

## Características gerais da composição química de mananciais da planície do Araguaia

Carlos Danger Ferreira e Silva<sup>1</sup>, Liliana Pena Naval<sup>1</sup>, Laura de Simone Borma<sup>2</sup>, Alex Vladimir Krusche<sup>3</sup>  
 carlosdanger.slg@cmtengenharia.com.br; Liliana@uft.edu.br; liliananaval@hotmail.com; laura.borma@inpe.br

Recebido: 02/03/12 - revisado: 13/05/12 - aceito: 08/03/13

### RESUMO

O presente estudo procurou verificar as características gerais da composição química das águas dos mananciais da planície do Araguaia, tratando-se do balanço iônico e da classificação dos corpos hídricos em estudo, em categorias gerais. O estudo foi realizado na Planície do Araguaia (Tocantins). Em cada um dos mananciais em estudo foi locado um ponto de coleta, onde foram retiradas amostras para análise das concentrações de íons maiores ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), 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 na região estudada. 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 léticos da região.

**Palavras-chave:** planície do Araguaia; biogeoquímica; balanço iônico.

### 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).

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).

versão 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).

No caso da bacia Tocantins-Araguaia, a maior parte dela 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.

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 inun-

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins

<sup>2</sup> INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)

<sup>3</sup> Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP)

Em relação aos mananciais de menores dimensões (micro-escala), estudos indicam que a con-

dação, são considerados berçários de várias espécies de peixes, sendo, portanto, relevantes ao equilíbrio das cadeias tróficas locais (AGOSTINHO *et al.*, 1997). Portanto, este estudo objetivou avaliar as características gerais da composição química das águas dos mananciais, com a finalidade de verificar se as atividades antrópicas desenvolvidas na área de influência proporcionam alterações na referida composição química.

## METODOLOGIA

A bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia localiza-se quase que integralmente entre os paralelos 2° e 18° e os meridianos de longitude oeste 46° e 56°. Sua configuração alongada no sentido longitudinal, seguindo as diretrizes dos dois importantes eixos fluviais – o Tocantins e o Araguaia – que se unem no extremo setentrional da Bacia, formando o baixo Tocantins, que desemboca no Rio Pará, pertencente ao estuário do rio Amazonas. A bacia do rio Tocantins possui uma vazão média anual de 10.900 m<sup>3</sup>/s, volume médio anual de 344 Km<sup>3</sup> e uma área de drenagem de 767.000 Km<sup>2</sup>, que representa 7,5% do território nacional; onde 83% da área da bacia distribuem-se no Estado de Tocantins.

A região apresenta domínio das Florestas Ombrófilas caracteriza-se pelo alto potencial madeireiro. O desmatamento provocado pela exploração agropecuária e outras ações antrópicas, demonstravam interferência relativamente moderada até aproximadamente o início da década de 1970, ganhando maior intensidade com o desenvolvimento de projetos, sem desconsiderar a criação do Estado de Tocantins, que representou um forte estímulo político-econômico neste processo (MMA, 2006).

A exemplo do projeto rio Javaés, implantado na região da planície do Araguaia com o objetivo de permitir o cultivo de duas safras/ano, por meio da construção de barramentos.

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 infraestrutura da área conta com 3 barragens com capacidade para 150 milhões de m<sup>3</sup> de água que cobrem um total de 10.360 ha (SEPLAN, 2004).

Para o desenvolvimento do presente estudo foram realizadas 15 campanhas de campo, entre abril de 2005 e julho de 2006, obedecendo uma frequência mensal. A Figura 1 apresenta os pontos

de coleta adotados, localizados nas coordenadas geográficas -9°58'13" e -49°59'37", de latitude e longitude, respectivamente.

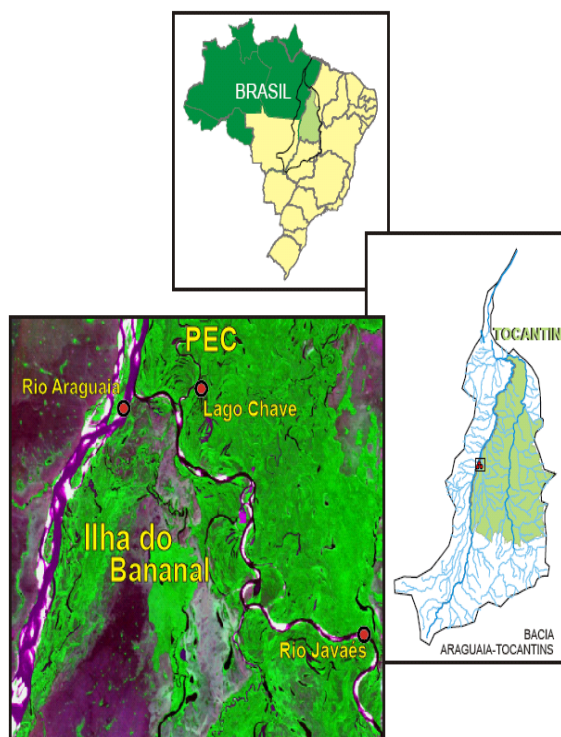


Figura 1 – Localização dos pontos de amostragem nos rios Javaés, Araguaia e no lago Chave.

## Procedimentos Analíticos

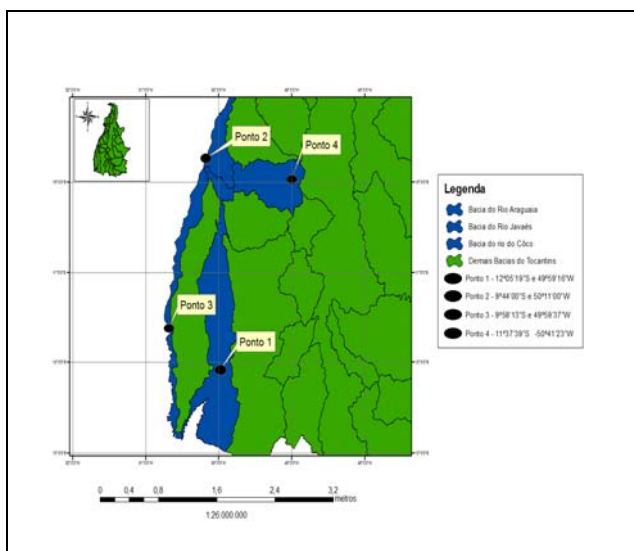
As concentrações de carbono orgânico e inorgânico dissolvidos foram determinadas por meio da utilização de um analisador de carbono orgânico total da marca Shimadzu, modelo TOC-V CPH. A especiação do Carbono Inorgânico Dissolvido, para a obtenção das concentrações de CO<sub>2</sub> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 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 detec-

ção 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. Os limites de detecção dos íons analisados foram (em  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ):  $\text{Ca}^{2+}$  (0,2),  $\text{Na}^+$  (1,0),  $\text{K}^+$  (1,4),  $\text{Mg}^{2+}$  (1,0),  $\text{Cl}^-$  (1,7), e  $\text{SO}_4^{2-}$  (0,2). O controle de qualidade da quantificação dos resultados foi feito com o uso da amostra certificada Tróis-94 (National Water Research Institute, Canadá).

### Determinação do comportamento Hidrológico

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 Figura 2 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.



**Figura 2 - Localização das estações fluviométricas e pluviométricas utilizadas nesse estudo (ANA, 2007)**

Além das informações fornecidas pela ANA, utilizaram-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.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Comportamento hidrológico dos rios Javaés, Araguaia e Lago Chave.

Na Figura 3 se apresentam as cotas dos rios Javaés (a) e Araguaia (b), respectivamente, para o período de abril de 2005 a julho de 2006, juntamente com médias históricas (valores médios diários) de cada uma das estações fluviométricas. 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 2006, quando a elevação do nível d'água, nesses dois rios, ocorre de maneira mais rápida do que o comportamento médio.

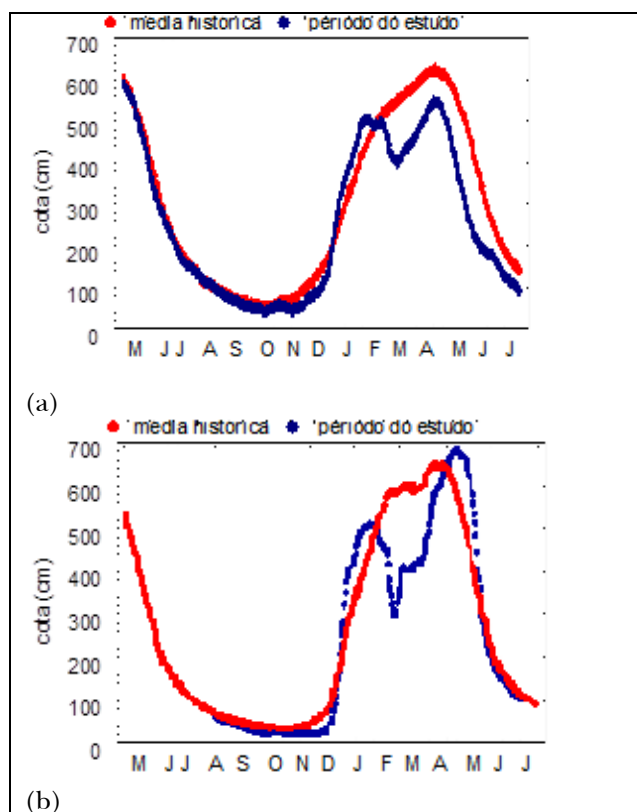
Quanto ao lago Chave, por se desejar identificar os períodos em que o mesmo encontra-se isolado e conectado com o rio Javaés, optou-se por realizar uma análise conjunta entre a variação de suas cotas e a variação das cotas de um dos braços do rio Javaés que corresponde a um dos principais canais de conexão desse rio com o lago Chave).

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. 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. 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 propor-

ciona a diminuição das vazões, encerrando-se quando o fluxo de base volta a predominar.



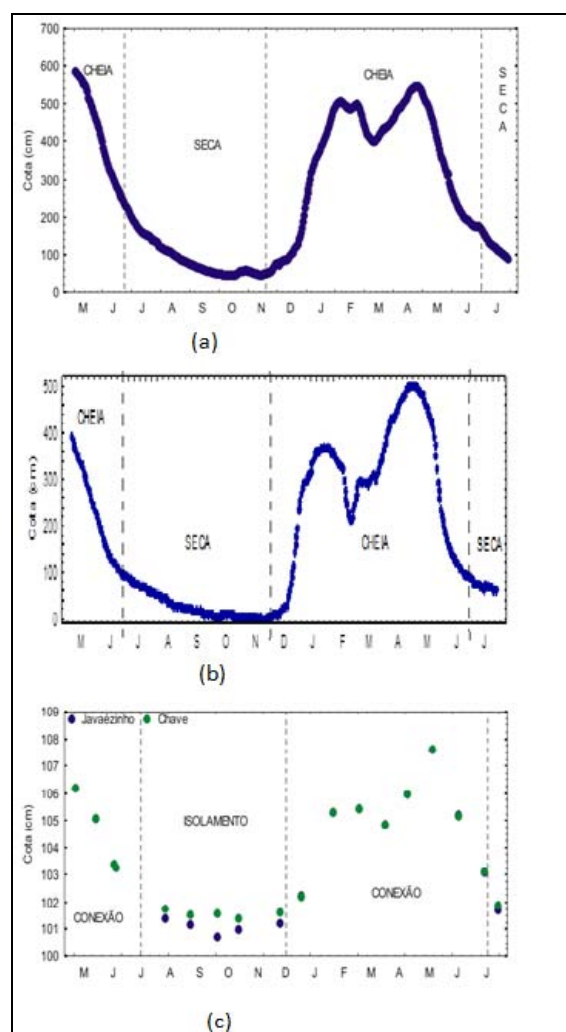
**Figura 3– Cotagramas do rio Javaes (a) e do rio Araguaia (b) para o período estudado. Fonte: ANA (2007)**

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. 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 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.



**Figura 4– Duração dos períodos de seca e cheia no rio Javaés (a) e Araguaia (b), e dos períodos de conexão e isolamento no lago Chave (c), para o período de abril de 2005 à julho de 2006. Fonte: ANA (2007)**

**Conexão (cheia):** Ocorre durante os meses de novembro a junho, quando as cotas dos dois mananciais coincidem. Cabe observar que, durante a fase inicial, essa conexão possivelmente não ocasiona influência significativa, ou até mesmo perceptí-

vel, nas características da água do lago Chave, uma vez que o aporte de águas do rio Javaés nesse período é pouco representativo. Na Figura 4, é apresentada a duração dos períodos de seca e cheia no rio Javaés e Araguaia e ainda dos períodos de conexão e isolamento no lago Chave, para o período de abril de 2005 à julho de 2006. Fonte: ANA (2007)

### 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, (1988) 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  $TZ^-$  (Figura 5).

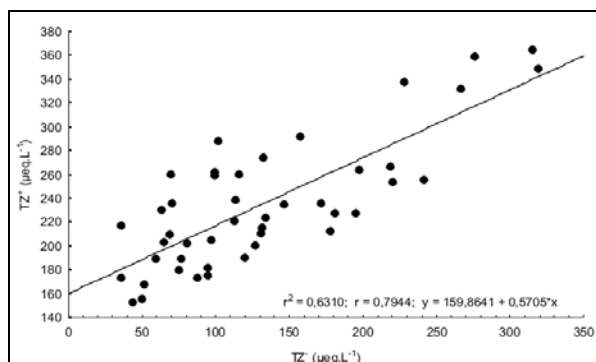


Figura 5 – Dispersão De  $Tz^+$  Vs  $Tz^-$

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 os mananciais apresentam concentrações que se destacam, de carbono orgânico dissolvido em suas águas. Portanto, tem-se que o desbalanço iônico identificado deve-se, em parte, a presença ânions orgânicos que não foram quantificados e neste estudo desconsiderados no balanço.

### Classificação das águas dos rios Javaés e Araguaia e Lago Chave: Categorias gerais

Adotando a somatória dos íons maiores de carga positiva ( $TZ^+$ ) Stallard e Edmond (1983), desenvolveram um índice que permite classificar os corpos hídricos de acordo com o material de origem que os mesmos drenam, 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  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ .

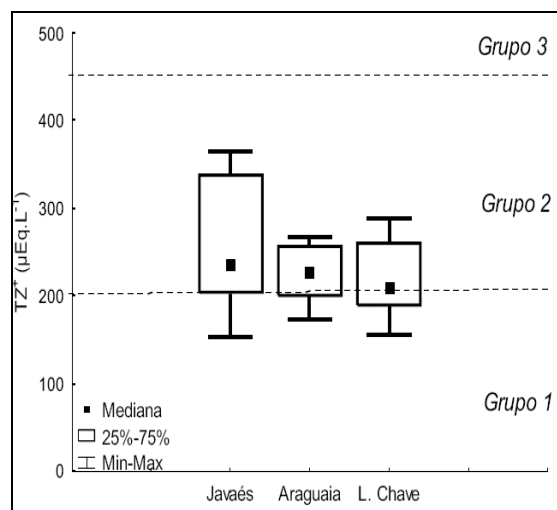


Figura 6 - Somatório de cargas positivas ( $TZ^+$ ) nas águas dos rios Javaés e Araguaia e no Lago Chave, ilustrando a classificação de acordo com STALLARD e EDMOND (1983).

De acordo com essa classificação, observa-se que os rios Araguaia e Javaés apresentam valores de

TZ<sup>+</sup> correspondentes à Categoria 2 (Figura 6). Cabe ressaltar que para esses dois mananciais foram observados alguns valores de TZ<sup>+</sup> 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, verificando-se uma redução das concentrações de alguns dos cátions maiores.

O lago Chave apresentou valores que se encontram distribuídos 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<sup>+</sup> 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.

### Diagramas Ternários

Uma vez realizada a classificação das águas dos rios Javaés e Araguaia e Lago Chave em categorias gerais realizou-se uma avaliação das características gerais da composição química das águas dos mananciais em estudo, empregando-se diagramas ternários (Figura 7 e 8), 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, 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 para compreender os mecanismos de misturas de fontes de águas de origens distintas em mananciais da região amazônica.

Por meio da Figura 7 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 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 Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup>, fato que confere à água desses mananciais, em determinados períodos do ano, características sódicas.

No rio Araguaia esse deslocamento ocorre na 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 Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> é mais expressivo, ocorrendo durante a época seca e início do período chuvoso, não podendo, portanto, ser atribuído exclusivamente a eventos pluviométricos.

Destaca-se que o rio Javaés não tem contato com o lago Chave durante a seca, 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<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>, durante períodos secos, é um indicativo de que o intemperismo é uma fonte relevante de íons para o manancial.

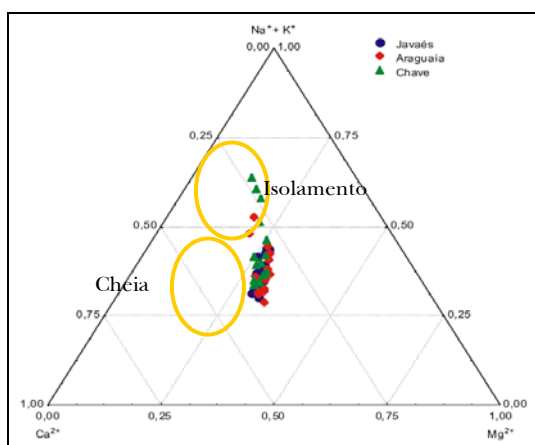
Em relação aos ânions, o bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) apresentou-se de maneira predominante nas águas dos três mananciais estudados (Figura 8).

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.

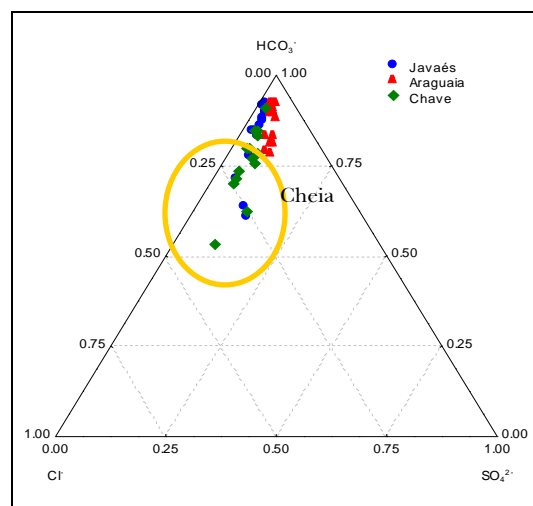


Comportamento semelhante a esse foi observado em alguns mananciais da região amazônica (estado de Rondônia). Biggs *et al.* (2004), considerando as peculiaridades do seu ambiente de estudo, associa a elevação das concentrações de cloreto ao desenvolvimento de atividades antrópicas na área de influência 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 a diferença observada nas concentrações de cloreto deve-se a possíveis diferenças nas origens e/ou substratos geológicos com os quais tais águas interagem.



**Figura 7 - Diagrama ternário elaborado a partir das concentrações relativas dos cátions maiores.**

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).



**Figura 8 - Diagrama ternário elaborado a partir das concentrações relativas dos ânions maiores**

### 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 morfológicas. 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:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  (Figura 8).

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 bacia apresentar uma unidade geológica que possui rochas calcárias em sua composição (Formação Couto Magalhães). Acredita-se que essa formação geológica contribui

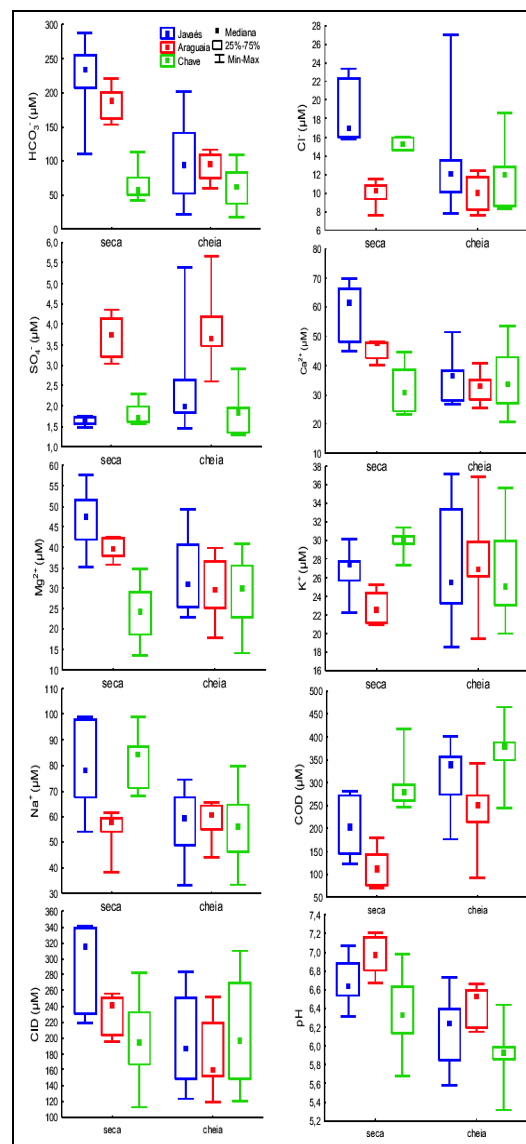
para essa diferenciação, pois a mesma ocupa um percentual representativo da área de influência do rio Javaés, e que o rio Araguaia, após a formação do rio Javaés, não apresenta nenhuma unidade geológica com características cársticas em sua área de drenagem.

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 pela maior vazão desse sistema, quando comparado ao rio Javaés e Lago Chave.

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.

Quanto ao  $\text{HCO}_3^-$ , o  $\text{Mg}^{2+}$  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 (Figura 8).



**Figura 9 – Variação espacial dos íons maiores nos rios Javaés, Araguaia e Lago Chave**

Durante o período de cheia, o COD, CID, pH e a maior parte dos íons maiores ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) apresentaram concentrações estatisticamente similares ( $p > 0,05$ ). Somente para o sulfato foram identificadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), sendo que, conforme já mencionado (Figura 9), as maiores concentrações ocorreram no rio Araguaia.

A ocorrência de concentrações similares para a maioria dos íons permite afirmar que os efeitos proporcionados pelo 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 (rio Javaés e lago Chave) 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.

## CONCLUSÕES

- ao se realizar o balanço iônico com as concentrações de  $TZ^+$  e  $TZ^-$ , verificou-se que 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  $TZ^-$ ;

- observa-se que os rios Araguaia e Javaés apresentam valores de  $TZ^+$  correspondentes à Categoria 2. Esse comportamento está de acordo com o que foi constatado na caracterização da área desse estudo, que por sua vez identificou que as formações geológicas presentes na bacia do Araguaia possuem teores significativos de silicatos.
- o lago Chave apresentou uma faixa de valores que se encontra distribuída entre o Grupo 1 e 2., em razão da influência recebida do rio Javaés, portanto foi classificado como um manancial do Grupo 1.
- mesmo grande parte do substrato rochoso da bacia do Araguaia sendo antigo, a presença de unidades geológicas mais recentes possuem papel fundamental na composição química das águas do rio Javaés e Araguaia e a composição química do lago Chave é dependente dos aportes de íons proporcionados pela conexão sazonal com o rio Javaés;
- quanto à variação espacial observada entre o rio Javaés e o lago Chave, estas não apresentaram diferenças entre esses dois ambientes. A exceção dos íons  $HCO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  e também o CID que, nos rios em estudo, a variação temporal ocorre de acordo com o modelo mais clássico, apresentando diferenças entre as concentrações;
- o estudo indica que as modalidades de uso e ocupação desenvolvidas na área de influência do rio Javaés atualmente não proporcionam alterações na região estudada. 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 lânticos da região.

## REFERÊNCIAS

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.

ANA - Agência Nacional das Águas. Banco de dados. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 1º jan. 2007.

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.

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.

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

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

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

KRUSCHE, A. V.; BALLESTER, M. V. R.; VICTORIA, R. L.; BERNARDES, M. C.; LEITE, N. K.; HANADA, L.; VICTORIA, D. C.; TOLEDO, A. M.; OMET-

TO, 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.

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

RICHEY, J. E.; WILHELM, S. R.; MCCLAIN, M. E.; VICTORIA, R. L.; MELACK, J. M.; ARAUJO, L. C. Organicmatter 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.

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.

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

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

## **General Characteristics Of The Chemical Composition Of Water Sources Of The Araguaia Plain**

### **ABSTRACT**

*This study aimed to investigate the general characteristics of the chemical composition of waters of the Araguaia floodplain, in this case ionic balance and classification of water bodies under study into general categories. The study was conducted on the Araguaia Plain (Tocantins). In each of the sources under study a collection point was placed where samples were taken for analysis of concentrations of major ions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), dissolved organic carbon (COD) and dissolved inorganic carbon (CID). The interpretation of the data obtained showed that the values of the concentrations of most elements analyzed were statistically similar between the Javaés and Araguaia rivers during the rainy season. However, during the dry period, when there is no influence of bioleaching processes, the concentrations were statistically different. This behavior indicates that the terms of use and occupation developed in the area of influence of the river Javaés currently do not show changes in the studied region. It was also found that the biogeochemistry of lake Chave is significantly influenced by its connection with the seasonal river Javaés, which indicates that the occurrence of changes in the waters of this river may disturb the lentic environments of the region.*

**Key-words:** Araguaia floodplain, biogeochemistry, ionic balance.