

ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DA BACIA TOCANTINS-ARAGUAIA COMO SUBSÍDIO PARA UM ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

Milton Antonio da Silva Matta^{1 1}

Resumo - O principal objetivo desse trabalho é o de determinar um diagnóstico atual da inter-relação entre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos da bacia dos rios Araguaia e Tocantins, oferecendo aos órgãos competentes ferramentas para o gerenciamento dos recursos hídricos na região e subsídios para análises de impactos ambientais decorrentes da implantação da hidrovía Tocantins-Araguaia.

Os sistemas aquíferos existentes no âmbito da área incluem aquíferos sedimentares paleomesozóicos, representados pelas rochas das bacias do Paraná, em Goiás e Mato Grosso e, rochas da bacia do Parnaíba no estado do Tocantins, além de aquíferos fissurados.

O aquífero paleo-mesozóico mais expressivo é o Botucatu, mostrando extensão regional. Quando confinado pelos derrames basálticos apresenta artesianismo. A sua vazão específica é de 5 m³ /h e nas partes aflorantes 150 m³ /h, jorrante.

A qualidade das águas dos Rios Araguaia, Tocantins e Rio das Mortes, não permite seu consumo humano sem prévio tratamento, envolvendo decantação, filtração e cloração.

Para os recursos hídricos em geral, não se acredita que os impactos advindos da implementação da hidrovía não possam ser absorvidos pelo meio físico que, por si só, dispõe de elementos naturais de defesa que, desde que sejam providenciadas medidas de mitigação desses impactos, podem facilitar essa absorção.

Palavras-chave – hidrovía, Tocantins-Araguaia, aquíferos

¹ Departamento de Geologia /Centro de Geociências/UFPa – Caixa Postal 1611 – Belém-Pá – CEP 66. 017-970 FONE: (0xx91) 211-1425 Faz: (0xx91) 211-1609-E-<mailto:matta@ufpa.br>

1- INTRODUÇÃO

No biênio 1997-98 foi realizado o Estudo de Impactos Ambientais (EIA) e o Relatório de Impactos Ambientais (RIMA) relativos à implantação da Hidrovia Araguaia-Tocantins, segundo convênio entre a Fundação de Amparo à Pesquisa (FADESP) e a Administração das Hidrovias do Tocantins/Araguaia (AHITAR). O presente trabalho pretende mostrar parte dos resultados daquele estudo, mas precisamente a porção que examina os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, no sentido de caracterizar suas interações dentro das bacias hidrográficas em questão, dando ênfase à análise de qualidade das águas e seu papel nos impactos daquele empreendimento.

O principal objetivo desse trabalho é o de determinar um diagnóstico atual das bacias dos rios Araguaia e Tocantins, oferecendo aos órgãos competentes informações necessárias que possibilitem ações de gerenciamento dos recursos hídricos na região, oferecendo, também, subsídios para as análises de impacto ambiental decorrentes da implantação da hidrovia Tocantins-Araguaia.

2- CARACTERÍSTICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA

2.1- LOCALIZAÇÃO E FISIOGRAFIA

A área da bacia hidrográfica dos rios Araguaia e Tocantins está localizada entre os paralelos $4^{\circ} 2' 18''$ Sul e entre os meridianos 46° e 55° Oeste e ocupa uma área de cerca de $760\,000\text{km}^2$, o que equivale a aproximadamente 9% do território nacional.

Seus limites geográficos são: Planalto Central (ao Sul), Serra dos Carajás (a Oeste), Serra Geral de Goiás (a Leste) e o estuário do rio Amazonas (ao Norte).

São três os mananciais superficiais mais importantes da bacia: rio Tocantins, rio Araguaia e rio das Mortes.

2.2- BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TOCANTINS

O rio Tocantins percorre uma extensão aproximadamente Norte-Sul de cerca de 1 700 km, sendo formado a partir dos rios das Almas e Maranhão, cujas nascentes estão localizadas no Planalto de Goiás, no Distrito Federal.

Convencionalmente, tem sido identificados três trechos distintos:

- *Alto Tocantins* – compreende o trecho entre as nascentes e a cachoeira do Lajeado, perfazendo uma extensão de 1 060 km e apresentando um desnível de cerca de 925 m;
- *Médio Tocantins* – compreende o trecho entre a cachoeira do Lajeado até a cachoeira de Itaboca, na área da barragem de Tucuruí, com uma extensão de cerca de 980 km e um desnível de 150m;
- *Baixo Tocantins* – compreende o trecho entre a cachoeira de Itaboca até a foz, com uma extensão de 360 km e pequeno desnível, de cerca de 25.

Os principais afluentes do rio Tocantins são: rio Bagagem, Tocantinzinho, Paranã, Manoel Alves da Natividade, Manoel Alves Grande e rio do Sono (pela margem direita) e o rio Araguaia (pela margem esquerda).

O rio Tocantins apresenta uma rede de drenagem com razoável densidade, com afluentes de grande porte.

2.3- BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARAGUAIA

O rio Araguaia nasce na Serra dos Caiapós, na altura do paralelo 18°, na divisa de Goiás com o Mato Grosso, direcionando-se no sentido S – N, correndo quase que paralelamente ao rio Tocantins, confluindo com este depois de formar a extensa ilha do Bananal. Depois toma a direção SSO-NNE, até as imediações do travessão Três Pontas, a montante de Conceição do Araguaia, retornando depois a direção submeridiana.

O Araguaia, depois de percorrer cerca de 720 km divide-se em dois braços, formando a ilha do Bananal, numa extensão de cerca de 370 km, desemboca na margem esquerda do rio Tocantins, drenando uma área de cerca de 365 000 km², após um percurso de 2 120 km.

Os principais tributários do rio Araguaia são o rio das Mortes, pela margem esquerda e o rio Javaés, conhecido como Braço Menor do Rio Araguaia, pela margem direita.

Três trechos distintos podem ser reconhecidos para o rio Araguaia:

- *Alto Araguaia* – corresponde ao trecho que situa-se das nascentes até a cidade de Registro do Araguaia, numa extensão de cerca de 450 km e desnível de 570m. Esse trecho é caracterizado pelo maior gradiente médio

de todo Araguaia (1,2 m/km) e a menor profundidade (0,30 m), o que o torna desfavorável à navegação;

- *Médio Araguaia* – corresponde ao trecho que vai de Registro do Araguaia até a cidade de Santa Isabel do Araguaia, com uma extensão de 1 505 km e desnível de 185 m. Esse trecho corresponde a uma vasta planície sedimentar, com reduzida declividade do terreno, inundável nos períodos de enchentes;
- *Baixo Araguaia* – corresponde ao trecho entre Santa Isabel do Araguaia até a foz, cobrindo uma extensão de 160 km e desnível de 11 m.

2.4- BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS MORTES

O rio das Mortes nasce no município de Cuiabá (MS), na serra São Lourenço. Se constitui no principal afluente do rio Araguaia pela margem esquerda, no qual se lança com uma bacia hidrográfica de cerca de 55 500 km². Tem um percurso de cerca de 890 km e o seu principal afluente é o rio São João, pela margem esquerda.

3- ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

3.1 - ASPECTOS GERAIS

A área das bacias hidrográficas dos rios Araguaia e Tocantins compreende, geologicamente, três entidades que se comportam completamente diferente quanto aos recursos hídricos subterrâneos: O Craton Amazônico, a Faixa Araguaia e a Bacia do Parnaíba. Hidrogeologicamente, porém, deve-se considerar uma outra unidade geológica - a Bacia do Paraná que fornece importantes aquíferos para a porção sul da área sob estudo.

Cada uma dessas quatro entidades geotectônicas apresenta suas peculiaridades estratigráficas, litológicas e estruturais que as particularizam quanto ao potencial hidrogeológico, tipos de aquíferos, zonas de recargas, etc.

Pessoa et al., 1980 in FADESP (1998) apresentaram as principais Províncias Hidrogeológicas do Brasil, em escala 1:2 500 000. Essas províncias mostram uma congruência bastante significativa com as Províncias Geológicas. Destacam-se, particularmente significativas para o presente estudo, duas entre as três grandes bacias paleozóicas brasileiras (Parnaíba e Paraná) e a Província do Escudo Central, representada principalmente pelo Craton Amazônico.

As reservas de águas subterrâneas associadas à essas áreas estão intimamente relacionados aos tipos de aquíferos presentes em cada uma delas. Na distribuição dos principais tipos de aquíferos do Brasil, se caracteriza as bacias do Paraná e do Parnaíba como regiões de aquíferos livres e, principalmente, confinados, compostos por rochas sedimentares e o Craton Amazônico que se caracteriza por aquíferos de rochas cristalinas com manto de intemperismo.

Rebouças (1988) apresentou os potenciais de águas subterrâneas no Brasil em termos de capacidade específica, isto é, a vazão (m^3/h) que é possível extrair de um poço por metro de rebaixamento de nível da água dentro do mesmo. Neste esquema, a Bacia do Maranhão (700.000 km^2) está relacionada à uma capacidade específica que varia de 5 a 10 (m^3/h)/m, enquanto a Bacia do Paraná se encontra na faixa superior a 10 (m^3/h)/m. Por sua vez, a região do Craton Amazônico está associado à uma capacidade específica que varia entre 1 e 5 (m^3/h)/m, o que a caracteriza como um potencial bem menor, principalmente em função da ausência de extensos pacotes de sedimentos e/ou rochas sedimentares, como é o caso das duas outras áreas.

As reservas de água subterrânea na região sob estudo estão associadas a volumes da ordem de 50.400 km^3 (Bacia do Paraná), 17.500 km^3 (Bacia do Maranhão) e de cerca de 10.000 km^3 para a região cratônica com manto de intemperismo (Rebouças, 1988).

3.2- TIPOS DE AQUÍFEROS

Como já mencionado anteriormente, na região das bacias hidrográficas dos rios Araguaia e Tocantins distinguem-se dois sistemas aquíferos principais: o sedimentar e o cristalino.

Aquífero sedimentar: é o constituído pelas rochas sedimentares paleozóicas das bacias do Paraná e do Parnaíba/Maranhão. A principal característica desse aquífero é a apresentação de porosidade primária dos corpos sedimentares relacionada às dimensões dos espaços vazios intergranulares.

Aquífero fissural: é o aquífero comumente designado por “cristalino” e caracterizado pela inexistência ou presença muito reduzida de espaços intergranulares na rocha. Na área sob estudo este tipo de aquífero está distribuído na região do Craton Amazônico, no setor centro-oeste da área. Neste meio a água se encontra em espaços representados por fraturas ou fissuras, juntas ou falhas, zonas de decomposição, etc.

Os aquíferos do tipo fissural não mostram configurações geométricas plenamente definidas, o que os caracteriza como meios descontínuos. Na área de influência indireta da hidrovía em apreço, esses aquíferos são caracterizados por sistema de fraturas localizados, alimentados por infiltração direta dos mantos de intemperismo ou conectados às águas superficiais (riachos, lagos, etc.).

3.3- CARACTERIZAÇÃO DOS AQUÍFEROS

Entre os sistemas aquíferos sedimentares presentes na área da bacia dos rios Araguaia e Tocantins, destacam-se os aquíferos cenozóicos, representados pelas formações Bananal e Cachoeirinha. São unidades pouco expressivas, provavelmente devido a presença de sedimentos argilosos. Os poços abertos atingem profundidade da ordem de 100 m, com vazões entre 2 e 10 m³/h.

Os sistemas aquíferos sedimentares paleomesozóicos, são representados pelas rochas das bacias sedimentares do Paraná, em Goiás e Mato Grosso e, rochas sedimentares da bacia do Parnaíba no estado do Tocantins.

O aquífero paleo-mesozóico que mostra a maior importância em relação ao seu potencial de água subterrânea, principalmente em Goiás, é o aquífero Botucatu. Ele aflora nas porções mais altas da bacia hidrográfica do Araguaia, mostrando extensão regional, sendo contínuo, livre e confinado. Quando confinado pelos derrames basálticos apresenta artesianismo. A sua vazão específica é de 5 m³/h e nas partes aflorantes 150 m³/h, jorrante.

Os aquíferos fissurados são representados pelos derrames basálticos da bacia do Paraná, em Goiás, e pelas rochas metasedimentares e do embasamento que ocorrem em Goiás, Tocantins e Pará. As zonas favoráveis à exploração estão associadas a fraturas e lineamentos estruturais. Os poços que tem sido perfurados tem atingido de 80 a 120 m, com vazões entre 4 e 25 m³/h.

O manto de intemperismo funciona, em todos esses aquíferos, como um filtro para deter ou atenuar eventuais contaminações das águas subterrâneas, cuja circulação é muito lenta em relação às águas superficiais, o que facilita a autodepuração.

4- QUALIDADE DAS ÁGUAS

Durante os trabalhos relativos à execução do EIA-RIMA sobre a implantação da hidrovía Tocantins-Araguaia, foi realizada uma campanha de análise de qualidade das águas superficiais da área de influência direta do empreendimento.

A coleta das amostras de água foi realizada sob responsabilidade técnica de Sáudio Peixoto (CRF - 5 nr. 973) o mesmo técnico que assina as análises físico-químicas e bacteriológicas . A coleta ocorreu no período que varia do final do mês de agosto ao início do mês de outubro/1997, o que corresponde à época de maior estiagem da região.

A amostragem foi pontual, preferencialmente no canal dos maiores cursos d'água (rios Tocantins, Araguaia, das Mortes e Vermelho), obedecendo critérios preestabelecidos.

Foram coletadas 35 amostras, sendo 10 no rio Tocantins, 06 no rio das Mortes, 18 no rio Araguaia e 01 no rio Vermelho (Fig 01). Em cada ponto foram coletadas 2 amostras sendo que as amostras precedidas com a terminação A foram coletadas a montante dos núcleos urbanos e as precedidas com a terminação B, a jusante. A amostra coletada no rio Vermelho não apresenta estas terminologias (A - B) após a numeração, por tratar-se de apenas uma coleta, realizada a ± 1 km a montante da confluência do rio Vermelho com o Araguaia.

Os pontos de amostragem são localizados, além da descrição de peculiaridades do local, também por coordenadas geográficas obtidas por GPS e citadas no respectivo boletim de análises. Os resultados obtidos obedecem as técnicas estabelecidas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da AWWA.

4.1- TRATAMENTO DOS DADOS

As análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas encontram-se individualizadas na série de Boletins de Análises, sendo que as amostras relacionadas às análises físico-químicas para o Rio Tocantins encontram-se na Tabela 1, enquanto as do Rio das Mortes e Rio Araguaia foram reunidas nas Tabelas 3 e 5, respectivamente. As amostras relacionadas às análises bacteriológicas para o Rio Tocantins encontram-se na Tabela 2, enquanto as do Rio das Mortes e Rio Araguaia foram agrupadas nas Tabelas 4 e 6, respectivamente.

TABELA 1 - RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO - QUÍMICAS - RIO TOCANTINS

PARÂMETROS	Número dos boletins das análises Físico-Química da água in natura do Rio Tocantins									
	nr -122	nr - 123	nr - 124	nr - 125	Nr - 126	nr - 127	nr - 132	nr - 133	nr - 134	nr - 135
Aspecto	límpido	Límpido	Límpido	límpido	Lig.turvo	lig.turvo	lig.turvo	lig.turvo	lig.turvo	lig.turvo
Depósito	presente	Presente	Presente	presente	Presente	presente	presente	presente	presente	Presente
Odor	ñ objet.	ñ objet.	ñ objet.	ñ objet.	ñ objet.	ñ objet.	ñ objet.	ñ objet.	ñ objet.	ñ objet.
Turbidez UNT	2	2	3	2	2	4	4	2	3	2
Cor Aparente mg Pt/l	28	33	4	27	41	29	40	48	26	18
PH	7,4	7,16	7,05	7,05	7,08	7,15	7,51	7,6	7,7	7,69
Alca. Total mg/l CaCO3	10	14	11	8	7	7	12	14	14	15
Ferro Total mg/l Fe	0,15	0,12	0,22	0,1	0,33	0,18	0,26	0,06	0,12	0,14
Dureza mg/l CaCO3	12	19	19	17	10	15	28	37	25	26
Cloretos mg/l Cl	0,8	13	10	9	11	13	14	11	9	14
Matéria Org. mg/l O2	1,5	1,7	1,5	1,5	1,8	1,8	1,4	1,2	0,9	1
Gás Carbôn. Mg/l CO2	0,5	2,5	2,4	1,8	1,8	1,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Sílica mg/l Si	5,25	12,44	9,23	1,1	7,79	8,26	8,65	8,48	9,51	8,44
Nitrog. Amon. mg/l N	ausente	Ausente	Ausente	ausente	Ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	Ausente
Condut. Elétrica s/cm	40,2	39,9	37	37,7	38,5	38,8	68,6	68,8	70,7	70,9
Sólidos Tot. Dis. mg/l	20,1	18,7	18,5	18,8	19,2	19,4	34,9	34,4	35,4	35,4
Sólidos em Susp. mg/l	1	5	1	4	10	9	7	9	7	6
Sólidos Sedim. mg/l	0,1	0,01	0,01	0,01	0,3	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05
Óleos e Graxas mg/l	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Oxigênio Diss. mg/l O2	7,5	7,4	7,5	7,6	7,9	7,9	7,4	7,5	7,8	7,2
DBO 200C/5 d. mg/l O2	0,6	0,5	1,1	0,6	1,1	0,8	1,1	0,9	0,9	0,6
DQO mg/l O2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitritos mg/l N	0,004	0,002	0,005	0,001	0,002	0,002	0,005	0,002	0,001	0,001
Nitratos mg/l N	0,1	0,1	0,1	0,02	0,01	0,03	0,1	0,03	0,03	0,03
Fósforo Total mg/l P	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
Cádmio mg/l Cd	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chumbo mg/l Pb	<0,03	<0,03	<0,04	<0,03	<0,03	<0,04	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Cromo Hexav. Mg/l Cr	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Manganês mg/l Mn	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Mercúrio mg/l Hg	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Níquel mg/l Ni	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

TABELA 2 - RESULTADOS DAS ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS - RIO TOCANTINS

PARÂMETROS/AMOSTRAS	Número dos boletins das análises bacteriológicas da água in natura do Rio Tocantins										V.M.P. - Conama 020
	nr 122	nr 123	nr 124	Nr 125	nr 126	nr 127	nr 132	nr 133	nr 134	nr 135	
Contagem Bacteriana em Placa (Colônia/ml)	7960	9560	600	864	500	7200	700	654	368	732	
Índice de Coliforme Total (NMP/100ml)	2600	5000	1700	1700	2300	1300	1600	1300	1700	1100	5.000,00
Índice de Coliforme Fecal (NMP/100ml)	140	2000	340	800	700	200	800	500	400	330	1.000,00

TABELA 3 – RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO - QUÍMICAS - RIO DAS MORTES

PARÂMETROS	Bol. Anál. Físico-Química da água I.N. Rio das Mortes					
	nr – 098	nr – 099	nr - 100	nr - 106	nr - 109	nr - 110
Aspecto	Límpido	Límpido	límpido	lig.turvo	lig.turvo	lig.turvo
Depósito	Presente	Presente	presente	presente	presente	presente
Odor	ñ objet.	ñ objet.	ñ objet.	ñ objet.	ñ objet.	ñ objet.
Turbidez UNT	2,52	3,03	2,93	9,7	3	3
Cor Aparente mg Pt/l	23	35	21	46	51	40
PH	6,76	6,73	6,41	6,6	5,98	6
Alca. Total mg/l CaCO3	1	3	3	35	8	8
Ferro Total mg/l Fe	0,28	0,18	0,12	0,49	0,16	0,22
Dureza Total mg/l CaCO3	21	15	45	14	10	9
Cloretos mg/l Cl	11	13	14	14	18	16
Matéria Orgânica mg/l O2	1,1	1,2	1,4	1,8	1,4	1,5
Gás Carbônico mg/l CO2	101	0,5	2,8	19	23	18
Sílica mg/l Si	3,22	3,43	2,4	13,91	11,25	11,04
Nitrogênio Amon. mg/l N	Ausente	Ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Condut. Elétrica s/cm	8,6	8,9	7,4	36,7	11	11
Sólidos Tot. Dissolv. mg/l	9	4,4	3,7	18,4	0,54	5,5
Sólidos em Suspensão mg/l	6	2	3	18	0	0
Sólidos Sedimentáveis mg/l	0,05	0,1	0,05	0,1	0,1	0,05
Óleos e Graxas mg/l	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Oxigênio Dissol. mg/l O2	8,9	7,2	7,9	7,9	8,5	8,4
DBO 200C / 5 dias mg/l O2	0,1	0,8	0,1	1,1	1	0,5
DQO mg/l O2	34	30	37	1	15	11
Nitritos mg/l N	0,003	0,001	0,004	0,002	0,008	0,009
Nitratos mg/l N	0,7	0,7	0,7	0,1	0,02	0,3
Fósforo Total mg/l P	0,02	0,01	0	0,01	0,01	0,02
Cádmio mg/l Cd	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chumbo mg/l Pb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cromo Hexav. mg/l Cr	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Manganês mg/l Mn	<0,02	<0,02	<0,02	<0,048	<0,02	<0,02
Mercúrio em Sed. mg/l Hg	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Níquel mg/l Ni	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

TABELA 4 – RESULTADOS DAS ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS – RIO DAS MORTES

PARÂMETROS/AMOSTRAS	Bol. Anál. Bacteriológicas da Água I.N. Rio das Mortes						V.M.P. - Conama 020
	nr - 098	nr - 099	nr - 100	nr - 106	nr - 109	nr - 110	
Contagem Bacteriana em Placa (Colônia/ml)	2230	2360	3800	4640	2740	2450	
Índice de Coliforme Total (NMP/100 ml)	5600	5000	4200	1300	4000	13800	5.000,00
Índice de Coliforme Fecal (NMP/100 ml)	2300	1700	3200	220	210	260	1.000,00

TABELA 5 – RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO – QUÍMICAS - RIO ARAGUAIA

PARÂMETROS	Números dos Boletins de Análise Físico-Química das Amostras de Água In Natura do Rio Araguaia														
	Nr 101	nr 102	nr 103	nr 104	nr 105	nr 107	nr 108	nr 111	nr 112	nr 113	nr 114	nr 128	nr 136	nr 137	nr 138
Aspecto	lig.tur.	lig.tur.	turvo	turvo	Lig.tur.	lig.tur.	lig.tur.	lig.tur.	turvo	turvo	turvo	lig.tur.	turvo	turvo	turvo
Depósito	Pres.	Pres.	Pres.	Pres.	Pres.	Pres.	Pres.	Pres.	Pres.	Pres.	Pres.	Pres.	Pres.	Pres.	Pres.
Odor	Ñ objet.	ñ objet.	ñ obj.	ñ obj.	Ñ obj.	ñ obj.	ñ obj.	ñ obj.	ñ obj.	ñ obj.	ñ obj.	ñ obj.	ñ obj.	ñ obj.	ñ obj.
Turbidez UNT	6,66	6,46	16,2	16,6	8,39	9,4	13	11	30	12	13	4	9	8	18
Cor Aparente mg Pt/l	60	57	86	109	59	44	63	107	216	142	112	35	94	85	162
PH	6,89	6,4	7,09	7,33	7,28	6,46	6,48	6,65	6,76	6,73	6,73	7,06	7,68	7,46	7,45
Alca. Total mg/l CaCO3	4	5	5	5	5	16	15	17	28	18	19	8	8	10	14
Ferro Total mg/l Fe	0,54	0,48	0,68	1,07	0,67	0,42	0,47	0,57	0,81	0,42	0,82	0,14	0,35	0,36	0,86
Dureza Tot. mg/l CaCO3	33	49	44	52	52	15	16	18	24	19	24	13	17	15	22
Cloretos mg/l Cl	16	15	15	17	14	8	16	15	17	18	15	14	14	14	15
Matéria Org. mg/l O2	0,8	1,7	1,9	1,2	1,6	1,8	1,9	2,6	2,1	2,7	2,7	2,3	2,7	2,1	2,9
Gás Carbôn. mg/l CO2	0	4,7	0	0	0	15	13	10	12	9	9	1,8	0,5	0,5	1,1
Sílica mg/l Si	2,82	2,68	3,7	3,38	3,35	12,73	14,65	13,87	17,72	14,9	14,33	7,37	11,39	9,97	11,67
Nitrogênio Amon. mg/l N	Ause n.	Ause n.	Ause n.	Ause n.	Ause n.	Ause n.	Ause n.	Ause n.	Ause n.	Ause n.	Ause n.	Ause n.	Ause n.	Ause n.	Ause n.
Condut. Elétrica s/cm	18,1	21,6	21,4	27,3	26,3	33,8	32,7	33,8	60,6	34,9	37,1	35,1	30,7	30,5	44,4
Sólidos Tot. Dis. mg/l	9	10,7	10,6	13,6	13,1	16,8	16,3	16,9	30,3	17,4	18,5	17,5	15,3	15,2	22,2
Sólidos em Susp. mg/l	9	10	25	15	11	15	28	15	25	18	27	8	17	16	30
Sólidos Sediment. Mg/l	0,05	0,1	0,05	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,05	0,1	0,05	0,2
Óleos e Graxas mg/l	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Oxigênio Dissol. mg/l O2	7,9	7,7	8,8	9	7,7	6,9	6,2	7,2	7	7,7	7,7	7,5	7,5	7,6	7,6
DBO 200C/5 d. mg/l O2	0,4	0,2	0,8	0,9	0,7	0,9	1	0,6	0,8	0,8	0,8	1,3	1,3	0,8	0,8
DQO mg/l O2	27	31	43	44	41	4	15	8	8	8	7	1	0	3	5
Nitritos mg/l N	0,004	0,001	0	0,003	0,002	0,001	0,004	0,007	0,009	0,008	0,002	0,001	0,001	0,002	0,003
Nitratos mg/l N	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,1	0,02	0,2	0,1
Fósforo Total mg/l P	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cádmio mg/l Cd	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,01
Chumbo mg/l Pb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,03	<0,03	<0,05
Cromo Hexav. mg/l Cr	<0,05	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Manganês mg/l Mn	<0,02	<0,02	<0,02	0,13	0,35	0,048	0,058	0,06	0,04	0,06	0,06	0,032	0,046	0,05	0,068
Mercúrio Sed. mg/l Hg	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01	<0,01	NS	NS	NS	NS	NS
Níquel mg/l Ni	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

**TABELA 6 – RESULTADOS DAS ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS -
RIO ARAGUAIA**

PARÂMETROS\ AMOSTRAS	Números dos Boletins de Análises Bacteriológicas das Amostras de Água In Natura do Rio Araguaia															V.M.P. - Conama - 020
	101	102	103	104	105	107	108	111	112	113	114	128	136	137	138	
Contagem Bacteriana em Placa	3500	4200	4500	2320	2650	4250	3920	4810	52300	61400	62300	901	565	750	746	
Índice de Coliforme Total	1300	5000	3000	5000	1100	3600	2200	2400	5000	5700	3800	2800	2800	1400	1100	5.000,00
Índice de Coliforme Fecal	270	220	390	1700	500	1700	140	2200	2100	2400	2200	1100	400	700	330	1.000,00

4.2- INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

4.2.1- Análises Físico-Químicas

Sobre os dados de análises físico-químicas as seguintes considerações podem ser feitas:

- As águas do Rio Tocantins apresentam alcalinidade variando de 7 a 15 mg/l de CaCO₃ enquanto as do Rio Araguaia variam de 4 a 19 mg/l de CaCO₃, não apresentando grande variação de alcalinidade entre elas. As águas do Rio das Mortes, por sua vez, apresenta alcalinidade muito baixa, em torno de 5 mg/l de CaCO₃, o que caracteriza que o seu curso percorre ambiente geológico totalmente diferente dos anteriores. Os resultados anômalos nas amostras nr- 106 e nr- 112 deve-se a interferência de outros rios (rio das Mortes com o Araguaia e rio Araguaia com o rio Vermelho respectivamente).
- A condutividade elétrica é maior no Rio Tocantins variando de 37 µs/cm aumentando para jusante até 70,9 µs/cm. Já o Rio das Mortes apresentou menor condutividade elétrica devido a baixa quantidade de íons transportados, consequência do tipo de rocha com o qual manteve contato. As únicas exceções são as amostras nr- 106 e nr- 112 citadas anteriormente.
- A condutividade elétrica varia de 10 a 70, caracterizando, portanto uma grande gama de valores. Por sua vez os cloretos se concentram em uma faixa reduzida (8 a 18 mg/l), com exceção de uma amostra (nr- 122), que mostrou valor abaixo de 1 mg/l. Essa amostra, localizada à 2 km à jusante da cidade de Imperatriz mostrou, também, valores anômalos para os coliformes fecais (Tabela 2). Esse fato parece estar claramente relacionado às atividades antrópicas locais.

- As águas do Rio das Mortes apresentaram valores de pH um pouco mais ácido que as do Rio Tocantins. Já as águas do Rio Araguaia apresentam variação de valores levemente básicos a levemente ácidos. Os valores de pH neutros são os predominantes para as águas da região, enquanto valores de condutividade elétrica na faixa de 30 a 40 $\mu\text{S/cm}$ parecem predominar.
- Os valores de condutividade elétrica e de TDS são altamente dependentes um do outro nos três Rios, sendo mais acentuado nos Rios Araguaia e Tocantins que transportam um maior número de sedimentos. Isso mostra, com clareza, a tendência
- esperada de acúmulo de sedimentos “rio abaixo”, e sua relação com os íons dissolvidos.
- O Rio Araguaia apresenta os maiores valores de turbidez e cor aparente, precedido pelo Rio Tocantins. Isso é consequência do desmatamento e ocupação antrópica de suas margens (Tabela 05, boletins de análise físico-química nr-111, nr-112, nr-113, nr-114 e nr-162,). As cidades de Aruanã, Luiz Alves e Barra do Garças são as que apresentaram valores acima do padrão de cor aparente.

4.2.2- Análises Bacteriológicas

Os resultados das análises bacteriológicas com as contagens bacterianas em placas, permitem tecer as seguintes considerações:

- As contagens bacterianas representam um indício de contaminação das águas das bacias hidrográficas em linhas gerais. Para uma análise mais apurada seria necessária a identificação dos tipos de bactéria presentes nas colônias. De uma maneira geral, para as águas do Rio Tocantins (Tabela 2) o número de colônias encontra-se abaixo de 1000/ml, com exceção das amostras nr-123 e nr-127. Essas amostras estão localizadas à 1 km à montante da cidade de Imperatriz e à 1 km à jusante da cidade de Carolina. Isso pode, portanto ser interpretado como resultado de sérias influências antrópicas relacionadas à essas duas localidades.
- Para as águas do Rio das Mortes e Rio Araguaia, a contagem de colônias por ml das amostras ficou abaixo de 5000, com exceção das amostras nr-112, nr-113 e nr-114 (Rio Araguaia). Essas amostras localizam-se à 1km à montante da confluência do Rio Araguaia com o Rio Vermelho (nr-112 e nr-

113) e à 1,5 km à jusante da Cidade de Aruanã (nr-114). Mais uma vez as ações antrópicas parecem refletir em aumento considerável na contaminação bacteriológica dessas águas .

- As análises de coliformes totais e fecais para o Rio Tocantins (Tabela 2) mostram duas curvas com acentuado paralelismo. Esse fato não se verifica para as águas do Rio das Mortes (Tabela 4) e Rio Araguaia (Tabela 6).
- As águas do Rio Tocantins apresentam valores de coliformes totais dentro do limite de Valores Máximos Permitidos (V.M.P. - CONAMA- 020). Os coliformes fecais, por sua vez, em apenas uma das amostras (nr-123), coletada no Rio Tocantins a 1 km a montante da cidade de Imperatriz, apresentou valor anômalo, indicando contaminação, com o dobro do V. M.P., mais uma vez refletindo interferências antrópicas, resultado de dejetos de fossas e águas servidas no rio (Tabela 2).
- Nas águas do Rio das Mortes, das seis amostras coletadas apenas duas não apresentaram valores de coliformes acima do V.M.P. (Tabela 4). Essa contaminação alta, deve-se provavelmente a existência de várias fazendas com currais próximos a margem dos rios, situação bem típica dessa área segundo observações de campo, além de pequenas concentrações urbanas nessa localidades.
- As águas do Rio Araguaia (Tabela 6) apresentam, em linhas gerais, valores de coliformes totais abaixo do V.M.P. , a exceção é a amostra nr-113, com valor levemente superior(5700). Com relação aos coliformes fecais a contaminação apresenta-se bem maior, com sete amostras acima do V.M.P. Isso parece ser reflexo de ações antrópicas relacionadas à pequenas comunidades daquela região. A amostra nr-113, na confluência do Rio vermelho com o Rio Araguaia, mais uma vez é a que mais mostrou contaminação por coliformes totais e fecais.

5- IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DA HIDROVIA SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

5.1- ÁGUAS SUPERFICIAIS

Depois do tratamento das análises físico-químicas e bacteriológicas apresentado nos itens anteriores, fica claro que a qualidade das águas dos Rios Araguaia, Tocantins e Rio das Mortes, atualmente, antes da implantação da hidrovia Tocantins-Araguaia, não permite a sua captação para consumo humano

sem prévio tratamento, em função dos valores mostrados para alguns dos principais parâmetros físicos além das diversas contaminações bacterianas e por coliformes totais e fecais. O tratamento prévio em questão está relacionado à decantação, filtração e cloração.

Para irrigação e/ou uso agro-industrial a qualidade dessas águas superficiais não apresenta qualquer problema de utilização.

Para laser as águas exigem um certo cuidado, principalmente à jusante das diversas concentrações urbanas, já que os esgotos são jogados no rio sem tratamento prévio.

O desmatamento indiscriminado ao longo das margens dos rios, a implantação de fazendas e/ou currais em toda a área, além da existência de diversas plantações e pequenos vilarejos estão contribuindo para o assoreamento e contaminação das águas das bacias dos rios Araguaia e Tocantins, conforme observado na campanha de campo.

Para a análise mais profunda do aumento dessas interferências relativo à implantação da hidrovia Tocantins-Araguaia, necessário se faz que essas ações sejam monitoradas, dentro de um ciclo hidrológico completo.

Algumas generalidades, porém, podem ser estabelecidas:

- As diferenças fisiográficas entre as duas bacias hidrográficas envolvidas devem ser levadas em consideração, no sentido de que as diferenças nos processos naturais de ambas devem possibilitar diferentes reações frente as ações tecnológicas, obras de engenharia, modificação no uso e ocupação do meio físico, acidentes de trânsito, etc.;
- É esperada uma expansão na produção de grãos, intensificando a monocultura, promovendo a retirada da cobertura vegetal, com modificações e concentração dos fluxos de águas superficiais, aumentando o grau de erodibilidade dos solos pela rede de drenagem tributária;
- O incremento de novas atividades nas bacias hidrográficas irá proporcionar a possibilidade direta de elevação de contaminação das águas superficiais dos tributários e, por conseqüência, aquelas dos rios navegáveis Tocantins, Araguaia e das Mortes;
- Um aumento na carga de contaminantes deverá ter maior expressão na bacia do rio Araguaia, em virtude do maior número de garimpos e de exploração das extensas várzeas para projetos de irrigação. As principais

contaminações deverão estar relacionadas ao mercúrio, fertilizantes e agrotóxicos, que podem atingir os cursos d'água através de inundações, chuvas intensas, lixiviação, e até pelo contato direto, por descuidos operacionais.

5.2 – ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Na análise da vulnerabilidade das águas subterrâneas frente à implantação da hidrovía em apreço, é fundamental que se contextualize o problema para as condições da área sob estudo quanto aos aspectos hidrogeológicos. Além disso os fatores exógenos devem também ser levados em consideração, principalmente o relevo, o clima e a hidrografia.

Como a área é caracterizada por aquíferos porosos e aquíferos fissurais deve-se analisar essas influências sobre cada um dos dois conjuntos. No caso dos aquíferos porosos representados pelos sedimentos e rochas sedimentares das bacias do Paraná e do Parnaíba/Maranhão, a grande maioria são confinados. Isso elimina a influência dos elementos exógenos sobre as recargas desses reservatórios.

Para os aquíferos livres faltam estudos dos fluxos subterrâneos para que se possa determinar regiões de recargas e descargas e fazer análise de potenciais de contaminação. O aspecto climático, porém favorece a existência de drenagem efluentes na maior parte do ano. Isso deve ter como consequência uma necessidade de monitoramento das condições climáticas e de hidrologia superficial durante um ciclo hidrológico completo para embasar conclusões mais definitivas.

Porém sabe-se que rios influentes são capazes de transmitir às águas subterrâneas todas as contaminações que por ventura suas águas estejam expostas.

No caso dos aquíferos cristalinos com manto de alteração, característicos da região sobre o Craton Amazônico, na porção centro-oeste da área de estudo, a situação é bastante diferente.

Em termos hidrogeológicos esses aquíferos apresentam características de aquíferos granulares, na porção relacionada ao manto de intemperismo, como de aquíferos fissural, na porção das fraturas. O manto de intemperismo, muitas vezes não funciona como aquífero e sim como um condutor das águas superficiais e pluviais na constituição do aquífero fissural.

Nesse caso, as contaminações das águas superficiais associadas à implantação da hidrovia Tocantins-Araguaia serão transmitidas à essa porção das águas subterrâneas.

6- CONCLUSÕES

Os estudos realizados sobre as áreas de influência, direta e indireta, da implantação da hidrovia Tocantins/Araguaia, permitem o estabelecimento de uma série de conclusões e recomendações sobre essas influências sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos:

- O estudo em apreço foi realizado de forma intensiva, durante um período curto - três meses - não havendo possibilidade de se investigar a área em sua totalidade no campo e, muito menos, de se analisar as influências das obras que estão previstas e suas reações ao meio ambiente ao longo de um ciclo geológico completo;
- Para os recursos hídricos não se acredita que os impactos advindos da implementação da hidrovia não possam ser absorvidos pelo meio físico que, por si só, dispõe de elementos de defesa naturais e, desde que sejam providenciadas medidas de mitigação desses impactos, podem facilitar essa absorção;
- As medidas mitigadoras dos impactos só poderão ser determinadas quando se conhecer bem o meio ambiente em questão. Nesse sentido, são necessárias campanhas de monitoramento integradas, com equipe de pesquisa multidisciplinar, que necessariamente contemple aspectos hidroquímicos e sedimentológicos;
- Muito importante será, também, o monitoramento durante um ciclo geológico completo das interferências que estão previstas, relacionadas às obras e melhoramentos que tornarão os rios completamente navegáveis. As influências dessas intervenções sobre os aspectos hidráulicos e morfológicos, e as suas interfaces com o restante do meio físico também deverá contemplar um ciclo hidrológico completo;
- Esse monitoramento constituirá uma base bastante sólida para que se compreenda a dinâmica e as interações entre os ecossistemas considerados, identificando o papel das alterações antrópicas nesse processo, levando em consideração as influências antrópicas hoje existente sobre os recursos

hídricos em particular e sobre o meio ambiente em geral, antes da implantação da hidrovia;

- Como as fontes potenciais de poluição ficam, no caso da hidrovia em apreço, localizadas na superfície, o estudo e monitoramento da zona não saturada cresce de importância, como medida preventiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FADESP, 1998 – Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) relativo à implantação da Hidrovia Tocantins-Araguaia FADESP/AHITAR, Goiânia, Vol. III, 320p.

REBOUÇAS, A. C. 1988 – Ground water in Brazil, Episodes, vol, 11, N^o 3, p 209-214.