheias ($p > 0,05$). Apesar de não ocorrer essa diferenciação, nota-se que os maiores valores ocorreram durante o início do período de cheias.

Cabe ressaltar, que a variação temporal das concentrações desse cátion no rio Araguaia é similar à variação do cloreto nesse mesmo manancial. Desse modo, as maiores concentrações foram verificadas no momento em que se iniciam os eventos pluviométricos mais intensos, posteriormente as mesmas reduzem devido o aumento do efeito de diluição das águas do rio. Com o início da estação seca, e redução do efeito de diluição, os teores de sódio se elevam gradativamente até os meses próximos do final dessa estação (agosto e setembro), quando as concentrações voltam a reduzir até que se inicie o próximo período de cheias.

Portanto, pode-se afirmar que a principal fonte desse elemento para o rio Araguaia corresponde ao aporte proporcionado pelas águas meteóricas e também a lixiviação do solo. Quanto à variação sazonal de suas concentrações, os fatores responsáveis são os mesmos já elencados para o cloreto.

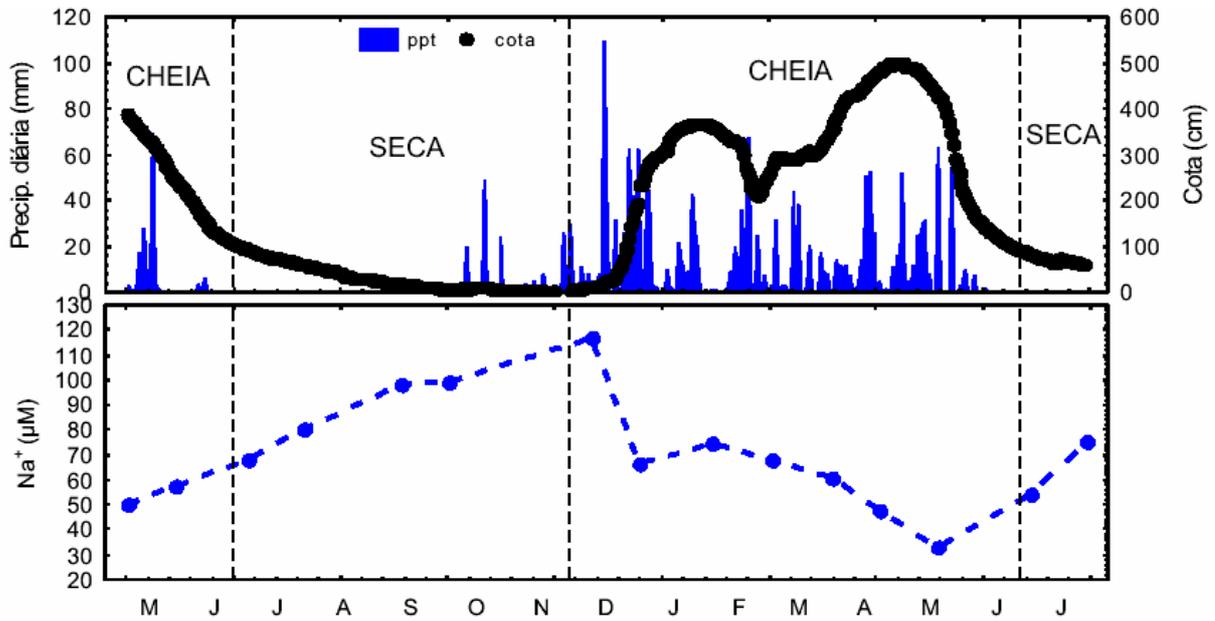


GRÁFICO 45 – VARIÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE SÓDIO NO RIO JAVAÉS.

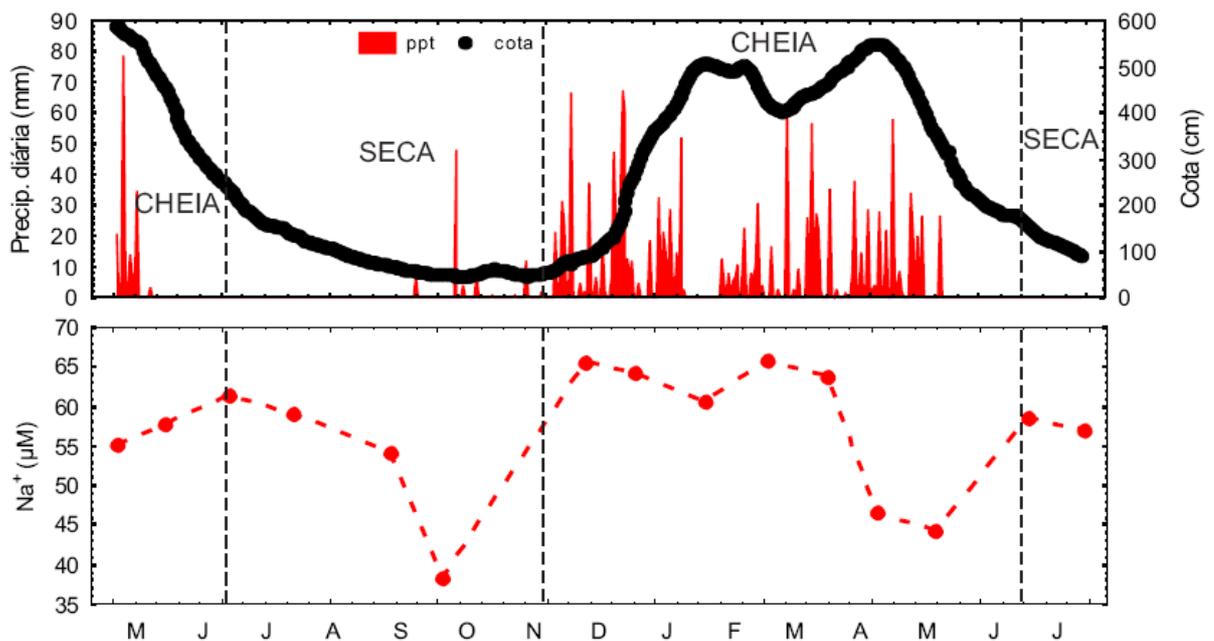


GRÁFICO 46 – VARIÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE SÓDIO NO RIO ARAGUAIA.

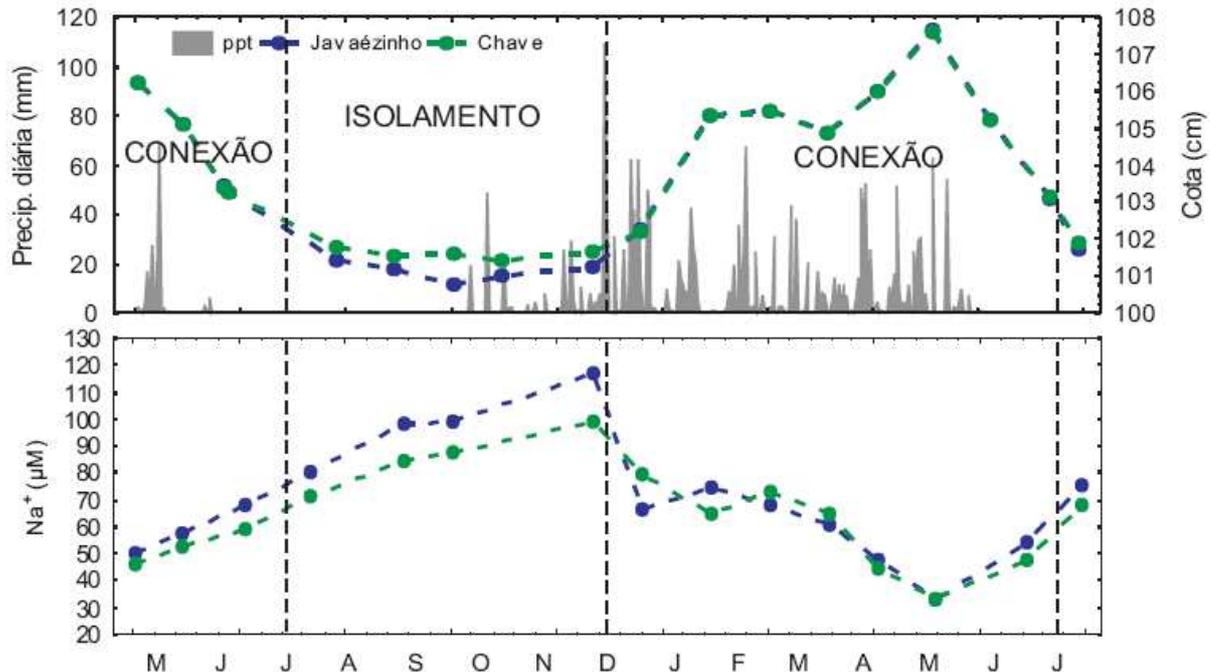


GRÁFICO 47 – VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE SÓDIO NO LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.

- Potássio (K^+)

Uma importante fonte de potássio para os ambientes aquáticos é o intemperismo de rochas sedimentares, principalmente dos silicatos (JARVIE, 1997). Quando comparado aos outros cátions, o potássio apresentou as menores concentrações na maioria do período em estudo. De acordo com FENZL (1986), a sua baixa representatividade justifica-se pelo fato desse elemento participar intensamente de processos de troca iônica, sendo facilmente adsorvido por argilas, participando também da formação de minerais secundários.

Em relação aos efeitos da sazonalidade climática local nas concentrações desse cátion, observa-se que nenhum dos mananciais em estudo apresentou diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$) entre as concentrações identificadas nos períodos de seca e cheia.

Tendo em vista que para os três corpos hídricos as maiores concentrações ocorreram no momento em que se iniciam os eventos pluviométricos mais intensos (Gráficos 48, 49 e 50), acredita-se que a principal fonte desse cátion provém do

aporte proporcionado pela incidência águas meteóricas, bem como o possível carreamento desse elemento do solo para os corpos hídricos, uma vez que o K^+ é rapidamente lixiviado do material orgânico presente na serapilheira (KLINGE *et al.*, 2004; YUSOP *et al.*, 2006).

Quanto aos fatores responsáveis pelas oscilações das concentrações ao longo do período amostrado, novamente podem ser considerados os fatores relacionados ao aumento e diminuição da diluição das águas dos corpos hídricos, conforme já evidenciado para o cloreto. Vale lembrar ainda que de maneira diferente dos ambientes lóticos o lago Chave apresenta uma elevação progressiva das concentrações de potássio até o final do período seco, uma vez que não ocorre a exportação desse elemento para fora do manancial.

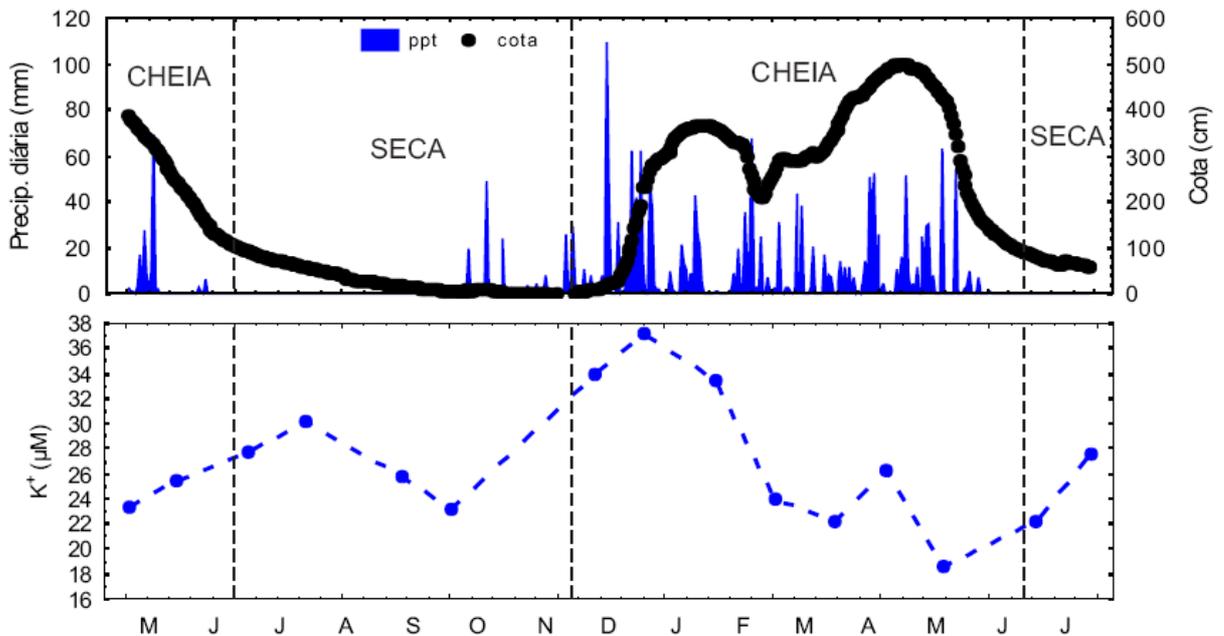


GRÁFICO 48 – VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE POTÁSSIO NO RIO JAVAÉS.

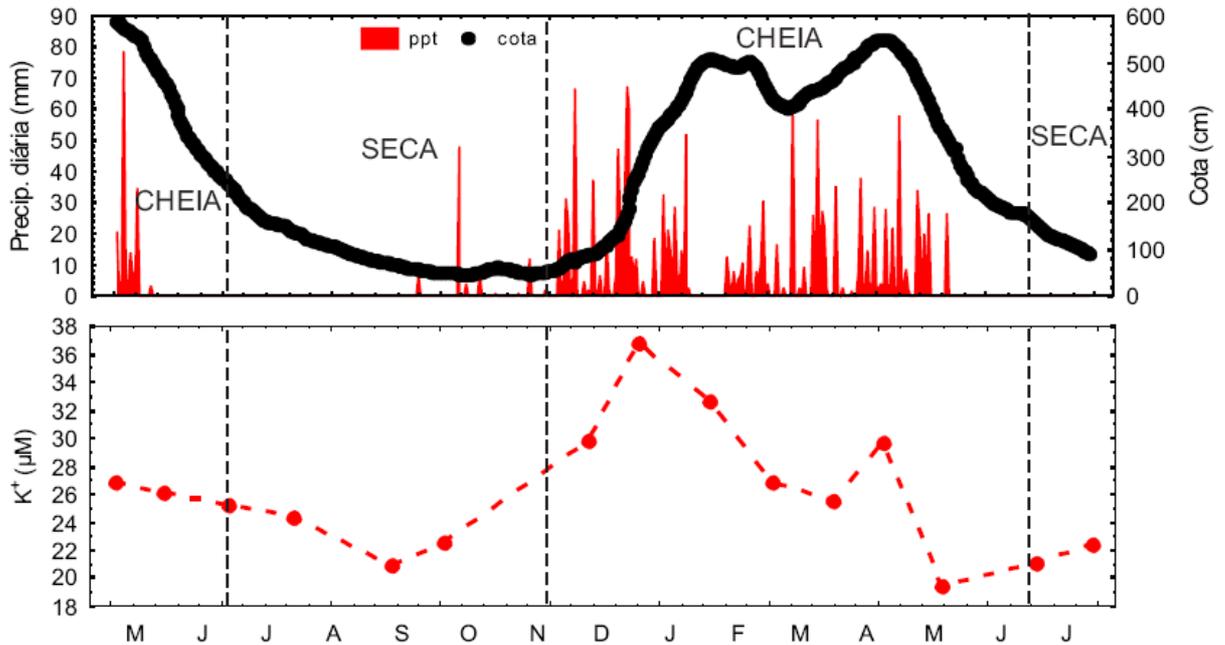


GRÁFICO 49 – VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE POTÁSSIO NO RIO ARAGUAIA.

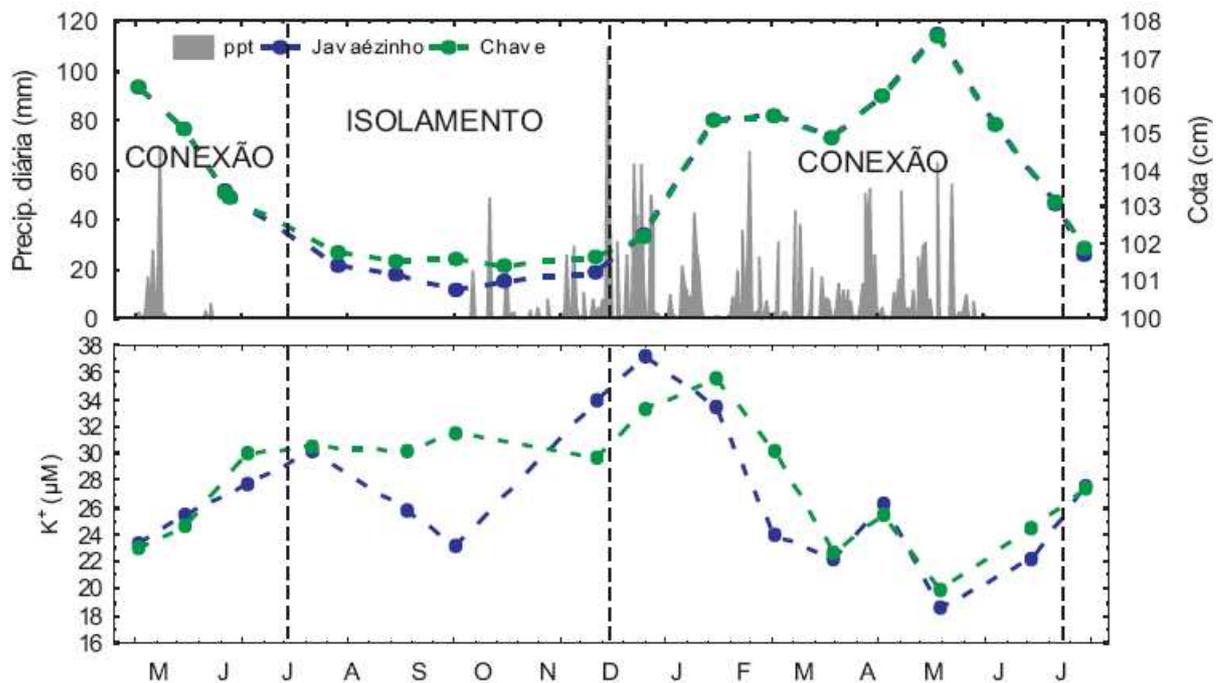


GRÁFICO 50 – VARIAÇÃO SAZONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE POTÁSSIO NO LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.

Conforme observado anteriormente, a variação temporal das concentrações de cátions maiores nos dois rios analisados aproxima-se do modelo clássico, uma vez que somente o K^+ e o Na^+ , no rio Araguaia, apresentaram um comportamento diferente desse padrão. Essa condição evidencia que a principal fonte do potássio para ambos rios e do sódio, no Araguaia, deriva de processos ambientais decorrentes do aumento da incidência pluviométrica, uma vez que parte do substrato rochoso local encontra-se significativamente intemperizado.

Esse tipo de comportamento, já foi bem descrito para o nitrogênio, que inexistente em rochas e, portanto, é predominantemente ciclado por meio da matéria orgânica presente nos solos, porém, não é tão comum para elementos derivados de minerais primários, tais como o K^+ (MARKEWITZ *et al.*, 2001).

YUSOP *et al.* (2006), em um estudo desenvolvido em mananciais da floresta tropical da Malásia, constataram que durante o período de maior pluviosidade as concentrações e a exportação de Mg^{2+} e K^+ , nos corpos hídricos estudados, são maiores do que o observado durante o período de seca, o que indica que a lixiviação dos solos, bem como a incidência direta da precipitação sobre os corpos hídricos, possuem papéis cruciais no transporte desses solutos.

Em relação à lixiviação de íons, deve-se considerar que dentre as principais características das florestas tropicais encontra-se a capacidade das mesmas possibilitarem uma elevada retenção de nutrientes no solo, devido os densos “tapetes” de raízes formados na superfície do solo, as raízes aéreas abundantes nos horizontes subsuperficiais e também pela manutenção de uma complexa biota do solo. Essas estruturas são particularmente sensíveis e podem ser severamente danificadas durante desmatamentos e queimadas, assim perdendo sua capacidade de proteger o solo contra a erosão e perda de nutrientes (HERTONO *et al.*, 2003).

Além disso, outro fator que favorece a retenção de cátions nos solos corresponde à presença de matéria orgânica nos mesmos, pois solos mais orgânicos possuem sua capacidade efetiva de troca de cátions (CETC) mais elevada (RESENDE *et al.*, 2002). As regiões onde predominam florestas nativas, em geral, apresentam concentrações significativas de matéria orgânica nos horizontes superficiais de seus solos, entretanto alterações antrópicas da paisagem proporcionam a redução dessas concentrações, o que acarreta na redução da CETC e respectivo aumento da lixiviação de íons.

Nesse sentido, a presença de maiores concentrações de alguns íons durante o início das cheias pode também estar relacionada com alterações antrópicas a montante da região amostrada, uma vez que, conforme já mencionado, a conversão de florestas nativas a pastagens ou monoculturas favorece a intensificação da lixiviação de cátions do solo para mananciais (RICHEY et al. 1997, MARKEWITZ et al. 2001, MARKEWITZ et al., 2004, KRUSCHE et al. 2005).

Ressalta-se, que as mudanças observadas na micro-escala (corpos hídricos de 1ª e 2ª ordem) constituem “sinais biogeoquímicos” gerados pelo processamento do material nas margens desses mananciais. À medida que os rios evoluem para ordens superiores, os “sinais biogeoquímicos” persistentes nos canais fluviais estão associados principalmente às características da bacia de drenagem, ao invés daqueles gerados nas margens, e passam a ser os determinantes da dinâmica destes sistemas (KRUSCHE et al. 2005).

Desse modo, apesar dos pontos amostrais dos rios Javaés e Araguaia situarem-se em uma região onde predominam paisagens não alteradas, o fato de se verificar maiores concentrações de potássio durante as cheias pode ser reflexo dos usos do solo desenvolvidos a montante da região de amostragem.

Observa-se, que ainda que grande parte do substrato rochoso da bacia do Araguaia encontrar-se intemperizado, ocorre, nessa bacia, a presença de unidades geológicas mais recentes, cujo intemperismo é fonte de cálcio, magnésio e bicarbonato para os corpos hídricos em estudo.

A relação $Na/(Na + Ca)$ pode ser utilizada para verificar qual é a origem dos cátions em corpos hídricos superficiais. De acordo com MARKEWITZ et al. (2001), a obtenção de valores próximos a um, para essa razão, indica baixa influência do intemperismo, enquanto que valores mais próximos a zero evidenciam substanciais aportes proporcionados pelo intemperismo.

MARKEWITZ et al. (2001) mencionam ainda que em ambientes temperados, onde predominam substratos geológicos mais recentes, verificam-se valores mais próximos a um durante o período de cheia, quando as águas da chuva correspondem a componente principal da vazão dos mananciais. Entretanto ao estudarem um corpo hídrico de primeira ordem, que drena uma área de solos intensamente intemperizados, esses autores verificaram um comportamento inverso, ou seja, os maiores valores para essa razão foram obtidos durante o período de

seca, o que indica que os cátions, nesse ambiente, provêm predominantemente da lixiviação dos horizontes superficiais dos solos da região.

A aplicação dessa razão para os três mananciais em estudo demonstrou duas tendências distintas. Para os dois rios (Gráfico 51 e 52), os maiores valores foram obtidos durante o período chuvoso, o que indica que o intemperismo é uma fonte significativa de cátions para esses ambientes. Cabe mencionar que no mês de janeiro de 2006 foram observados valores mais baixos para essa razão (próximos aos valores da estação seca), fato que se deve a redução das vazões nesse período.

O lago chave (Gráfico 53) apresentou valores mais próximos a um durante o final de seu isolamento (agosto a novembro de 2006) e no primeiro mês de conexão com o rio Javaés (dezembro de 2005), que corresponde ao período em que a influência do rio Javaés em suas águas é mínima. Nos demais momentos as razões obtidas para esse lago apresentam menores valores, acompanhando a tendência do rio Javaés. Esse comportamento indica que a principal fonte de cátions para esse lago corresponde a sua conexão sazonal com o rio Javaés.

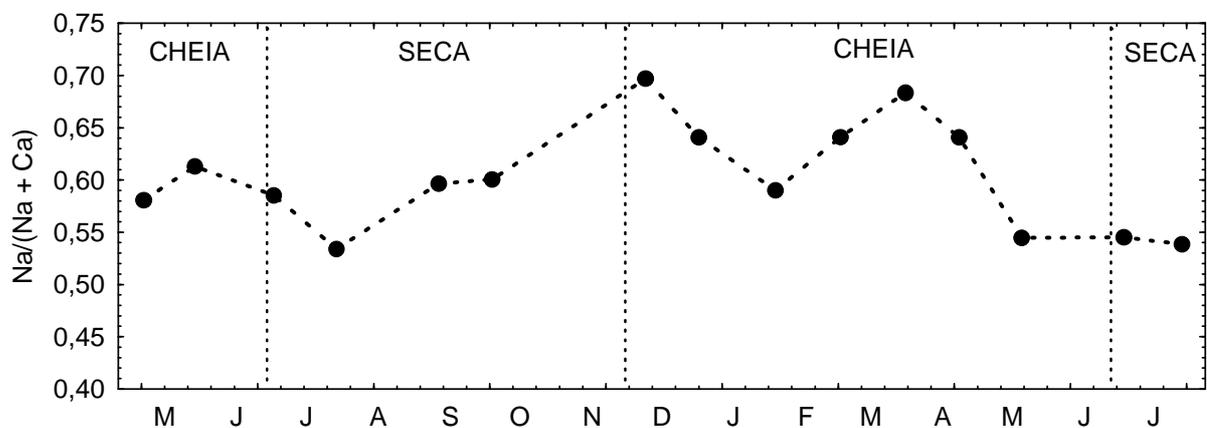


GRÁFICO 51 – RAZÃO NA/(NA + CA) PARA O RIO JAVAÉS

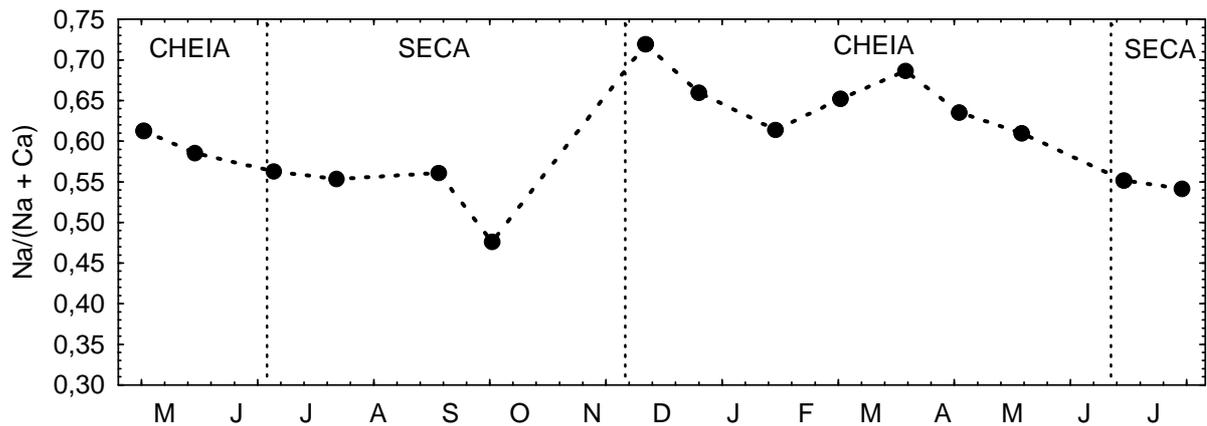


GRÁFICO 52 – RAZÃO NA/(NA + CA) PARA O RIO ARAGUAIA.

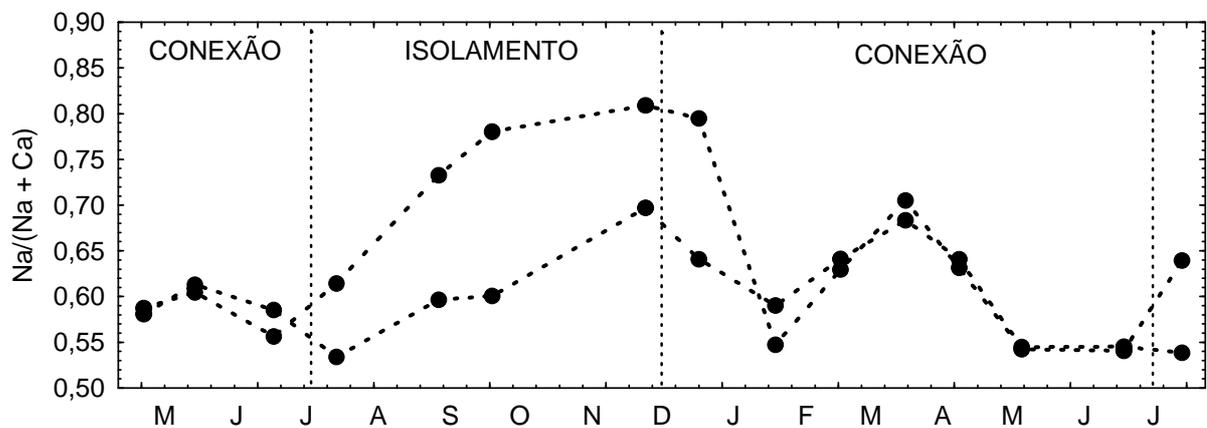


GRÁFICO 53 – RAZÃO NA/(NA + CA) PARA O LAGO CHAVE. RESSALTA-SE QUE OS VALORES OBTIDOS PARA O RIO JAVAÉS FORAM APRESENTADOS NOVAMENTE, POIS O APORTE DAS ÁGUAS DESSE RIO NO LAGO CONTRIBUI PARA AS VARIAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DO MESMO.

3.6 VARIAÇÃO ESPACIAL

CARVALHO et al. (2001), consideram que em escala local as principais forças motrizes responsáveis pela variabilidade das características biogeoquímicas entre diferentes mananciais são as chuvas, a influência de pequenos tributários, uso e ocupação das margens e variações morfométricas. Enquanto que, em uma escala mais ampla, os fatores de maior influência correspondem aos aspectos geológicos, climáticos e as principais formas de uso e ocupação desenvolvidas nas bacias de drenagem.

Em relação aos rios Javaés e Araguaia, observaram-se, durante o período seco, diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre as concentrações de COD e a maioria dos íons estudados: Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- (Gráfico 54).

Para esses íons, excetuando-se o sulfato, as maiores concentrações foram identificadas no rio Javaés. Nesse período, um dos fatores que pode ser responsável por essa diferenciação corresponde as maiores vazões do rio Araguaia, que proporcionam um menor tempo de contato de suas águas com o substrato litológico (menor dissolução de íons), favorecendo também um efeito de diluição mais significativo que aquele identificado no rio Javaés, que por sua vez apresenta menores vazões.

Em relação ao cálcio, outro fator que pode proporcionar a ocorrência de maiores concentrações no rio Javaés é o fato de sua sub-bacia apresentar uma unidade geológica que possui rochas calcárias em sua composição (Formação Couto Magalhães). Acredita-se que essa formação geológica contribui para essa diferenciação, pois a mesma ocupa um percentual representativo da área de influência do rio Javaés (Figura 1), e que o rio Araguaia, após a formação do rio Javaés, não apresenta nenhuma unidade geológica com características cársticas em sua área de drenagem.

O COD também apresentou as maiores concentrações no rio Javaés. Elevações das concentrações desse elemento podem estar relacionadas com alterações antrópicas (BOLSON, 2006), entretanto os efeitos dessas alterações são mais perceptíveis durante as cheias, quando a lixiviação dos solos é intensificada. Dessa maneira, acredita-se que as menores concentrações de COD verificadas nas águas do rio Araguaia, durante a seca, são proporcionadas pelo efeito de diluição mais intenso desse rio.

Em relação ao sulfato, identificou-se que somente durante os eventos pluviométricos mais intensos (início da estação de cheias) as concentrações no rio Javaés se aproximaram daquelas observadas no rio Araguaia, já nos demais momentos o rio Araguaia apresenta concentrações mais elevadas. Tendo em vista que, a principal fonte de entrada de sulfato para os mananciais desse estudo corresponde aos efeitos proporcionados pela incidência de águas meteóricas e que durante as chuvas mais intensas as concentrações desses dois mananciais apresentam valores próximos, esperar-se-ia que, durante a seca, as concentrações

observadas no Javaés fossem maiores ou iguais às do Araguaia. Como o rio Araguaia, contrariando o esperado, apresentou maiores teores de sulfato, acredita-se que na sua bacia de drenagem provavelmente ocorre a presença mais significativa de minerais que contenham sulfatos em sua composição, fator esse que se sobrepõe aos efeitos de diluição verificados para os demais íons.

Quanto ao HCO_3^- , o Mg^{2+} e o CID, verificou-se que as águas desses rios não apresentaram concentrações tão diferenciadas como as demais substâncias, não sendo, portanto, consideradas significativas pelo teste estatístico aplicado ($p > 0,05$). Apesar disso, observa-se que as águas do rio Javaés, de maneira geral, também apresentaram maiores concentrações para esses elementos, o que novamente indica que as maiores vazões do rio Araguaia e a presença de rochas calcárias na área de influência do rio Javaés correspondem aos fatores responsáveis pela diferenciação desses dois ambientes durante a seca.

Não ocorreram diferenças significativas em relação aos valores de pH desses dois rios, entretanto as águas do rio Javaés apresentaram-se pouco mais ácidas que as do rio Araguaia, fato esse proporcionado pelos maiores teores de COD desse primeiro.

Durante o período de cheia, o COD, CID, pH e a maior parte dos íons maiores (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^-) apresentaram concentrações estatisticamente similares ($p > 0,05$). Somente para o sulfato foram identificadas diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo que, conforme já mencionado, as maiores concentrações ocorreram no rio Araguaia.

A ocorrência de concentrações similares para a maioria dos íons permite afirmar que os efeitos proporcionados pela diluição, aporte de íons por águas subterrâneas e meteóricas e a lixiviação dos solos, ocorrem de maneira equitativa nas áreas de drenagem desses dois mananciais.

Quanto à variação espacial observada entre o rio Javaés e o lago Chave, nota-se que, durante a seca, os íons que possuem como principais fontes o aporte pluviométrico e a lixiviação dos solos (K^+ , SO_4^{2-} e Cl^-) não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre esses dois ambientes ($p > 0,05$), essa mesma condição foi verificada para o Na^+ , o COD e o pH. Já os demais íons que, nos rios em estudo, a variação temporal ocorre de acordo com o modelo mais clássico

(HCO_3^- , Ca^{2+} e Mg^{2+}) e também o CID apresentaram diferenças significativas entre as concentrações observadas nesses mananciais ($p < 0,05$).

Apesar das concentrações de COD não apresentarem diferenças significativas entre esses dois ambientes, cabe observar que, durante a seca, as mesmas são mais elevadas no lago Chave. Dentre outros fatores, essa condição pode ser atribuída ao fato desse lago provavelmente apresentar maior atividade fotossintética que o rio Javaés, uma vez que suas águas apresentam baixa movimentação e tendem a ser menos turvas.

Os íons cujas concentrações dependem principalmente do intemperismo do substrato geológico (HCO_3^- , Ca^{2+} e Mg^{2+}), durante a seca, apresentaram as menores concentrações no lago Chave. Conforme já mencionado, isso ocorre, pois o local de amostragem do rio Javaés está locado próximo ao exutório de sua bacia de drenagem, onde já recebeu o aporte de íons de diversos tributários, enquanto que o lago situa-se sobre somente uma formação geológica antiga (Depósitos Aluvionares), que durante o seu isolamento corresponde à única fonte desses íons.

Pelo fato do substrato rochoso da região do lago Chave não possuir minerais cujo intemperismo disponibilize bicarbonato para suas águas, e devido às baixas concentrações de CO_2 , ocasionadas pelo provável consumo por parte de organismos fotossintetizantes, esse lago, durante a seca, apresenta menores concentrações de CID do que o rio Javaés.

Durante as cheias ocorre a conexão desses dois mananciais e a consecutiva mistura de suas águas no interior do lago Chave, proporcionando que as concentrações de todos os elementos analisados não apresentem diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$) entre esses dois mananciais.

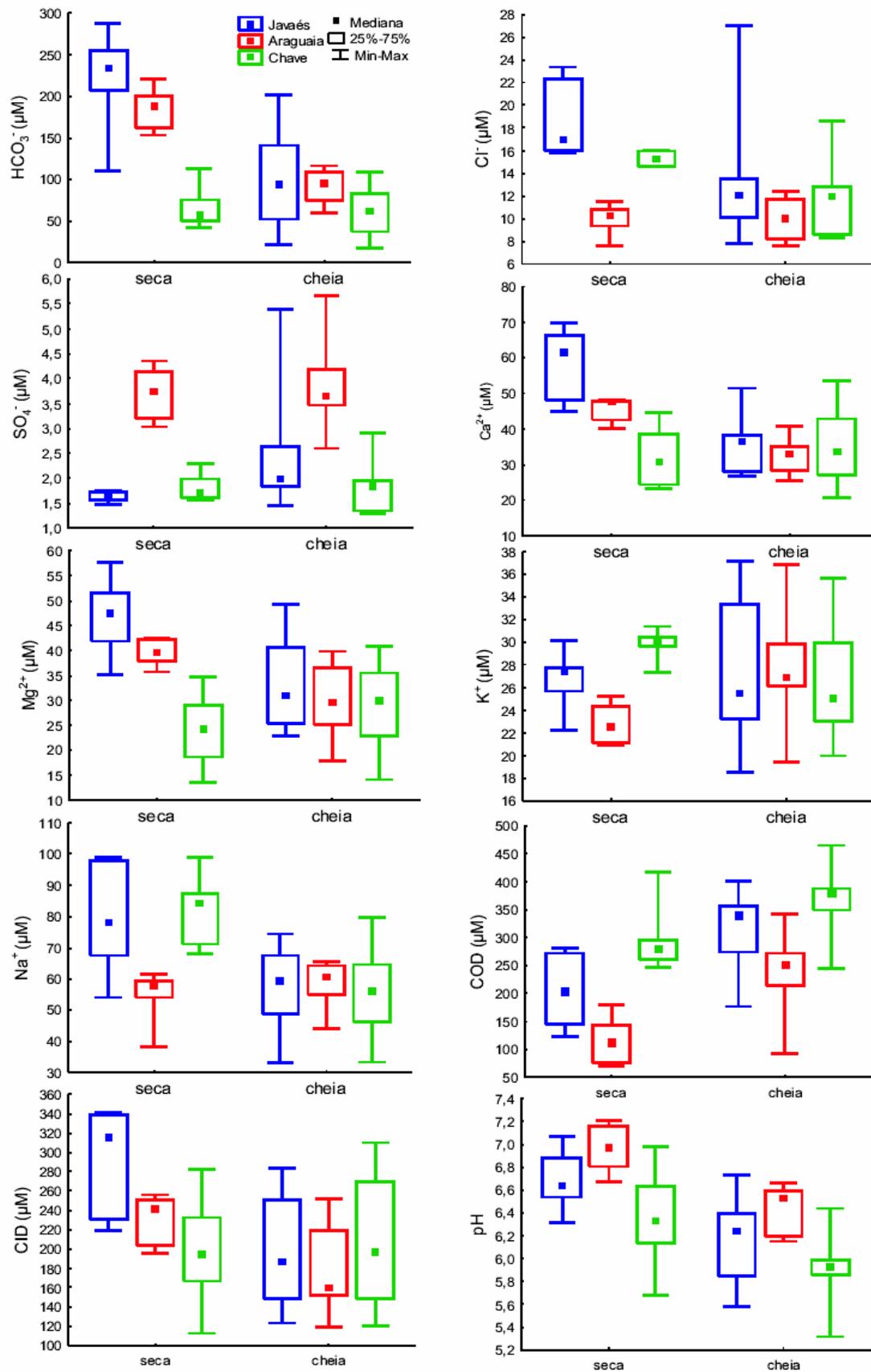


GRÁFICO 54 – VARIAÇÃO ESPACIAL DOS ÍONS MAIORES NOS RIOS JAVAÉS, ARAGUAIA E LAGO CHAVE.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo verificou-se que:

- Os padrões de comportamento observados indicam que os fatores responsáveis pelo controle das concentrações de íons maiores nos três mananciais estudados são predominantemente de origem natural, resultantes da interação das águas com as rochas e os solos de suas bacias de drenagem;
- Em relação aos modelos de variação sazonal dos cátions maiores, foram identificados padrões de comportamento similares ao modelo mais clássico (maiores concentrações durante a seca) para o cálcio, magnésio e sódio. Entretanto, o potássio apresentou maiores concentrações durante a cheia, comportando-se, portanto, de acordo com as tendências identificadas por MARKEWITZ (2001);
- Apesar de grande parte do substrato rochoso da bacia do Araguaia ser antigo e, portanto, altamente intemperizado, a presença de unidades geológicas mais recentes possuem papel fundamental na composição química das águas do rio Javaés e Araguaia. Fato esse evidenciado pela análise comparativa realizada entre a composição das águas do rio Javaés e do lago Chave;
- Em relação ao carbono orgânico dissolvido (COD), foi observado um padrão de comportamento que não permite afirmar que as atividades antrópicas desenvolvidas nas bacias dos rios Javaés e Araguaia tenham acarretado alterações em sua dinâmica natural;
- Apesar de, durante a seca, ocorrerem diferenciações entre as características das águas do rio Javaés e Araguaia, o fato da maioria dos elementos analisados apresentarem concentrações similares, entre esses dois ambientes, no período de cheias, indica que os projetos hidroagrícolas e as demais atividades antrópicas desenvolvidas na bacia de drenagem do rio Javaés atualmente não proporcionam alterações, que favoreçam a diferenciação entre a biogeoquímica das águas desses rios;

- Pelo fato do lago Chave se situar sobre uma formação geológica cujas rochas já foram intensamente intemperizadas, a composição química de suas águas é dependente dos aportes de íons proporcionados pela conexão sazonal com o rio Javaés. Além dos aspectos físicos, a maior atividade fotossintética do lago Chave pode ser um dos fatores responsáveis pela diferenciação das características de suas águas com as do rio Javaés, durante a seca.

- A ocorrência de um período de estiagem durante as cheias proporcionou a alteração do comportamento esperado para a variação sazonal de alguns íons (HCO_3^- , Ca^{2+} e Mg^{2+}). Com isso, pode-se afirmar que o desenvolvimento de intervenções antrópicas que proporcionem modificações no comportamento hidrológico da bacia do Araguaia (desmatamentos, barramentos e, implementação de hidrovias) poderão alterar a biogeoquímica dos mananciais que compõe essa bacia, causando desequilíbrios ecológicos para a região, uma vez que esses íons são fundamentais para a manutenção dos processos bióticos que subsidiam a biodiversidade local.

5. RECOMENDAÇÕES

Cabe ressaltar que o fato dos rios Javaés e Araguaia corresponderem a mananciais de ordens elevadas e possuírem em suas áreas de drenagem um percentual representativo de cobertura vegetal, pode não permitir que transpareçam sinais de alterações antrópicas na biogeoquímica desses rios.

Desse modo, para uma melhor compreensão dos atuais efeitos das alterações antrópicas nos mananciais da região, faz-se interessante avaliar a biogeoquímica dos corpos hídricos de micro-escalas da bacia do Araguaia, já que esses efeitos são mais perceptíveis nessa escala.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, A. A. et al. Composição, abundância e distribuição espaço-temporal da ictiofauna. In: VAZZOLER, A. E. A. M. et al. **A planície de inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: Eduem, 1997. cap. II, p. 179- 208.

AHITAR - Administração das Hidrovias do Tocantins–Araguaia. **EIA/RIMA HIDROVIA TOCANTINS – ARAGUAIA: GEOLOGIA/GEOMORFOLOGIA VOL. 02**. AHITAR, 2002.

ANA - Agência Nacional das Águas. **Regiões Hidrográficas do Brasil: Caracterização Geral e Aspectos Prioritários**. Brasília: ANA, 2002.

ANA - Agência Nacional das Águas. **Banco de dados**. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 1º jan. 20 07.

AUSTIN, W. N.; SHAFFER, R. M.; BURGER, J. A. Benefits and costs of forestry management practices in Virginia. **Southern Journal of Applied Forestry**, v. 20, n. 1, p. 23 – 29. 1996.

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, n. 2, p. 227-257. 2004.

BOLSON, M. A. **A biogeoquímica do rio Urupá, Rondônia**. 2006. 60 f. Dissertação (Mestrado em Química na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SC. 22. Tocantins: Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1981. 524p.

CARVALHO, P.; Bini, L.M.; THOMAZ, S.M.; OLIVEIRA, L.G.; ROBERTSON, B.; TAVECHIO, W.L.G.; A.J. Comparative limnology of South American floodplain lakes and lagoons. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 2, p. 265-273. 2001.

COGO, M. C.; LEITE, N. K. **O papel dos sedimentos em suspensão no metabolismo dos rios de micro e meso-escala no Estado de Rondônia**. 2005. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

DAS, B. K.; KAKKAR, R. K. Major ion chemistry and weathering processes of the Mansar Lake, sub-Himalaya, Jammu, India. **Jour. Pun. Academy Sciences**, v. 2, n. 1, p. 241-247. 2000.

DAWNSON, J. J. C.; BAKEWELL, C.; BILLET, M. F. Is in-stream processing an important control on spatial changes in carbon fluxes in headwater catchments? **The Science of the Total Environment**, v. 265, p.153-167. 2001.

DEVOL, A. H.; HEDGES, J. I. Organic matter and nutrients in the mainstem Amazon river. In: MCCLAIN, M.E.; VICTORIA, R.L. e RICHEY, J.E. (Ed.). **The biogeochemistry of the Amazon Basin**. New York: Oxford University Press, 2001.

DREVER, J. I. **The geochemistry of na**. New Jersey: Prentice-Hall, p. 436. 1997.

EIRA, M. T. S.; MEIRA, N. A. M. **Germinação e conservação de sementes de espécies lenhosas**. In: RIBEIRO, J. F. Cerrado: Matas de Galeria. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, p. 97-117. 1998.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília. 1999.

ERTEL, J. R.; HEDGES, J. I.; DEVOL, A. H.; RICHEY, J. E. Dissolved humic substances of the Amazon River system. **Limnol. Oceanogr**, v. 31(4), p. 139-154. 1986.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FARJALLA, V. F.; AZEVEDO, D. A.; ESTEVES, F. A.; BOZELLI, R. L.; ROLAND, F.; ENRICH-PRAST. A. Influence of Hydrological Pulse on Bacterial Growth and DOC Uptake in a Clear-Water Amazonian Lake. **Microbial Ecology**, v. 52, p. 334–344. 2006.

FEITOSA; F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrologia: conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID - UFPE, 1997.

FELFILI, J. M. Principais fisionomias do Espigão Mestre do São Francisco. In: **Biogeografia do Bioma Cerrado: Estudo fitofisionômico na Chapada do espigão Mestre do São Francisco**. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, departamento de Engenharia Florestal, p. 18-30. 2001.

FENZL, N. **Introdução a hidrogeoquímica**. Belém: UFPA, 1988.

FGV – Fundação Getúlio Vargas; MMA – Ministério do Meio Ambiente; ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Plano nacional de Recursos Hídricos – Bacia do Tocantins**. MMA, 1998. 1cd.

FINLAY, J. C. Controls of streamwater dissolved inorganic carbon dynamics in a forested watershed. **Biogeochemistry**, v. 62, p. 231–252. 2003.

FURCH, K.; JUNK, W.; DIETRICH, J.; KOCHERT, N. Seasonal variation in Major Cation content of the waters of lago Camaleão, an Amazonian Floodplain- Lake near, Manaus, Brazil. **Amazoniana**, v. 8, p.75-89. 1983.

GAILLARDET, J.; DUPRÉ, B.; ALLÉGRE, J.; NÉGREL, P. Chemical and physical denudation in the Amazon river basin. **Chemical Geology**, v.142, p. 141-173. 1997.

GALY, A.; FRANCE-LANORD, C. Weathering processes in the Ganges–Brahmaputra basin and the riverine alkalinity budget. **Chemical Geology**, v. 159, p. 31–60, 1999.

GIBBS, R.J. Mechanisms controlling world water chemistry. *Science*, Washington, v. 170, n. 3962, p. 1088-1090, 1970

HAUER, F.R.; LAMBERTI, G.A. (Ed.). **Methods in stream ecology**. New York: AcademicPress, 1996. 674 p.

HEDGES, J. I.; COWIE, G. L.; RICHEY, J. E.; QUAY, P. D.; BENNER, R.; STROM, M.; FORSBERG, B. R. Origins and processing of organic matter in the Amazon River as indicated by carbohydrates and amino acids. **Limnol. Oceanogr.**, v. 39, p. 743–761. 1994

HERTONO, H.; PRABHU, R.; WIDAYAT, A. S. E.; ASDAK, C. Factors affecting runoff and soil erosion: plot-level soil loss monitoring for assessing sustainability of forest management. **For. Ecol. Manage**, v. 180, p. 361–374. 2003.

HOPE, D.; BILLET, M. F.; CRESSER, M. S. A review of the export of carbon in river water: fluxes and processes. *Environ. Pollut.*, v. 84, p. 301-324.

HORBE, A. M.; GOMES, I. L.; MIRANDA, S. F.; SILVA, M. S. Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus - AM. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 2, p 119 – 124. 2005.

JARVIE, H. P.; NEAL, C.; LEACH, D. V.; RYLAND, G. P.; HOUSE, W. A.; ROBSON, A. J. Major ion concentrations and the inorganic carbon chemistry of the Humber rivers. **The Science of the Total Environment**, v. 194/195, p. 285-302. 1997.

JOHNSON, C. E.; DRISCOLL, C. T.; SICCAM, T. G.; LIKENS, G. E. Element fluxes and landscape position in a northern hardwood forest watershed ecosystem. **Ecosystems**, v. 3, p. 159–184. 2000

JUNK, W. J. BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river floodplain systems. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci*, v. 106, p.110-127. 1989.

KLINGE, R.; MARTINS, A. R.; MACKENSEN, J.; FÖLSTER, H. Element loss on rain forest conversion in East Amazonia: comparison of balances of stores and fluxes. **Biogeochemistry**, v. 69, p. 63–82. 2004.

KRUSCHE, A. V.; BALLESTER, M. V. R.; VICTORIA, R. L.; BERNARDES, M. C.; LEITE, N. K.; HANADA, L.; VICTORIA, D. C.; TOLEDO, A. M.; OMETTO, J. P.; MOREIRA, M. Z.; GOMES, B. M.; BOLSON, M. A.; GOUVEIA NETO, S.; BONELLI, N.; DEEGAN, L; NEILL, C; THOMAS, S.; AUFDENKAMPE, A. K.; RICHEY, J. E.

Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água da bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia. **Acta Amazônica**, v. 35, p.175 -181. 2005.

LEITE, N. K. **A biogeoquímica do rio Ji-Paraná, Rondônia**. 2004. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MARKEWITZ, D.; DAVIDSON, E. A.; FIGUEIREDO, R.; VICTORIA, R. L.; KRUSCHE, A. V. Control of cation concentrations in stream waters by surface soil processes in an Amazonian watershed. **Nature**, v. 410, p. 802–805. 2001.

MARKEWITZ, D.; DAVIDSON, E. A.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. *Ecol. Appl*, v.14, p. 177– 199, 2004.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas Ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.

MARTINS, I. C. M.; SOARES, V. P, SILVA, E.; BRITES, R. S. Diagnóstico ambiental no contexto da paisagem de fragmentos florestais naturais "ipucas" – no Município de Lagoa da Confusão, Tocantins. **Revista Árvore**, Viçosa: v. 26, n. 3, p. 299-309. 2002.

MARTINS, I. C. M. **Diagnóstico ambiental no contexto da paisagem de fragmentos florestais naturais "ipucas" no Município de Lagoa da Confusão**, Tocantins. Viçosa, MG: UFV, 1999. 97p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.

MARTINS, I. C. M. **Avaliação Qualitativa de Impactos Ambientais Decorrentes de Agricultura Irrigada em Regiões de Ipucas no Estado do Tocantins**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005.

McClain, M. E.; RICHEY, J. E.; BRANDES, J. A.; PIMENTEL, T. P. Dissolved organic matter and terrestrial-lotic linkages in the central Amazon basin of Brazil. **GLOBAL BIOGEOCHEMICAL CYCLES**, v. 11, n. 3, p. 295-311. 1997.

MCCLAIN, M. E. The Relevance of Biogeochemistry to Amazon Development and Conservation. In: MCCLAIN, M. E.; VICTORIA, R. L.; RICHEY, J.E. (Org.) **The Biogeochemistry of the Amazon Basin**. Oxford: CABI, 2001. p. 3-16.

MILESKI, E. **Aspecto de vegetação e do ecossistema da Ilha do Bananal. Mapa fitoecológico e indicadores da pressão antrópica**. Brasília: Secretaria de assuntos estratégicos, 1994.

MMA – Ministério do Meio Ambiente; ANA – Agência Nacional de Águas. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. MMA, 2003.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia**. MMA, 2006. 132p.

NEIFF, J. J. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. **Interciencia**, v. 15, n. 6, p. 424-441. 1990.

OLIVEIRA, P. E. Fenologia e reprodução de espécies. In: RIBEIRO, J. F. Cerrado: Matas de Galeria. Planaltina: **EMBRAPA** – CPAC, p. 87-97. 1998.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 2002.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma do cerrado: os biomas do Brasil. In: Cerrado: ambiente e flora. **EMBRAPA**, Planaltina, DF., p. 89-116, 1998.

RICHEY, J. E.; WILHELM, S. R.; MCCLAIN, M. E.; VICTORIA, R. L.; MELACK, J. M.; ARAUJO, L. C. Organic matter and nutrient dynamics in river corridors of the Amazon Basin and their response to anthropogenic change. **Ciência e Cultura**, v. 49, p. 98–110. 1997.

RICHEY, J. E. J. T.; BROCK, R. J.; NAIMAN, R. C.; WISSMAR, R. F.; STALLARD, R. F. Organic carbon: Oxidation and transport in the Amazon River. **Science**, v. 207, p. 1348-1351. 1980.

RICHEY, J. E.; HEDGES, J. I.; DEVOL, A. H.; QUAY, P. D.; VICTORIA, R.; MARTINELLI, L.; FORSBERG, B. R. Biogeochemistry of carbon in the Amazon River. **Limnol. Oceanogr**, v. 35(Z), p. 352-371. 1990.

RICHEY, J. E.; MELACK, J. M.; AUFDENKAMPE, A. K.; BALELSTER, V. M.; HESS, E. L. "Outgassing from Amazonian Floodwaters as a Large Tropical Source of Atmospheric Carbon Dioxide", **Nature**, v. 416, p. 617-620. 2002.

SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; SANTOS, J.O.S.; ABRAM M.B.; LEÃO N. R.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J. D. A. (Coordenadores). **Carta geológica do Brasil ao milionésimo, Sistemas de Informações Geográficas – SIG. Serviço Geológico do Brasil.** – CPRM, 2004.

SEPLAN. **Plano de Manejo Parque Estadual do Cantão**. Secretaria de Desenvolvimento e Meio Ambiente. Governo do Estado do Tocantins, 2004.

STALLARD, R. F.; EDMOND, J. M. Geochemistry of the Amazon. 2. The influence of geology and weathering environment on the dissolved-load. **Journal of Geophysical Research-Oceans and Atmospheres**, v. 88, n. 14, p. 9671-9688. 1983.

THOMAS, S. M.; NEILL, C.; DEEGAN, L. A.; KRUSCHE, A. V.; BALLESTER, V. M.; VICTORIA, R. L. Influences of land use and stream size on particulate and dissolved materials in a small Amazonian stream network. **Biogeochemistry**, v. 68, n. 2, p. 135-151. 2004.

THOMAZ, S. M.; TÔHA, F. L.; ROBERTO, M. C.; ESTEVES, F. A.; LIMA, A. F. Seasonal variation of some limnological factors of Lagoa do Guaraná, a Várzea lake

of the High Rio Paraná, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Rev. Hydrobiol. Trop.**, v. 25, n.4, p.269-276. 1992.

THURMAN, E. M. **Organic Geochemistry of natural waters**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1985.

VICTORIA, R. L. **O papel dos sistemas fluviais amazônicos no balanço regional e global de carbono: evasão de CO₂ e interações entre os ambientes terrestres e aquáticos**. São Paulo: USP, 2003.

VIDAL, L.; MENDONÇA, R. F.; MARINHO, M. M.; CESAR, D.; ROLAND, F. Caminhos do carbono em águas continentais. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. M. (Org.). **Lições de limnologia**. São Carlos: RIMA, 2005.

WAICHMAM, A. V.; SILVA, M. S. R.; PINTO, A. G. N.; SOUZA, M. L. **Influência Das Ações Antrópicas Nas Águas Da Amazônia**. Brasília: ANA, 2003.

WARING, R. H.; RUNNING, S. W. **Forest Ecosystems Analysis At Multiple Scales**. Academic Press Hartcourt Brace & Company. Academic Press, San Diego, CA, U.S.A., p. 223-262. 1998.

WESTERHOFFA, P.; ANNING, D. Concentrations and characteristics of organic carbon in surfacewater in Arizona: influence of urbanization. **Journal of Hydrology**, v. 236, p. 202–222. 2000.

YUSOP, Z.; DOUGLAS, I.; NIK, A. R. Export of dissolved and undissolved nutrients from forested catchments in Peninsular Malaysia. **Forest Ecology and Management**, v. 224, p. 26–44. 2006.

ZAIHUA, L.; JINBO, Z. Contribution of carbonate rock weathering to the atmospheric CO₂ sink. **Environmental Geology**, v. 39, n. 9, p. 1053-1058. 2000.

ZARAN, J. Carbon isotope fractionation between dissolved and gaseous carbon dioxide. **Chemical Geology**, v. 150, p. 331–337. 1998.

ZHANG, J.; HUANG, W. W.; LETOLLE, R.; JUSSERAND, C. Major element chemistry of the uanghe (Yellow River), China: weathering processes and chemical fluxes. **Journal of Hydrology**, v.168, p.173–203. 1995.