

# ANÁLISE GEOAMBIENTAL PRELIMINAR DA HIDROVIA DO RIO MADEIRA, AMAZÔNIA, BRASIL

Rommel da Silva Sousa<sup>1</sup>

Lígia Maria Nascimento de Araujo<sup>2</sup>

1- CPRM- Serviço Geológico do Brasil, Av. Lauro Sodré, 2561, CEP 78904-510, Porto Velho- RO, fax (069) 229-5547, e-mail cprmrepo@enter-net.com.br

2 –CPRM- Serviço Geológico do Brasil, Av Pasteur, 404- Urca, CEP 22.292- 040- Rio de Janeiro- RJ, fax (021) 295- 9183, e-mail lígiamna@cprm.gov.br

## 1- INTRODUÇÃO

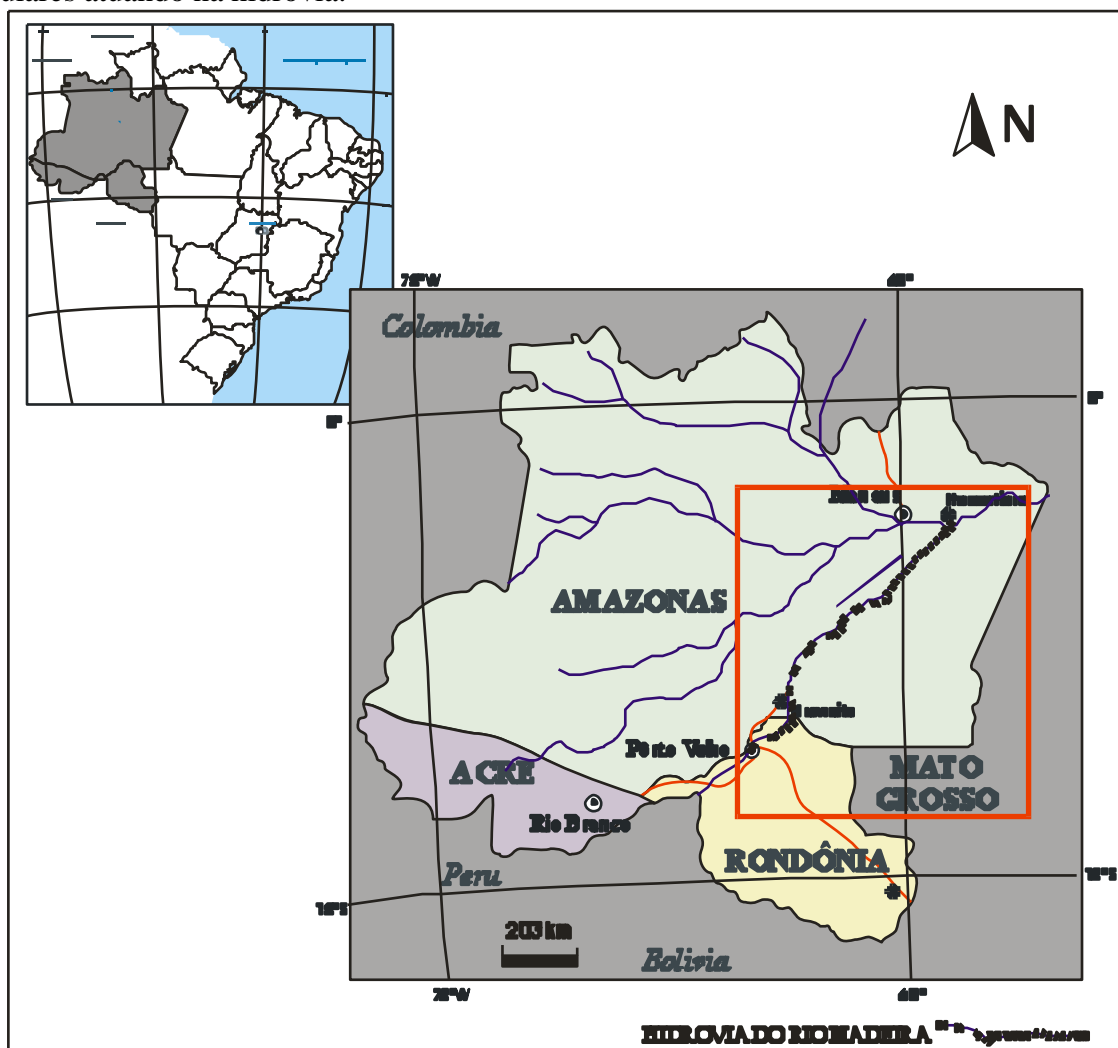
A Bacia do rio Madeira cobre uma superfície de  $1,37 \times 10^6$  km<sup>2</sup>, correspondendo a 23% da totalidade da Bacia Amazônica. Suas principais sub-bacias são as dos rios Beni, Madre de Dios e Mamoré, provenientes da Cordilheira Oriental do Perú e Bolívia e a sub-bacia do Guaporé (Guyot, 1993). Portanto, trata-se de uma bacia transfronteiriça, distribuída pelos territórios da Bolívia, Brasil e Peru, com áreas de 51%, 42% e 7%, respectivamente.

A hidrovia do Madeira, toda em território brasileiro, corta os estados do Amazonas e Rondônia, com uma extensão de 1090km, compreendendo o trecho desde a foz desse rio até a cidade de Porto Velho, no Estado de Rondônia. Ao longo dessa distância apresenta um desnível de 19m, com declividade média de 1,7cm/km e largura média em torno de 1km, atingindo 2km em alguns trechos, **Figura 1**.

Neste trabalho pretende-se alertar as autoridades brasileiras, bolivianas, peruanas e, principalmente, as dos estados de Rondônia, Mato Grosso, Acre e Amazonas, que têm nesta hidrovia um importante fator de competitividade de seus produtos para outros mercados, pelo menor custo desta modalidade de transporte em relação às demais, para a necessidade, urgente, da implementação de uma eficiente política de seu gerenciamento ambiental, de modo a garantir a sua viabilidade econômica no futuro.

Implantada pelo Programa Brasil em Ação, essa hidrovia tem apresentado um crescente movimento de cargas nesses últimos anos, que inclui o transporte de cereais, “containers”, carretas e combustíveis, por meio de balsas empurradas por rebocadores, assim como mantém o transporte misto e histórico de cargas e passageiros, nos chamados barcos recreio. Na **Tabela 1** apresentam-se dados de movimentação de cargas, fornecidos pela Sociedade de Portos e Hidrovias do Estado de

Rondônia-SOPH, representando apenas parte do movimento total, haja vista haver outras empresas particulares atuando na hidrovia.



**Figura 1** – Localização da Hidrovia do Rio Madeira.

**Tabela 1** – Porto Organizado de Porto Velho – movimentação de carga (t/ano)

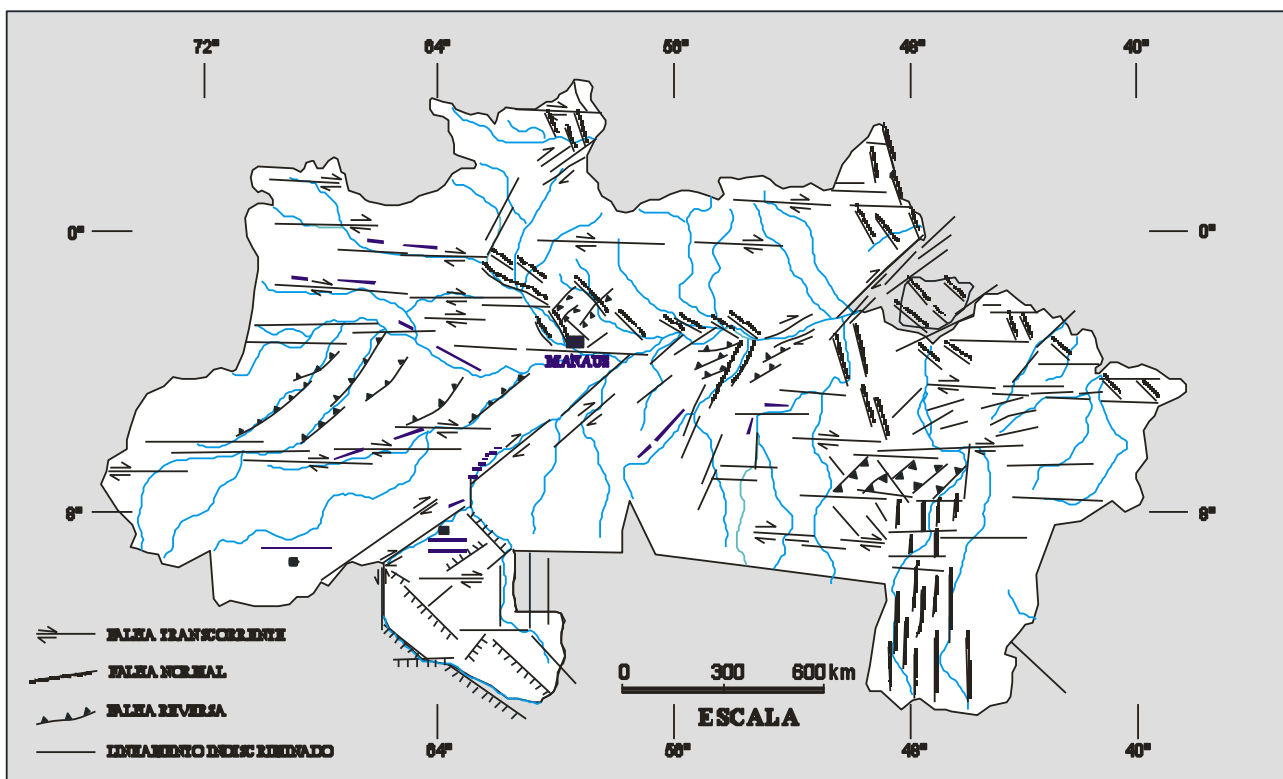
ANO	IMPORTAÇÃO	EXPORTAÇÃO	TOTAL
1993	88.037	441.849	529.886
1994	275.551	529.189	804.740
1995	399.091	633.382	1.032.473
1996	269.720	503.343	773.063
1997	288.728	918.989	1.207.717
1998	308.300	1.134.661	1.442.961
1999	243.214	1.112.823	1.356.037
2000	215.662	1.313.312	1.528.974

Fonte SOPH

Este alerta está fundamentado na análise de parâmetros geológicos, hidrológicos e dos principais problemas ambientais já registrados na bacia, assim como através da análise comparativa entre feições morfológicas identificadas em imagens de sensores de décadas anteriores e recentes. Fundamentou-se ainda nos princípios do Direito Internacional do Meio Ambiente.

## 2- GEOLOGIA

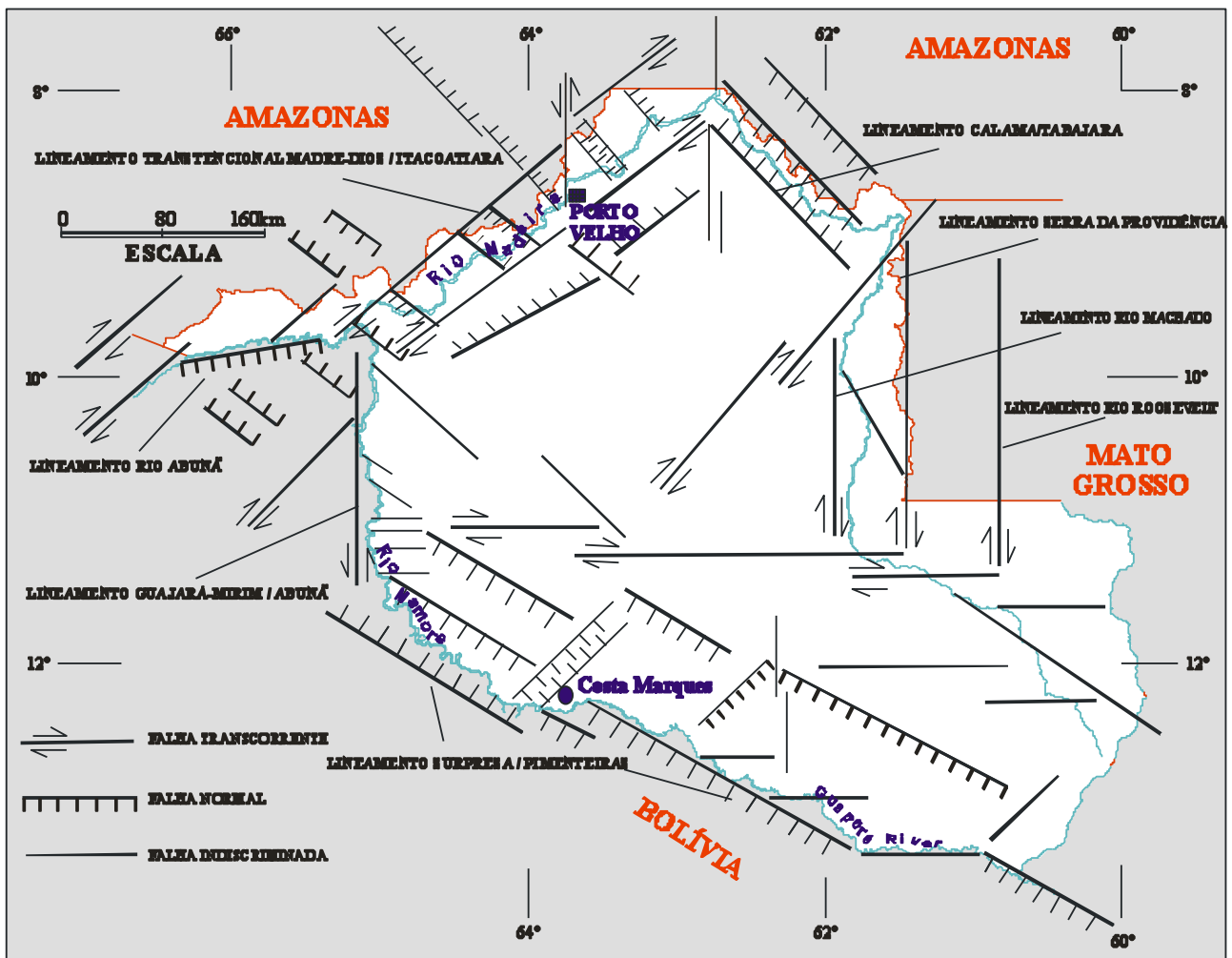
A morfologia da Bacia do rio Madeira, como a de outros rios amazônicos, possui como característica estrutural notável a forte assimetria da rede de drenagem, relacionada às atividades neotectônicas reflexas da Orogenia Andina, além de importantes movimentações intraplaca resultantes de um binário dextral de direção E-W, com componentes transtensivos nas direções NE-SW e NW-SE, respectivamente, geradas pela rotação da placa Sul-Americana para oeste (Costa, 1996). Nas **Figuras 2 e 3**, são mostrados o arcabouço neotectônico da Amazônia e do Estado de Rondônia, para um melhor entendimento do exposto acima.



**Figura 2** – Arcabouço Neotectônico da Amazônia (Adaptado de Costa e Hasui, 1997).

Neste arranjo da rede de drenagem, verifica-se que os afluentes da margem direita são longos, exibindo uma variedade de tipos gráficos com padrões paralelos, subparalelos e dentríticos, ao contrário dos afluentes da margem esquerda, que são curtos e constituem uma malha bastante

aberta. O traçado do rio Madeira, no trecho que compreende a hidrovia, é o de um rio retilíneo a sinuoso, com direção geral NE - SW, encaixado dentro da falha regional denominada Madre de Dios - Itacoatiara, que condiciona toda a evolução quaternária do seu leito.



**Figura 3** – Arcabouço Neotectônico do Estado de Rondônia e Regiões Adjacentes. (SCANDOLARA et alii, 1999).

Desde as nascentes do rio Madeira, em sua calha e áreas adjacentes, predominam as coberturas sedimentares, de Idade Terciária e Quaternária, cuja morfogênese é controlada pelos fatores tectônicos acima expostos, associados também a fatores litológicos e climáticos (Quadros et al.1996). A natureza desses sedimentos é bastante variada, incluindo lateritos, cascalhos, areias, siltes e argilas.

Nessa análise queremos enfatizar a existência de expressivos depósitos de sedimentos inconsolidados sub-recentes que ocorrem ao longo do rio Madeira, formando ilhas ou margeando o seu leito, e que são afetados diretamente pela dinâmica do rio na busca de seu perfil de equilíbrio. Tais depósitos, perfeitamente identificáveis em imagens de radar e satélite, são facilmente instabilizados pelos movimentos gerados pela atividade tectônica acima descrita, provocando transformações decisivas no desenho das margens e gerando o fenômeno das *terras caídas*, que

alcança dimensões catastróficas em algumas localidades. Um exemplo desse fenômeno ocorre na cidade de Humaitá-AM, mostrado na **Figura 4**.



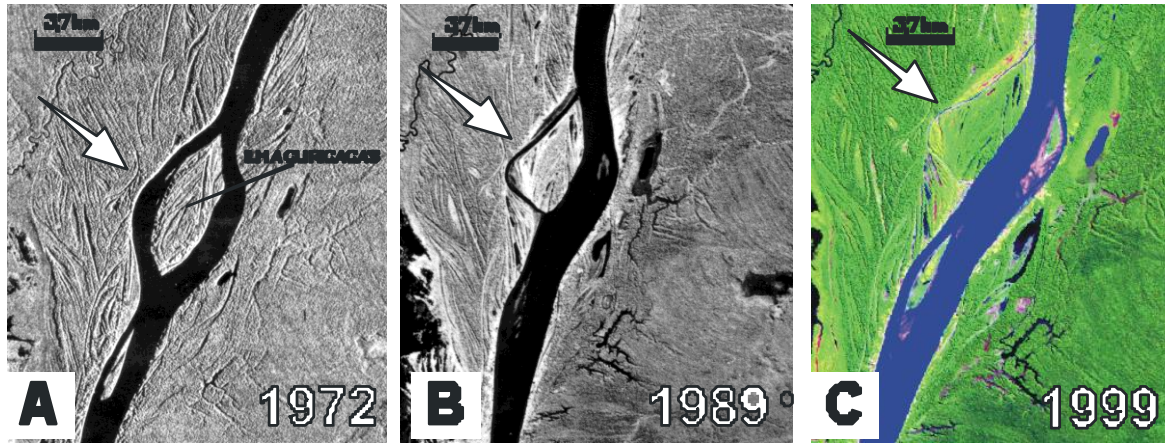
**Figura 4** – Foto mostrando o porto fluvial da cidade de Humaitá, com grandes desbarrancamentos seccionando vários trechos da avenida marginal e comprometendo edificações privadas e públicas, dentre elas o cemitério da cidade. Alguns monumentos históricos também estão ameaçados, como a Igreja Matriz.

Feições morfológicas de alguns trechos do rio, observadas nas imagens da década de setenta, são intensamente transformadas, se observados esses mesmos trechos em imagens das décadas de oitenta e noventa. Observam-se o desaparecimento de ilhas quilométricas, o preenchimento de canais, assim como avanços do seu curso em direção às margens, provocando a erosão de dezenas a centenas de metros, comprovadas por moradores da região, **Figuras 5 e 6**.

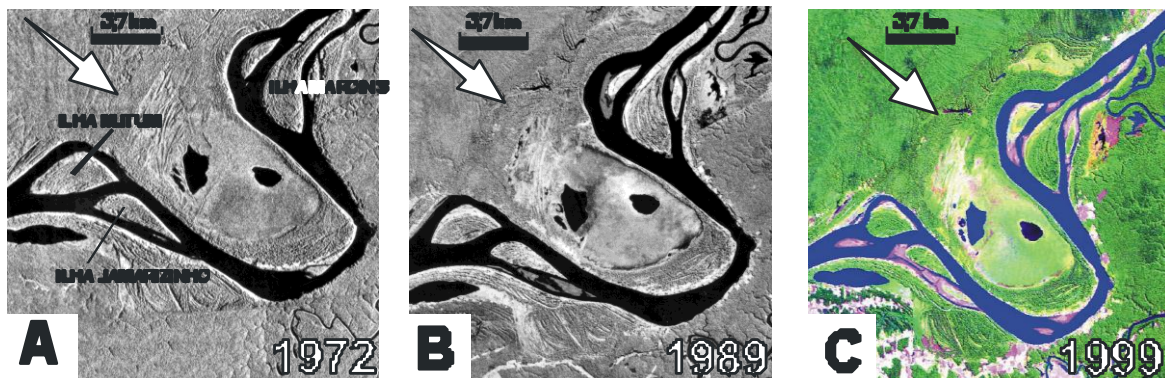
O material removido e transportado constitui milhares a milhões de toneladas de sedimentos, em várias seções ao longo do curso principal do rio, e tem um papel relevante no processo de assoreamento do seu leito.

Tratando-se de modificações relacionadas a fenômenos naturais, dificilmente serão eliminadas, assim como não se elimina o frio e a seca em algumas regiões, mas poderão ser bem administradas, minimizando os seus impactos, se todos os pontos críticos forem identificados, estudados e representados numa base georreferenciada.





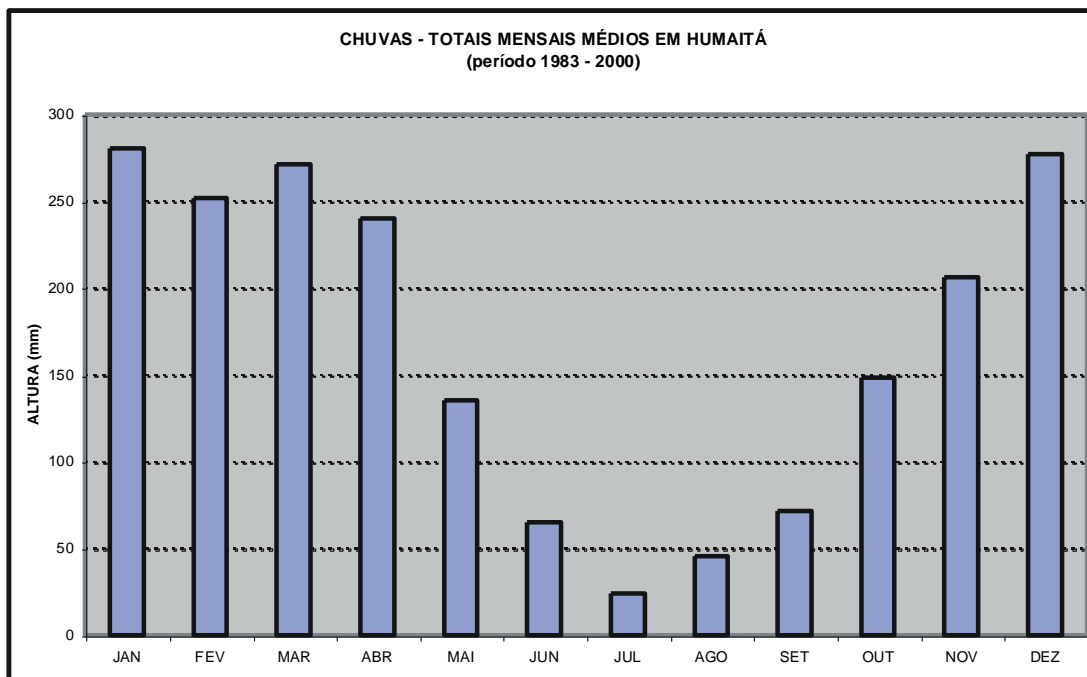
**Figura 5** – Nesse conjunto de imagens observa-se que a ilha de Curicacas, com mais de 5km, foi desaparecendo com o deslocamento do rio, segundo a seta, provocando forte erosão na margem oposta.



**Figura 6** – Essas três imagens, de um trecho próximo à foz do rio Jamari, mostram, em primeiro lugar, o forte controle estrutural na dinâmica do rio Madeira. A seta indica o sentido de deslocamento do leito e, nesse processo, as mudanças morfológicas em ilhas, canais e margens.

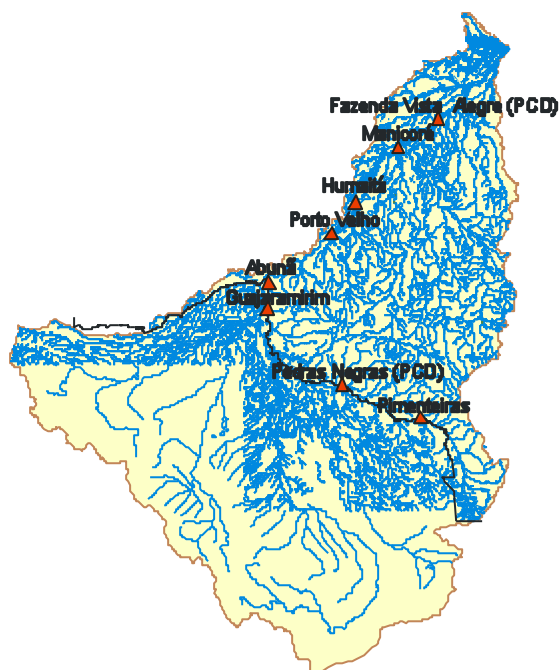
### 3 – HIDROLOGIA

O rio Madeira é parte da Bacia Amazônica, e como todos os rios que compõem essa bacia, tem no regime das chuvas, o condicionamento básico do seu comportamento, o qual sofre também, de forma atenuada, a influência dos Andes. O período de chuvas nessa área é de novembro a abril, apresentando valores máximos os meses de dezembro a março (**Figura 7**).



**Figura 7** – Regime de chuvas em Humaitá.

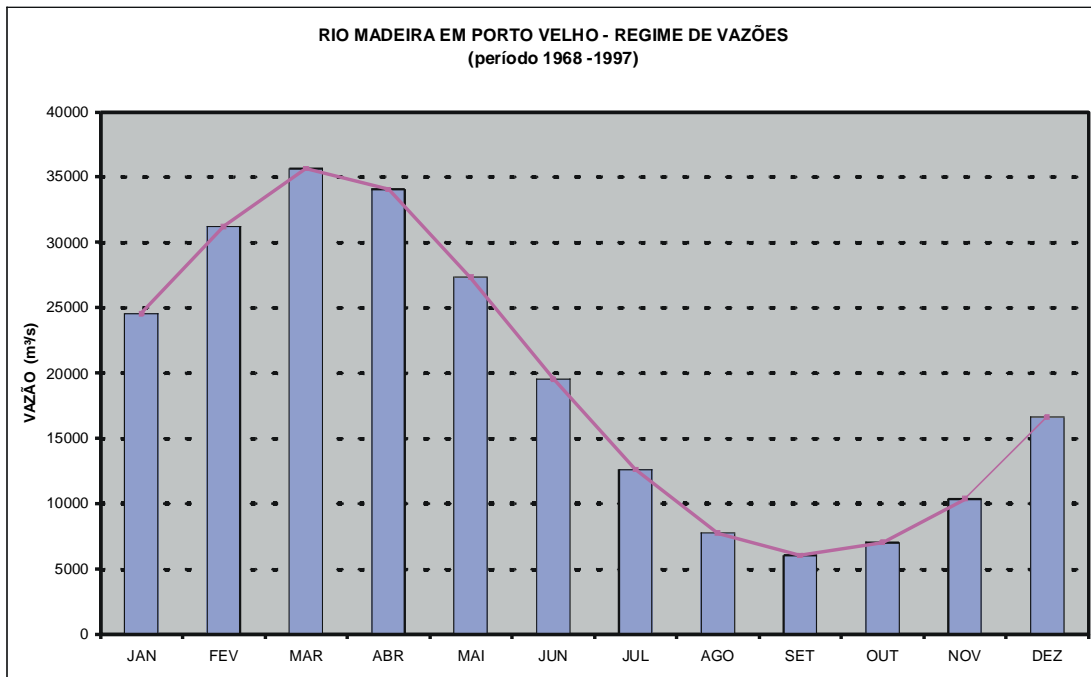
O Inventário Fluviométrico da ANEEL apresenta, para a bacia do rio Madeira com seus  $1,37 \times 10^6 \text{ km}^2$ , uma rede fluviométrica total de 134 estações, sendo 83 da ANEEL (61 ainda em operação), seis da Portobrás (descontinuadas na década de 70), cinco da CEMAT (iniciadas nas décadas de 80 e 90), 12 da Eletrobrás (10 em operação), 24 da Eletronorte (14 em operação) e quatro de outras entidades (duas em operação). A **Figura 8** indica oito estações representativas para o curso principal, das quais se dispõem de dados hidrométricos.



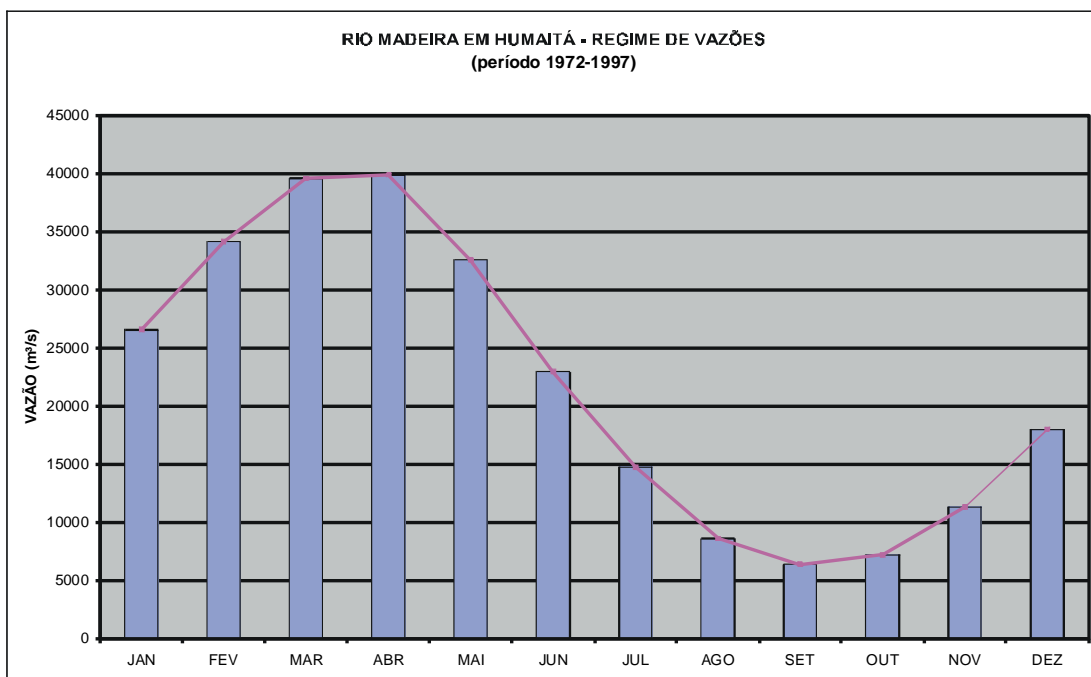
**Figura 8** – Bacia hidrográfica do rio Madeira

A partir do histórico de dados disponíveis, é possível apresentar algumas características hidrológicas do trecho do rio Madeira correspondente à hidrovia, que informam sobre a sua navegabilidade.

Historicamente nos meses de março e abril, o rio Madeira atinge as maiores vazões, enquanto as menores vazões ocorrem nos meses de setembro e outubro. As **Figuras 9 e 10** apresentam os histogramas de vazões médias de longo período, em Porto Velho e Humaitá.



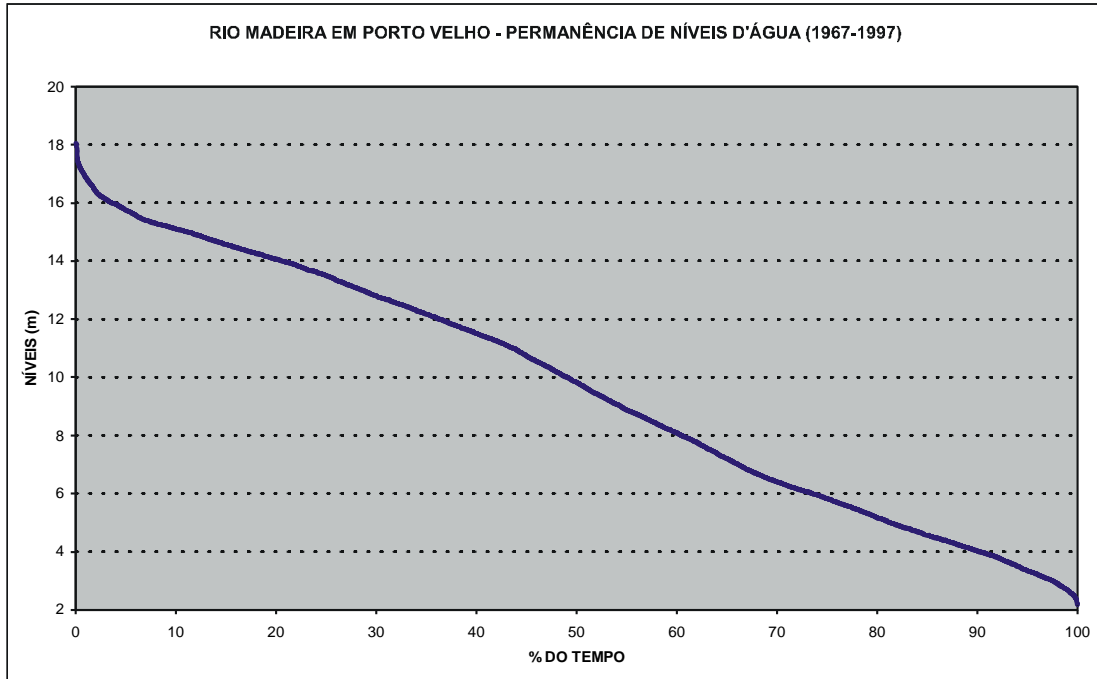
**Figura 9** - Regime Fluvial em Porto Velho – RO



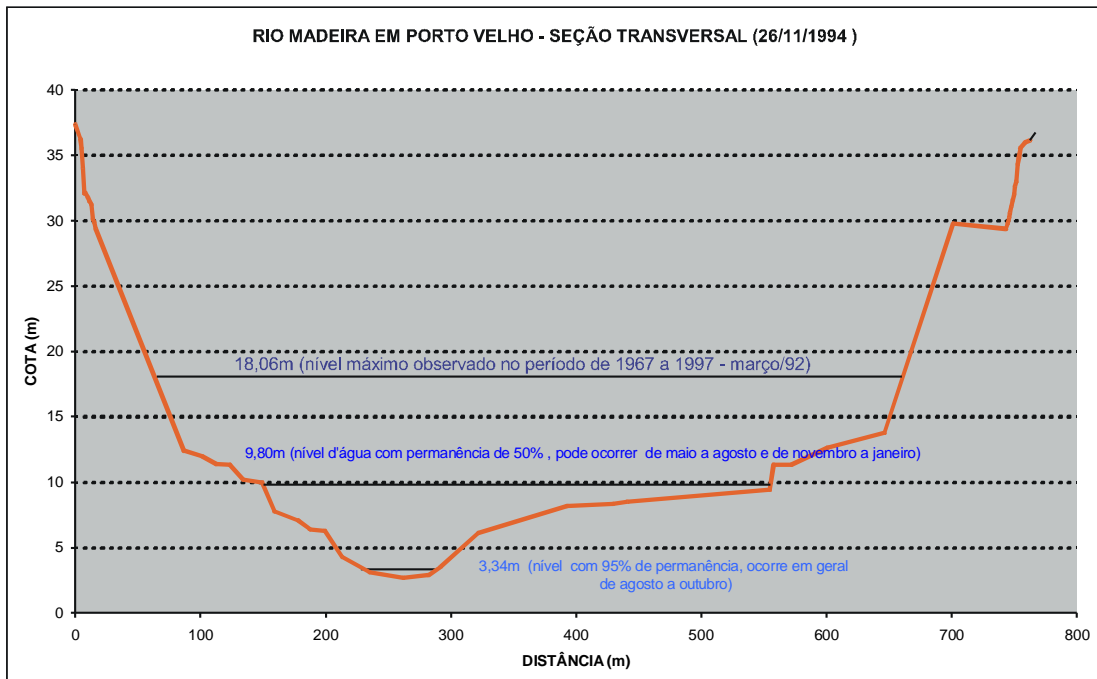
**Figura 10** - Regime Fluvial em Humaitá – AM



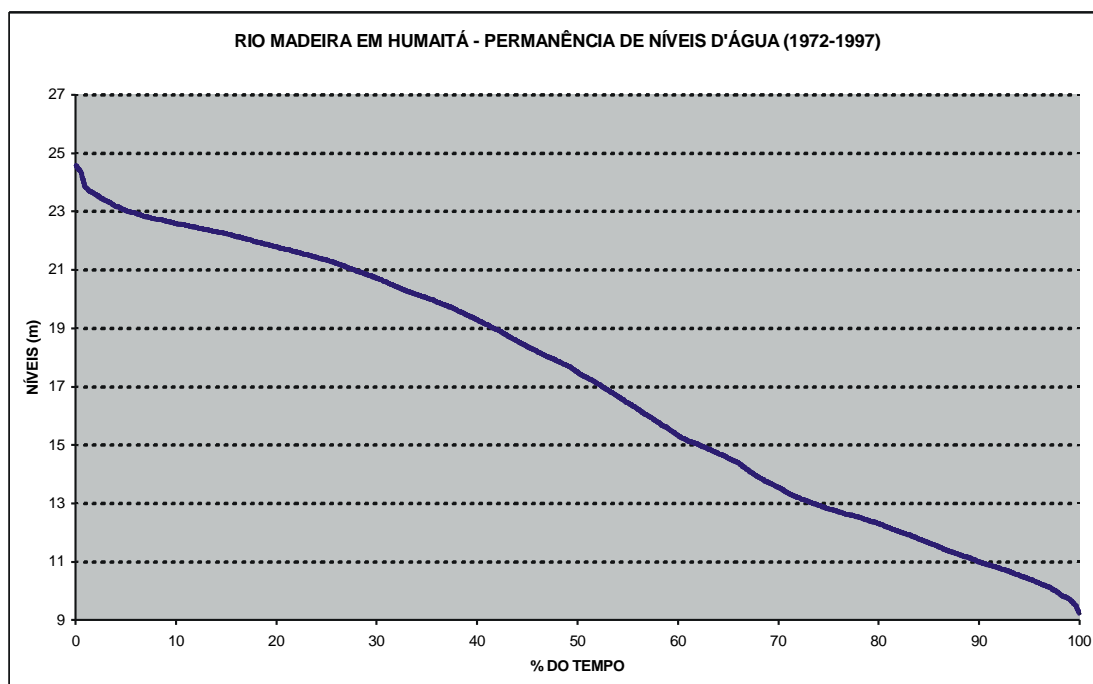
Os níveis d'água observados são importantes para se avaliar as profundidades do canal natural, assim para ilustrar a sua variabilidade foram construídas curvas de permanência de níveis d'água nas estações fluviométricas de Porto Velho e Humaitá, apresentando-se também as seções transversais do canal, obtidas de levantamento topobatimétrico nas seções de régua das duas estações. Os níveis d'água correspondentes às máximas observações e à permanência de 95% nas duas estações estão indicados nas respectivas seções transversais (**Figuras 11-A e B e 12-A e B**).



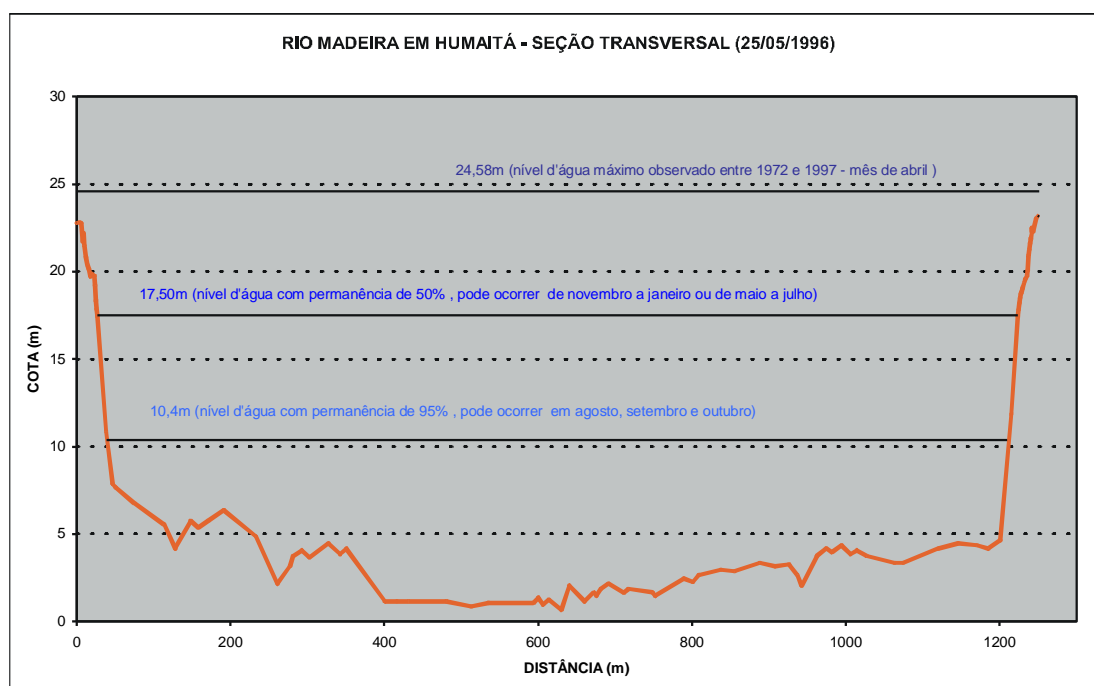
**Figura 11-A** – Curva de permanência de níveis d'água em Porto Velho-RO.



**Figura 11-B** – Seção transversal em Porto Velho-RO.



**Figura 12-A** – Curva de permanência de níveis d'água em Humaitá-AM.



**Figura 12-B** – Seção transversal em Humaitá-AM.

Outro aspecto importante para análise refere-se à descarga sólida total do rio, pela significativa influência no processo de assoreamento do seu leito. Em cada estação estudada, observado o mês da medição, os dados aqui apresentados, embora correspondendo um período de observação ainda muito curto para um rio da magnitude do Madeira, indicam que há uma significativa carga sólida transportada, e até o seu aumento ao longo dos anos, observando-se a evolução de seus valores e as faixas de descarga líquida associada.

A **Tabela 3** apresenta as máximas descargas sólidas medidas, em sua maioria no mês de janeiro em Porto Velho e Manicoré, e no mês de abril nesta última estação e na estação da Fazenda Vista Alegre em Borba-AM . A descarga máxima nas quatro estações avaliadas, no período de 1993-2000, foi de 2.654.901t/dia, em janeiro de 1997, na estação de Manicoré.

**Tabela 3** – Descarga sólida do Rio Madeira

Rio	Estação	Mês/Ano	Descarga Líquida(m <sup>3</sup> /s)	Descarga Sólida(t/dia)	Observações
Madeira	Porto Velho	fev/95	32.400	407.991	Período 1993-2000
		fev/96	30.134	1.043.355	
		jan/98	22.715	989.579	
		jan/00	22.138	1.793.364	
Madeira	Humaitá	jan/99	37.927	1.510.944	Período 1998-2000
		jan/00	24.496	703.003	
		abr/99	37.696	1.554.465	
		abr/00	32.185	953.299	
Madeira	Manicoré	jan/97	34.916	2.654.901	Período 1996-2000
		jan/98	27.856	1.211.468	
		jan/99	40.144	1.679.124	
		jan/00	26.071	849.547	
		abr/97	43.456	501.063	
		abr/99	46.054	1.971,531	
		abr/00	39.868	1.196,533	
		mai/96	33.430	430.339	
Madeira	Faz. Vista Alegre (Borba-AM)	jan/97	39.207	2.056.606	Período 1996-2000
		jan/98	29.239	1.089.924	
		jan/99	42.783	1.356.683	
		jan/00	33.222	678.302	
		abr/97	66.521	788.451	
		abr/98	57.565	1.905.590	
		abr/99	56.581	2.416.573	
		abr/00	52.337	1.361.683	

Fonte DNAEE/ANEEL

#### 4- MEIO AMBIENTE

Na análise da questão ambiental, são abordados os fatores relacionados diretamente à hidrovia, assim como aqueles afeitos aos seus tributários, e que podem provocar um impacto significativo à navegabilidade.

Dois fatores são essenciais à sustentabilidade econômica da hidrovia. O primeiro é a manutenção da descarga líquida de modo a assegurar profundidades mínimas, durante todo o ano (permanência dos níveis d'água), que proporcionem a manutenção de calados das embarcações, adequados ao transporte de grandes volumes de cargas; o segundo é o controle dos processos erosivos que possam levar ao assoreamento do seu leito.

Quase todos os anos, são registrados transtornos no período de estiagem, quando embarcações encalham, em vários trechos do rio, e que já comprometeram o abastecimento de combustíveis da região, assim como resultaram em acidentes fatais que ceifaram a vida de dezenas de pessoas. A Portobrás já havia sinalizado no passado sete pontos críticos, número este que tem crescido significativamente nos últimos anos, segundo citação do Superintendente do Terminal Graneleiro de Itacoatiara (no Jornal A Crítica de Manaus, de 30.09.00), sendo necessário realizar a dragagem de alguns trechos, devido ao assoreamento, para facilitar a passagem dos comboios de barcaças.

Esse assoreamento está associado tanto aos fenômenos naturais, relacionados à dinâmica do rio Madeira, conforme os comentários no item 2, como à ação antrópica, em especial nas últimas décadas, na área de influência da hidrovia.

Como consequência crítica dessa ação antrópica, citamos em primeiro lugar o desmatamento em áreas de alta declividade, e/ou em áreas de grande susceptibilidade à erosão (**Figura 13**). O desmatamento, além de favorecer os processos erosivos e, por conseguinte, o assoreamento dos cursos d'água afeta diretamente o ciclo hidrológico. Influi negativamente na recarga dos aquíferos que alimentam os rios e igarapés no período de estiagem, quando a água subterrânea tem um papel importante. Outra ação antrópica negativa é a atividade garimpeira de ouro (**Figura 14**) e cassiterita nos leitos e margens do curso principal e de alguns afluentes, em territórios dos três países, onde a bacia está inserida, assim como as extrações de areia por processo de dragagem.

Apesar dos desmatamentos terem diminuído nos últimos anos, por pressões de entidades ambientalistas em níveis nacional e internacional, outras atividades relacionadas às áreas desmatadas devem merecer maior atenção das autoridades ambientais, pelos grandes impactos que provocam, e que têm comprometido importantes hidrovias em nosso país e em outras regiões do planeta. Essas atividades são a irrigação e a mecanização de lavouras, que estão sendo introduzidas tanto em Rondônia como no sul do Amazonas, sem nenhum estudo relativo aos aspectos

ambientais, como a caracterização da susceptibilidade do solo à erosão e o balanço hídrico, além de se utilizar de métodos altamente ultrapassados. Como consequência, já têm sido registrados sérios conflitos intra e intersetoriais, em algumas bacias hidrográficas, com sérios danos ambientais, dentre eles o assoreamento de rios e igarapés.



**Figura 13-** Foto mostrando grande voçoroca resultante dos processos de erosão em área desmatada na região de Vilhena-RO. O material removido pela intensidade das chuvas, contribui para o assoreamento de tributários do rio Madeira.



**Figura 14** – Dragas em operação no rio Madeira – extração de ouro aluvionar, atividade que desagrega grande quantidade de material do leito e das margens do rio, aumentando a carga de sólidos em suspensão, que contribuem de forma efetiva para o processo de assoreamento.

## 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O rio Madeira, no trecho de Porto Velho até a sua foz no Rio Amazonas, atende às características recomendadas à navegação, tais como: profundidade das águas, velocidade da correnteza, largura mínima e traçado favorável. A preocupação é, no entanto, que algumas dessas características não são permanentes em toda sua extensão, e estão sendo influenciadas, muito rapidamente, tanto por fenômenos naturais, como devido à ação do homem, conforme o comentado nos itens anteriores.

A ocupação intensiva dessa área é muito recente, se comparada com outras regiões do Brasil e do mundo, porém alguns desastres naturais, são compatíveis com os de regiões de ocupação secular ou até milenar, pois já há rios que são esgotos a céu aberto, em função do elevado índice de poluição. Outros rios são intermitentes, devido à intensidade do assoreamento.

Os fenômenos naturais não podem ser combatidos, mas os seus efeitos podem ser minimizados, se conhecermos as causas e mapearmos as áreas de maior fragilidade ou vulnerabilidade a qualquer ação antrópica. Entretanto, a ação antrópica deve ser melhor gerenciada, pois os desastres ambientais vêm aumentando, causando grandes desequilíbrios aos nossos ecossistemas, comprometendo a qualidade e quantidade das águas da bacia. Não se adotando medidas preventivas e mitigadoras, a navegabilidade dessa hidrovia estará comprometida nos próximos anos, com sérios prejuízos à economia de toda essa região. Urge, portanto, a necessidade de estudos que possam melhor consolidar os argumentos aqui levantados, os quais servirão de instrumento para o estabelecimento de um gerenciamento ambiental das áreas de influência da hidrovia, eficaz e efetivo. Isto posto, recomendam-se:

- Tratando-se de uma bacia transfronteiriça, há necessidade do estabelecimento de um acordo de cooperação tripartite, entre Brasil, Bolívia e Peru, objetivando o gerenciamento dos recursos hídricos da bacia, considerando os usos múltiplos da água, mas com particular atenção à manutenção das condições de navegabilidade, pela importância que representa esta hidrovia para o desenvolvimento regional. Esta medida estará em consonância com o estabelecido no Tratado de Cooperação Amazônica-TCA, em seu Art. I, parágrafo único.
- Estender a área de estudo do Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE, da Hidrovia do Madeira para montante, incluindo o Estado de Rondônia, assim como firmar parcerias com os governos da Bolívia e do Peru, para desenvolver estudos semelhantes, nos principais afluentes desse rio.



- Agilizar a aprovação das leis de recursos hídricos dos estados de Rondônia e do Amazonas, para que sejam implantados planos e sistemas de gerenciamento de recursos hídricos em ambos e, principalmente, planos diretores de bacias.
- Implementar um amplo programa de educação ambiental, que contemple usuários da água e do solo e toda a sociedade, mostrando os riscos ambientais e as perdas para a economia regional, se cada um não fizer a sua parte, na proteção e uso adequado dos recursos naturais, na área de influência da hidrovia.
- Que os governos dos estados do Amazonas e de Rondônia façam gestão junto às agências reguladoras ANA e ANEEL, para adensarem as estações de medição de descargas líquidas e sólidas ao longo do rio Madeira, assim como implantem suas redes estaduais de medição, para um adequado monitoramento desses dados. Com esse mesmo objetivo negociações devem ser mantidas com os governos da Bolívia e Peru, para a obtenção dos dados relativos à área fora dos nossos domínios territoriais.
- Agilizar as ações para a implantação do Plano Diretor da Bacia do rio Madeira na área de influência da hidrovia.

Finalmente, ressaltamos que este alerta e as recomendações acima estão em consonância com os princípios do *Direito Internacional do Meio Ambiente*, principalmente, os da *prevenção* e da *precaução*, respectivamente. O primeiro nos ensina que é necessário agir de forma a prever e prevenir danos ao meio ambiente; o segundo nos alerta que em caso de danos graves ou irreversíveis, a ausência de certeza científica absoluta não deve servir de pretexto para o adiamento de medidas efetivas visando prevenir a degradação do meio ambiente.

## **7- REFERÊNCIAS**

CABRAL, B. ( Senador) . *O papel das hidrovias no desenvolvimento sustentável da Região Amazônica Brasileira*. 2 Ed. Brasília: Senado Federal, 1996. 415p. il. ( Série Estudos n 001/95)

QUADROS, M.L.E.S., SILVA FILHO E. P., REIS M.R., SCANDOLARA J.E. 1996. *Considerações preliminares sobre os sistemas de drenagens dos rios Guaporé , Mamoré e Madeira, Estado de Rondônia* In: SBG/Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, 5, Belém, *Anais*, 242-245.

SCANDOLARA, J.E. A neotectônica no Estado de Rondônia e adjacências: esboço preliminar e aspectos evolutivos. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, 1999, Manaus. *Boletim de Resumos Expandidos. Manaus: SGB/NO, 1999. 596p.il. p. 301-304.*

**Palavras-chave:** Hidrovia Madeira; Análise Geoambiental.