

## **ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA VARIAÇÃO DOS NÍVEIS MÁXIMOS E MÍNIMOS AO LONGO DO RIO AMAZONAS**

**Guilherme F. Vieiralves** – gvieiralves@gmail.com

**Elias S. Souza** – souza.elias13@gmail.com

**Elias S. Assayag** – elias\_assayag@yahoo.com.br

Universidade Federal do Amazonas - Curso de Engenharia Civil

Programa de Extensão em Saneamento no Amazonas

Av. Gen. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3000 – Campus Universitário

69.077-00 – Manaus - Amazonas

**Resumo:** *O estudo das cotas máximas, mínimas e as variações entre elas, num corpo hídrico qualquer, é de suma importância na caracterização deste para futuras intervenções humanas, seja para abastecimento para consumo direto (alimentação, saneamento), estudo do potencial para possível uso como fonte de energia (hidroelétrica), para a navegabilidade e logística e a própria segurança da população da região (modelos de alerta). Tendo estes princípios absorvidos mostra-se interessante um estudo destes elementos no Rio Amazonas, observando a necessidade das informações citadas acima à população que se localiza nas imediações e possuem toda sua estrutura familiar e econômica dependente desse rio, o rio que governa a vida. O estudo dos dados através das séries temporais de cotas é o norteador deste trabalho, resultado de uma aplicação estatística, com uma representação gráfica, a qual tem o intuito de representar o fenômeno físico ao longo do rio Amazonas no território nacional, do município de Tabatinga-AM à Macapá-AP. Os resultados apontam para quatro diferentes padrões de comportamento da variação entre as cotas máximas e mínimas, sendo um padrão pouco definido para a região do rio Amazonas conhecida como rio Solimões, e dois padrões distintos e bem definidos no médio Amazonas e outro para o baixo Amazonas fortemente influenciado pelas marés do oceano Atlântico.*

**Palavras-chave:** *Cotas máximas, Cotas mínimas, Rio Amazonas, Recursos Hídricos, Sociedade.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O Programa de Extensão em Saneamento do Amazonas (PESA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) tem o objetivo de realizar ações de extensão universitária articuladas com o ensino e a pesquisa, na forma de um processo educativo, cultural e científico que busca realizar a relação transformadora entre universidade e sociedade. No PESA existe uma linha dedicada exclusivamente à pesquisa de recursos hídricos.

Na Amazônia, com a sua extensa bacia hidrográfica, os rios possuem papel fundamental na vida das comunidades ribeirinhas, que marcam a paisagem desta região. Notadamente, a vida se divide em duas estações, o tempo das águas altas e o tempo das águas baixas. Esse regime hídrico sazonal afeta diretamente o cotidiano do homem

amazônida, representando a maior ou menor quantidade de pescado, de água para abastecimento e outras necessidades, mobilidade.

Considerando a série de dados históricos se observa a ocorrência de eventos extremos de cheia e estiagem. Nos últimos tempos, a frequência dos eventos extremos passa por um incremento, e a cada ano o tempo de recorrência fica menor.

Assim, os monitores da disciplina Hidrologia Aplicada participantes do PESA desenvolveram o interesse em estudar as variações de níveis do rio Amazonas, especificamente para buscar descrever esse comportamento sazonal com base na hidrologia estocástica.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Iniciar e estimular a participação de alunos de graduação, monitores da disciplina hidrologia aplicada, do curso de engenharia civil, participantes do Programa de Extensão em Saneamento no Amazonas, no desenvolvimento de trabalhos científicos voltados para as condições ambientais locais e de comunidades ribeirinhas da Amazônia.

### 2.2 Objetivo Específico

Este trabalho tem como objetivo específico buscar entender e descrever o regime hídrico do rio Amazonas. Especificamente, demonstrar a variação espacial temporal dos seus níveis, por meio das cotas máximas, mínimas e as variações destas ao longo do trecho compreendido no Brasil, que vai da cidade de Tabatinga/AM à cidade de Macapá/AP (Figura 1).



Figura 1 - Estações empregadas no estudo. Adaptação do Google Earth

## 3. ASPECTOS GERAIS DA BACIA DO RIO AMAZONAS

A bacia Amazônica possui 1/5 da água doce da Terra, numa área de cerca 6.112.000 km<sup>2</sup> na América do Sul, correspondendo cerca de 5% das terras emersas, distribuídos em sete países: a) Brasil 63%; b) Peru 17%; c) Bolívia 10%; d) Venezuela 7%; e) Colômbia 5,8%; f) Equador 2,2% e g) Guiana 0,3%. A vazão média do Rio

Amazonas é 209.000 m<sup>3</sup>/s (GUYOT *et al.*, 1999). A vazão específica na foz da bacia é de 34,2 L.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> (FILIZOLA JÚNIOR, 1999).

Para RIBEIRO NETO (2006), a precipitação média anual da bacia é de 2.300 mm, podendo variar para cada região, de 200 mm.ano<sup>-1</sup> a 6.000 mm.ano<sup>-1</sup>. Nos Andes, por exemplo, a cordilheira forma uma barreira natural que impede a passagem do vapor d'água proveniente de regiões localizadas mais a leste da bacia, que resulta em uma precipitação anual na ordem de 6.000 mm.

Devido a sua posição, próximo e praticamente paralelo em relação à linha do equador, o rio Amazonas tem seu regime fluvial composto por contribuições oriundas do hemisfério Norte e do hemisfério Sul, coincidindo a cheia dos tributários de um hemisfério com a estiagem dos tributários do outro hemisfério. A metade do volume das precipitações retorna à atmosfera em forma de vapor d'água devido à evapotranspiração da floresta amazônica, assim, a lâmina de água precipitada corresponde a aproximadamente 50% do vapor d'água reciclado.

Segundo NORONHA (2003), em 1951, o cientista Harald Sioli, com base no linguajar amazônico, classificou os rios da Amazônia em três tipos de rios, como é descrito na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Classificação dos rios da Amazônia. Fonte: Adaptado de NORONHA, 2003

Águas Brancas (barrentas)	Águas Pretas (escuras)	Águas Claras (verdeadas)
São rios originados nas regiões andinas e subandinas. São jovens, estando ainda numa fase de definição de seu leito, com ativo processo de erosão, transportando uma elevada carga de material em suspensão, posto que drenam terrenos recentes.	São que nascem no sistema Paramaribo-Guiano (Norte da bacia). São velhos, já definidos, apresentando um processo erosivo quase desprezível, porém transportando pelo seu leito arenoso material vegetal arrastado pelas enxurradas sobre a floresta.	Também velhos, nascem no complexo cristalino brasileiro do Planalto Central e no escudo Sul Amazônico. Drenam áreas de solo argiloso, que retém o material orgânico proveniente da floresta.
Exemplo: Ucayale, Marañon, Solimões, Amazonas, Juruá, Purus e o Madeira	Exemplo: rio Negro, rio Urubu, rio Uatumã, rio Jatapu, rio Mupuera e rio Trombetas.	Exemplo: Tapajós, Juruena, Teles Pires, Verde, Xingu e Irixi.

#### 4. METODOLOGIA

Para iniciar o trabalho, foi consultado o banco de dados hidrológicos da Agência Nacional de Águas, HidroWeb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>), onde foram identificadas todas as estações fluviométricas dentro da área de estudo. Dessas, algumas estações foram descartadas por apresentarem problemas com os dados. Foi possível aproveitar 14 estações fluviométricas instaladas no rio Amazonas entre as cidades de Tabatinga/AM e a cidade de Macapá/AP.

Após a obtenção de dados brutos os mesmos foram sintetizados em forma de planilhas eletrônicas, construindo, dessa forma, as séries parciais de todas as estações estudadas.

A partir das séries construídas obteve-se as médias das cotas máximas e mínimas anuais, possibilitando o cálculo da amplitude da variação em cada estação. Através disso, foram elaborados gráficos (cotagramas) para cada ponto estudado, os quais apresentam o comportamento das séries das cotas máximas e mínimas anuais. Dessas

series foram extraídos os valores de *máxima maximorum* e *mínima minimorum*, as médias das cotas máximas e médias das mínimas.

Os dados das variações das médias das cotas de cada estação foram organizados em forma de gráfico que seguindo a mesma sequência da localização de cada uma delas no rio Amazonas. Foi gerado, também, outro gráfico que relaciona o comportamento de tais variações com a área de drenagem do rio.

Durante o desenvolvimento, percebeu-se que os dados da estação de Fonte Boa apresentaram um comportamento inconsistente e por isso a estação foi excluída do estudo. Com tudo isso se procedeu a análise dos resultados.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Sistematização dos Resultados

De acordo com a metodologia adotada foi elaborada a Tabela 2 com a identificação das estações estudadas.

Tabela 2: Identificação das estações fluviométricas estudadas. Parte 1 de 2.

Numeração	1	2	3	4	5	6	7
Código	10100000	11200000	11400000	11500000	13150003	13155000	14100000
Nome	TABATINGA	TERESINA	SÃO PAULO DE OLIVENÇA	SANTO ANTÔNIO DO IÇÁ	COARI	CODAJÁS	MANACAPURU
Latitude	-4,235	-4,358	-3,440	-3,111	-4,086	-3,845	-3,311
Longitude	-69,945	-69,734	-68,763	-67,931	-63,083	-62,061	-60,609
Área de Drenagem (Km <sup>2</sup> )	874000	985000	1010000	1130000	1780000	1810000	2200000
Altura Máx. (cm)	1382,000	1155,000	3049,000	1447,000	1768,000	1770,000	2046,000
Ano de Ocorrência da Altura Máx.	1999	1994	1955	2012	1999	2009	2009
Altura Mín. (cm)	-86,000	-125,000	530,000	-53,000	37,000	158,000	446,000
Ano de Ocorrência da Altura Mín.	2010	1991	1932	2010	2010	1998	2010
Variação (Δh) [cm]	1468,000	1280,000	2519,000	1500,000	1731,000	1612,000	1600,000
Méd. Máx. (cm)	1215,226	1015,100	2312,368	1295,615	1602,833	1627,105	1877,974
Méd. Mín. (cm)	220,097	80,600	1417,053	326,692	518,083	500,474	833,308
Variação entre as Médias (cm)	995,129	934,500	895,316	968,923	1084,750	1126,632	1044,667

Tabela 2: Identificação das estações fluviométricas estudadas. Parte 2 de 2.

Numeração	8	9	10	11	12	13
Código	15030000	16030000	16350002	17050000	18050000	19500000
Nome	JATUARANA	ITACOATIARA	PARINTINS	ÓBIDOS - PORTO	TAPERINHA	MACAPÁ
Latitude	-3,063	-3,135	-2,631	-1,947	-2,416	0,022
Longitude	-59,648	-58,483	-56,752	-55,511	-54,233	-51,050
Área de Drenagem (Km <sup>2</sup> )	2930000	4350000	4430000	4670000	5200000	5930000
Altura Máx. (cm)	1964,000	2344,000	1980,000	860,000	670,000	510,000
Ano de Ocorrência da Altura Máx.	1987	2009	1959	2009	1974	2007
Altura Mín. (cm)	370,000	90,000	-97,000	-53,000	5,000	110,000
Ano de Ocorrência da Altura Mín.	2010	2010	1990	1997	1936	1980
Variação ( $\Delta h$ ) [cm]	1594,000	2254,000	2077,000	913,000	665,000	400,000
Méd. Máx. (cm)	1751,182	1992,700	1143,079	722,432	572,851	473,241
Méd. Mín. (cm)	732,971	1002,167	415,184	123,767	102,638	138,517
Variação entre as Médias (cm)	1018,211	990,533	727,895	598,664	470,213	334,724

## 5.2. Cotogramas

A partir do tratamento dos dados foram elaborados os cotogramas para todas as estações presentes na Tabela 2, com as séries de cotas máximas e mínimas, destacando suas médias e a envoltória definida pela *máxima maximorum* e *mínima minimorum* (Figura 2 e Figura 3).

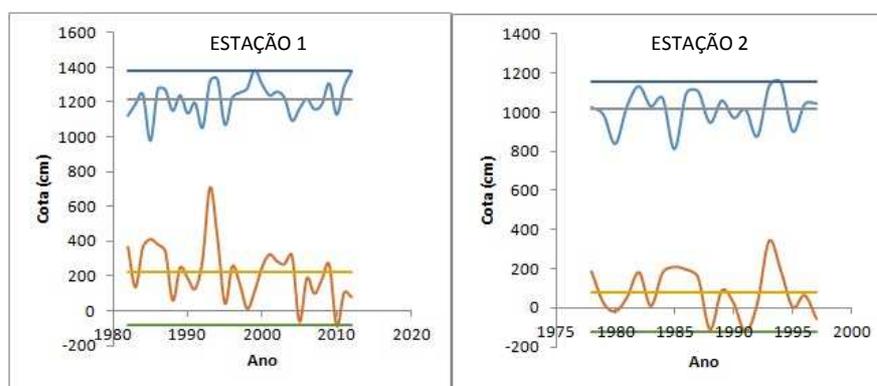


Figura 2: Cotogramas das estações 1 e 2.

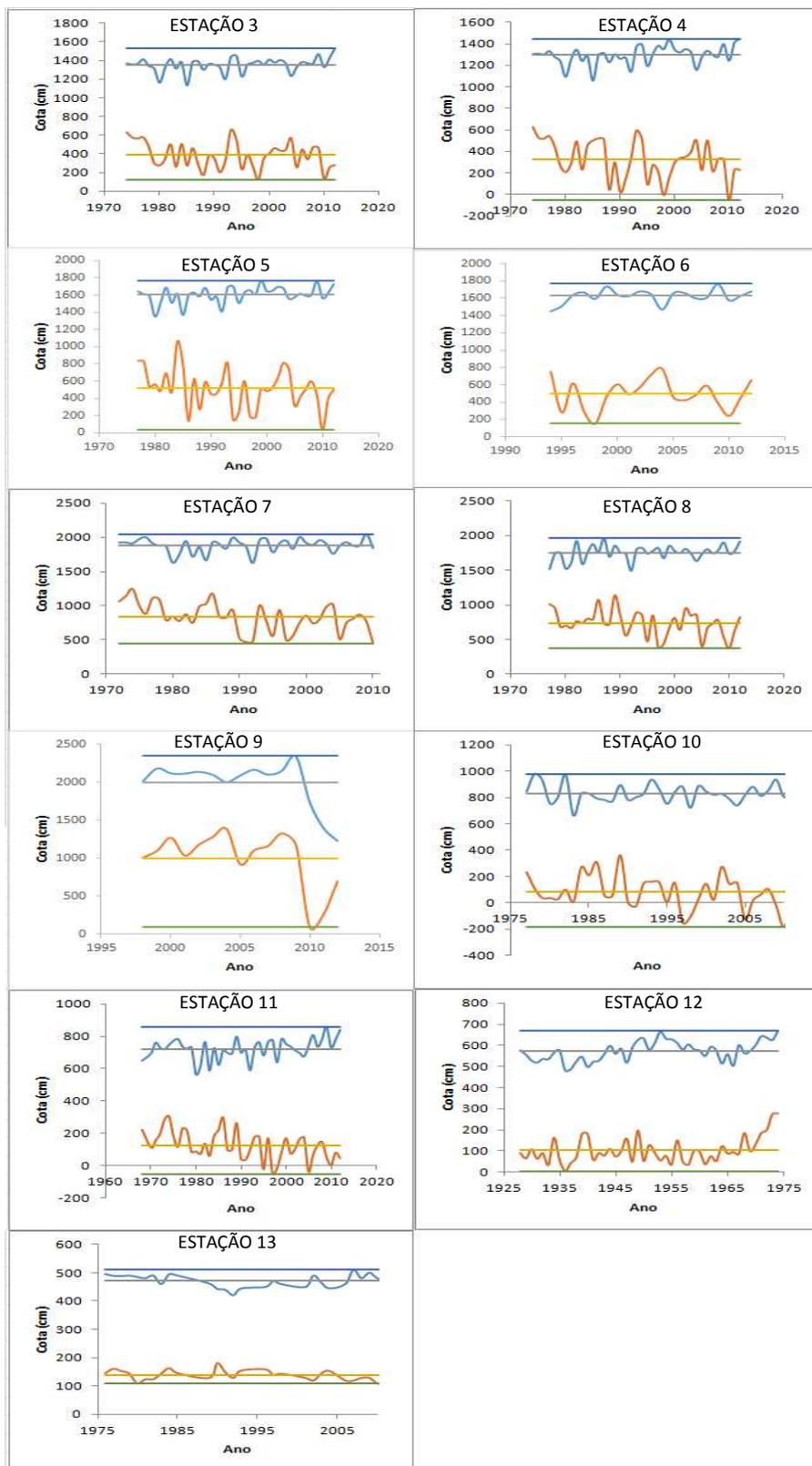


Figura 3: Cotogramas das estações 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13.

### 5.3. Variações das médias das cotas do Rio Amazonas

O estudo das variações dos níveis do rio ( $\Delta h$ ) mostrou um comportamento harmonioso onde se observa algumas variações na medida em que o rio recebe as contribuições dos seus tributários e incremento da área de drenagem, até que no terço final passa a ser influenciado fortemente pelo regime de marés do oceano Atlântico (Figuras 4 e 5).

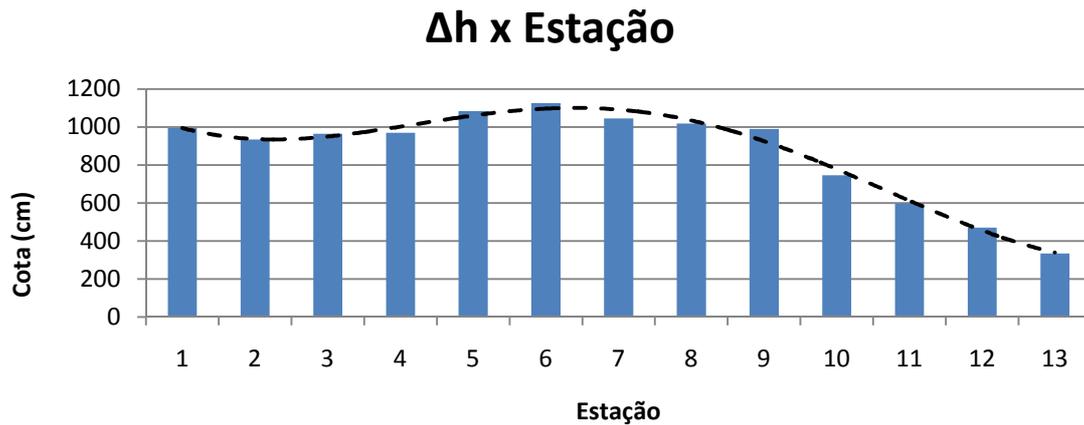


Figura 4: Gráfico da variação das cotas ao longo das estações

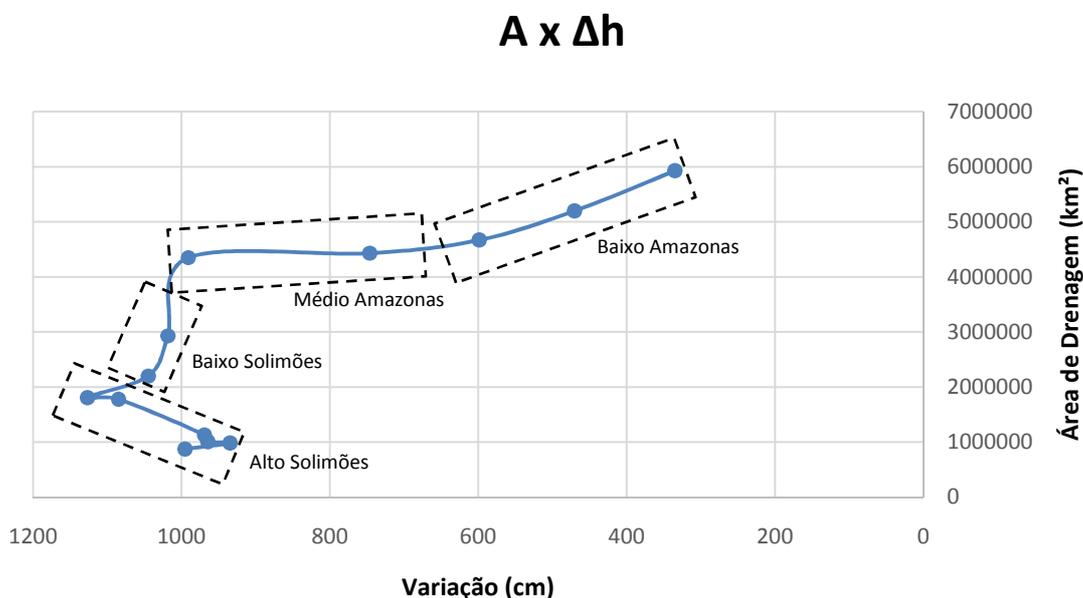


Figura 5: Gráfico da variação em função da área de drenagem

A razão da variação média pela área de drenagem para o rio Amazonas no trecho conhecido como rio Solimões, da estação 1 a 6, trecho sem a influência dos tributários do hemisfério Norte, apresentou um comportamento variável.

Por sua vez, essa mesma razão no trecho final do rio Solimões, depois da estação 6, e depois de receber a contribuição do rio Negro e parte inicial do médio Amazonas, até próximo da estação 9, as variações não se alteram muito apesar do significativo aumento na área de drenagem. Depois de Itacoatiara, estação 9, onde o rio recebe as águas do rio Madeira, até Parintins, estação 10, surge um novo padrão que se caracteriza pelo aumento da área drenagem ao tempo que a variação das cotas se reduz lentamente. A partir daí, depois de Parintins, a área de drenagem aumenta e a variação dos níveis tende a estabilizar-se. Acredita-se que isso ocorre devido à influência das marés do oceano Atlântico.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia empregada possibilitou o desenvolvimento dos cotogramas de estações ao longo do rio Amazonas. Através das análises dos dados e resultados os estudantes tiveram a oportunidade de aplicar o conhecimento adquirido em várias disciplinas do curso de engenharia civil.

A atividade intelectual para interpretar os gráficos exigiu muito dos estudantes, ao que responderam com competência. A atividade foi mais que um simples estudo de caso, pois na verdade foi um processo de aprendizagem denso que resultou na geração de novos conhecimentos e na produção deste trabalho acadêmico.

Pelo ponto de vista pedagógico, o desenvolvimento de um trabalho que estuda fenômenos ambientais locais se mostrou extremamente interessante para a formação de futuros profissionais conhecedores do meio onde estão inseridos.

Outro aspecto pedagógico interessante foi desenvolver novos conhecimentos com aplicação direta em atividades de extensão. Da mesma forma, esse conhecimento foi também serviu para as atividades dos monitores no apoio da disciplina hidrologia aplicada. Com essa integração entre ensino – pesquisa – extensão a experiência acadêmica ficou mais rica.

### *Agradecimentos*

Aqui se faz o agradecimento ao Programa de Extensão em Saneamento no Amazonas, desenvolvido no Departamento de Engenharia Civil com apoio da Pró Reitoria de Extensão da Universidade Federal do Amazonas e Ministério das Cidades por meio do Edital PROEXT – MEC/SESu.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FILIZOLA JUNIOR, N.P., O Fluxo de Sedimentos em Suspensão nos Rios da Bacia Amazônica Brasileira. 1 ed., Brasília, ANEEL. 1999.

GUYOT, J.L., CALLÉDE, J., COCHONNEAU, G. et al., “Caractéristiques Hydrologiques du Bassin Amazonien”. In: Anais de Manaus’ 99 - Hydrological and Geochemical Processes in Large Scale River Basins, CD ROM, Manaus, Brasil, 16- 19 Novembro. 1999.

NORONHA, Marconde C. de. Geoespaço: o espaço geográfico do Amazonas. Manaus: Cecil Concorde, 2003.



RIBEIRO NETO, A., Simulação Hidrológica na Amazônia: Rio Madeira. Tese de D.Sc., COPPE/UFRRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2006.

## **STUDY OF THE BEHAVIOR OF CHANGE OF MAXIMUM AND MINIMUM LEVELS ALONG THE AMAZON RIVER**

***Abstract:** The study of maximum and minimum heights, and the variations between them, in any body of water, is of paramount importance in the characterization of this for future human intervention, either to supply for direct consumption (food, sanitation), study of the potential for possible use as a source energy (hydroelectric), to own and own navigable logistics and security for the local population (warning models). Having absorbed these principles it is essential to study these elements in the Amazon River, observing the need of the above information to the population which is located nearby, and have his whole family structure and economically dependent on this great source of water. The study of data across time series of heights is the guiding this work, the result of an accurate statistical application with a graphical representation, which is intended to represent the physical phenomenon in various parts of the Amazon River (the city of Tabatinga/AM to Macapá/AP). Therefore, the systematization of River Heights demonstrates great importance to study deeper on regional water resources and models of alert flooding and droughts. The results point to four different behavior patterns of variation between the maximum and minimum levels, with a standard bit set to the region of the Amazon River known as the Solimões River, and two distinct and well-defined patterns in middle Amazon and one for the lower Amazon strongly influenced by the tides of the Atlantic Ocean.*

***Key-words:** Maximum heights, minimum Heights, Amazon River, Water Resources Society.*