

DNAEE - CGRH / CNPq

ORSTOM

HIBAM : Hidrologia da Bacia Amazônica

As descargas do rio Amazonas em ÓBIDOS

por

Jacques CALLÉDE

Jean-Loup GUYOT

Valdemar Santos GUIMARÃES

Eurides de OLIVEIRA

Naziano PANTOJA FILIZOLA



Óbidos

BRASÍLIA

Dezembro 1996

(Tradução de uma nota em francês, em publicação na revista "Revue des Sciences de l'Eau").

As descargas do rio Amazonas em Óbidos (Amazonas, Brasil)

Jacques CALLÈDE & Jean-Loup GUYOT
ORSTOM, CP 09747, 70001-970 Brasília (DF), Brasil

**Valdemar Santos GUIMARÃES, Eurides de OLIVEIRA
& Naziano PANTOJA FILIZOLA**
DNAEE, SGAN 603, 70830-030, Brasília (DF), Brasil

Resumo

A estação hidrométrica de ÓBIDOS, no rio Amazonas, é a estação mais a jusante para o controle da descarga fluvial desse rio.

O estudo detalhado do histórico dessa estação mostra que houve duas séries de observação das alturas de água : 1928-1948 e 1968 até hoje. Contrariamente ao que foi admitido para o Decênio Hidrológico, essas duas séries não têm seus zeros referidos ao mesmo nível. A antiga escala hidrométrica seria 77 cm mais alta.

A dispersão de várias medições de descarga não permitiria traçar uma curva-chave. Mas se eliminarmos sistematicamente aquelas efetuadas pelo método "moving boat", as 34 medidas restantes permitem definir uma relação altura-descarga praticamente unívoca.

A análise estatística das descargas que resulta da tradução das alturas, indica um módulo anual de 169 000 m³/s. As estiagens são muito elevadas : a mais baixa observada (75 000 m³/s) é da mesma ordem de grandeza que a enchente centenária do rio Congo. A enchente de 1953 (estimada em 371 000 m³/s) tem um período de retorno perto de centenário.

O rio Amazonas, com seus 36 l/s/km², é o rio mais potente do mundo. É também o mais regular (K₃ = 1,30). Isso se explica pela imensidão de sua bacia hidrográfica (uma zona excedente que compensa uma zona deficiente) e pela importância das cheias laterais nos lagos ou nas várzeas, ao longo de seu curso, que se comportam cada ano como verdadeiras barragens reguladoras sustentando as descargas de estiagem e moderam as enchentes. Ainda assim as descargas são "monstruosas".

Résumé

La station hydrométrique d'ÓBIDOS, sur l'Amazone, est la station la plus aval pour le contrôle du débit de ce fleuve.

L'étude détaillée de l'historique de cette station montre qu'il y a eu 2 séries d'observations des hauteurs d'eau: 1928-1948 et 1968 jusqu'à aujourd'hui. Contrairement à ce qui avait été admis pour la Décennie Hydrologique, ces 2 séries n'ont pas leurs zéros calés au même niveau. L'ancienne échelle serait à 77 cm plus haut.

La dispersion des nombreux jaugeages ne permettrait pas de tracer une courbe d'étalonnage. Mais si l'on élimine systématiquement ceux effectués par la méthode du "bateau mobile", les 34 mesures restantes permettent de définir une relation hauteur-débit pratiquement univoque.

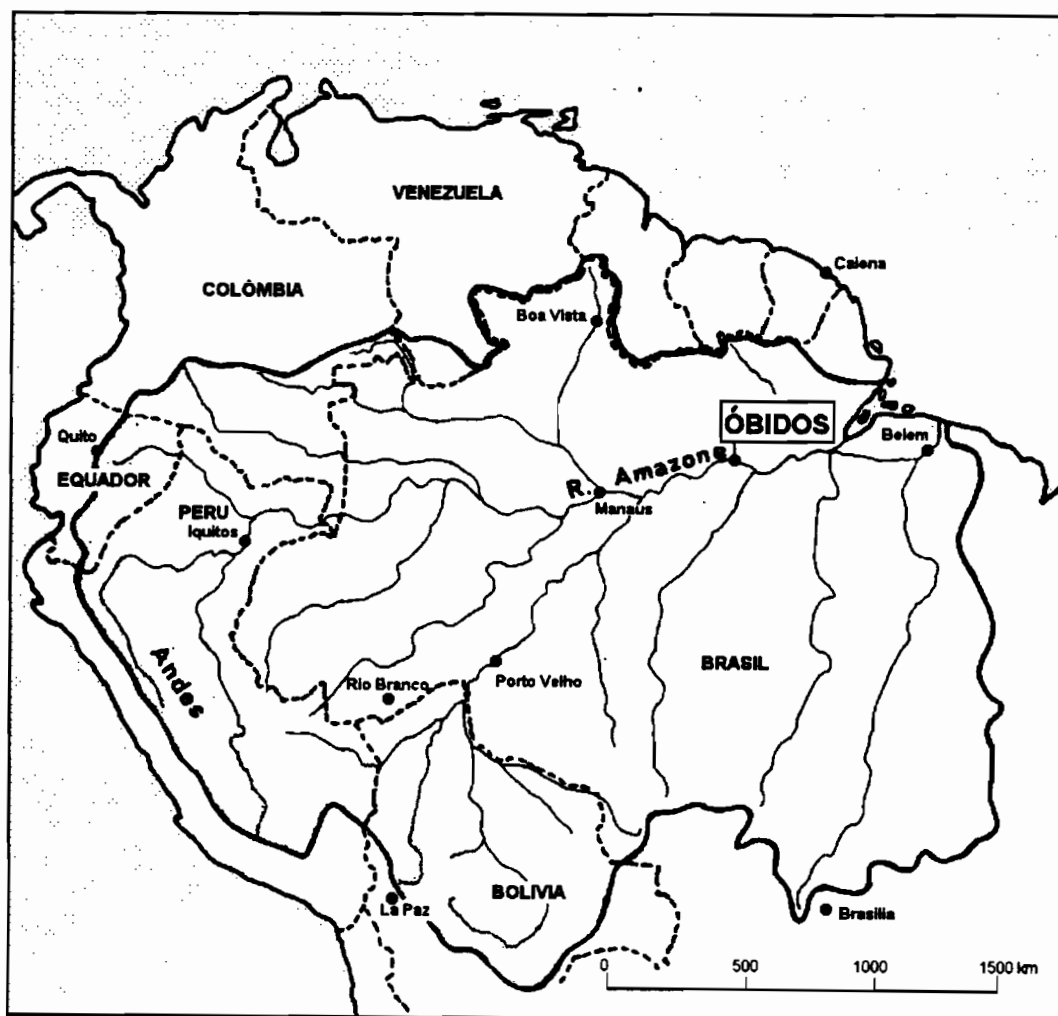
L'analyse statistique des débits résultant de la traduction des hauteurs indiquent un module annuel de 169 000 m³/s. Les étiages sont très soutenus: le plus faible observé (75 000 m³/s) est de même ordre de grandeur que la crue centenaire du fleuve Congo. La crue de 1953 (estimée à 371 000 m³/s) a une période de retour proche de la centenaire.

L'Amazone, avec ses 36 l/s/km², est le fleuve le plus puissant du Monde. C'est aussi le plus régulier (K₃ = 1,30). Ceci s'explique par l'immensité de son bassin versant (une zone excédentaire compensant une zone déficitaire) et par l'importance des débordements latéraux dans les lacs ou les "varzeas", tout long de son cours, qui se comportent chaque année comme de véritables barrages-régulateurs soutenant les débits d'étiages et écrétant les crues. Mais ces débits sont réellement "monstrueux".

« Para todo hidrólogo o rio Amazonas é como Monte Everest para o alpinista: um cume! »
G. Jaccon, Hidrólogo do ORSTOM.

Este estudo parecerá, para alguns, como trivial e sem nenhum interesse científico. Certamente, não se trata de modelo matemático, nem de sensoriamento remoto. O tema só trata da velha e boa hidrometria clássica, mas nunca ainda aplicada racionalmente em estação como a de Óbidos. A importância dos volumes do rio Amazonas mereceria essa publicação. Os valores calculados podem ser doravante considerados como muito próximos à realidade.

O rio Amazonas é o rio mais importantes do nosso Planeta. Tanto pela extensão de seu curso, quanto pela superfície de sua bacia hidrográfica e sua descarga. O grande hidrólogo Maurice Pardé já falava dessas « descargas monstruosas » (Pardé, 1965).



A bacia amazônica

A estação hidrométrica para medida de descargas do rio Amazonas, mais a jusante, é a de Óbidos no estado do Pará (ver figura acima). Nessa estação, a influência da maré do oceano Atlântico não é muito importante e pode ser considerada como negligenciável no momento (trabalhos de pesquisas em curso). Situa-se a cerca de 700 km do oceano.

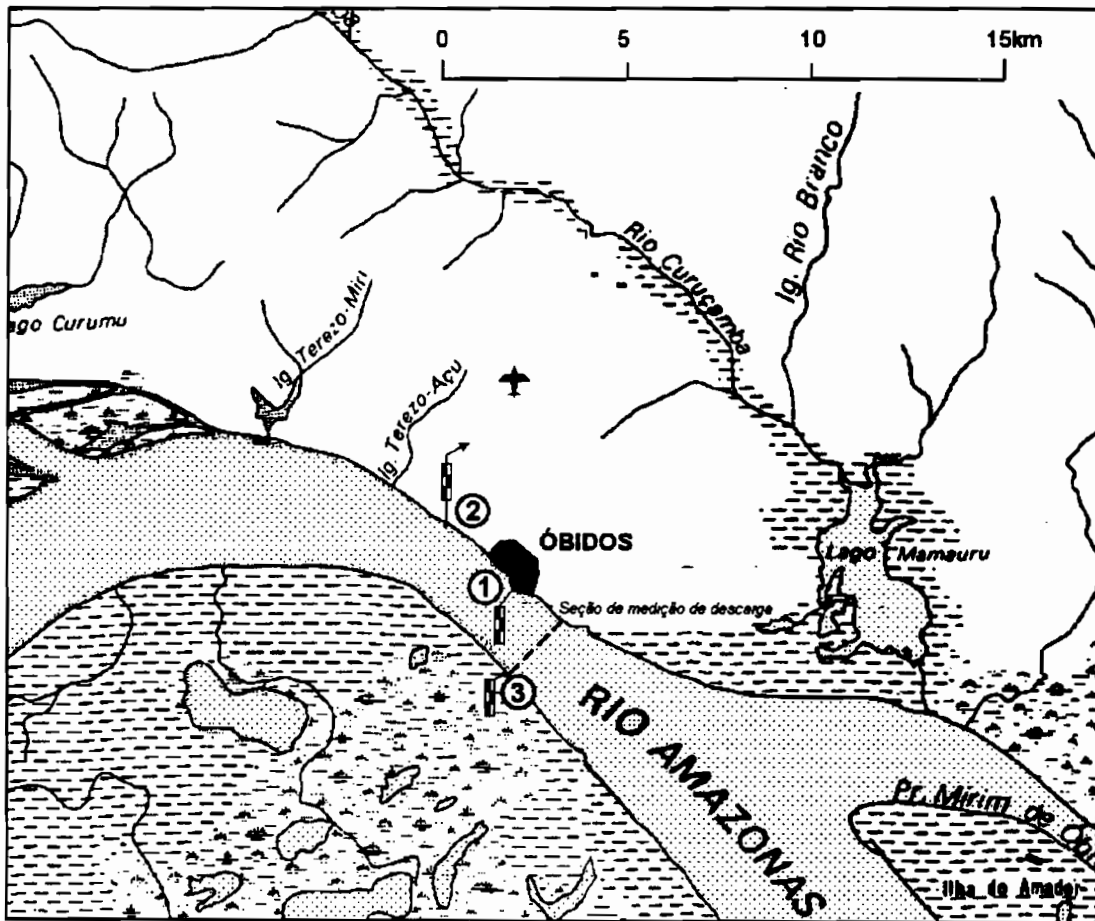
É a estação de referência das descargas do rio Amazonas.

As coordenadas geográficas são :
01°56' de latitude Sul
055°30' de longitude Oeste

No momento, a altitude não é conhecida precisamente: a cidade está aproximadamente 45m e a planície onde o rio corre a cerca de vinte metros acima do nível do mar.

A superfície da bacia hidrográfica é de 4.680.000 km² (superfície global da bacia : 6.100.000 km²).

Portanto, parece lógico tratar com o máximo de cuidado essa estação que mede as maiores descargas do mundo.



As diversas estações hidrométricas em ÓBIDOS

Legenda

- 1 : Régua do Porto
- 2 : Limnógrafo e teletransmissão ARGOS
- 3 : Régua da Seção de medições de descarga

1-HISTÓRICO DA ESTAÇÃO

1.1 As estações hidrométricas sucessivas

1.1.1. Antiga escala

Em 1927 uma escala limnimétrica foi instalada pela Divisão Hidrográfica do Governo Brasileiro (atualmente Direção de Hidrografia e de Navegação) no trapiche do Porto de Óbidos para suprir as necessidades da navegação. Ela funcionou até junho de 1953, data na qual o trapiche (e a escala) foram destruídos por uma enchente extraordinária (a mais forte observada até nossos dias) do rio Amazonas.

Os levantamentos, de boa qualidade, começaram no dia 11 dezembro de 1927. Seguiram-se, sem nenhuma lacuna, quotidianamente até 30 de setembro de 1947, e de maio até julho 1948.

Infelizmente não existe nenhum nivelamento altimétrico dessa escala.

1.1.2 Escala « Oltman »

Na ocasião das três medições de descarga efetuadas em 1963 e 1964, E. Oltman tentou reconstituir o zero da antiga estação com ajuda de uma antiga fotografia na qual constava a escala e o Mercado municipal (existindo ainda em 1996). O erro, a temer, é estimado segundo ele da ordem de ± 10 cm (Oltman, 1964).

1.1.3 Escala de 1967

Na ocasião da medição de descarga de maio de 1967, uma escala provisória de 6,00 a 7,50 m, foi instalada, sem que tenha sido realizada a leitura sistemática, quotidiana, das alturas de água. Um nivelamento altimétrico foi feita em três marcas da qual só subsiste a do Mercado municipal. O hidrólogo esforçou-se para colocar a régua ao mesmo nível que o de Oltman (Veiga, 1968).

1.1.4 Escala atual

A escala atual foi instalada em um novo trapiche, no dia 22 de fevereiro de 1968. Os levantamentos quotidianos, de boa qualidade, estão sem nenhuma lacuna até hoje (exceção feita ao ano de 1969, desaparecida dos arquivos).

Um nivelamento altimétrico foi feita em pelo menos 3 marcas.

Um limnígrafo foi instalado no início 1982, vários quilômetros a montante. O zero da escala-Limnígrafo está nivelado na mesma altitude que a escala-Porto. Devido à distância entre as duas escalas, as alturas limnigráficas devem ser diminuídas em 11 cm. Além disso, o poço do limnígrafo fica seco quando o nível do rio Amazonas desce abaixo de 0,65 m (escala-Porto). Esse limnígrafo é equipado, desde 1985, com um equipamento de teletransmissão via o satélite ARGOS.

Enfim, em 1969, uma bateria de réguas limnimétricas foi implantada na seção permanente de medições de descarga, na margem direita, 2 km a jusante do Porto. O zero dessa escala é teoricamente nivelado ao da escala-Porto.

1.2 Altitude dos zeros das escalas de ÓBIDOS

1.2.1 Altitude do zero da escala atual (1968)

Os nivelamentos sucessivos, desde 1968, indicam um zero situado a 8,144 m abaixo de um marco CPRM « RN4 », situado nos limites do Porto de ÓBIDOS.

1.2.2 Altitude do zero da escala de 1967

Um nivelamento muito recente indica que o zero dessa escala de 1967 seria 8 cm mais baixa que a escala atual. A única consequência é aumentar 8 cm no valor do nível da medição (6,76 m) de descarga de maio de 1967, o qual sobe à 6,84 m.

1.2.3 Altitude do zero da escala « Oltman »

Tudo nos leva a pensar que esse zero é de mesma altitude que o da antiga escala.

1.2.4 Altitude do zero da antiga escala

Tudo nos leva a pensar, pela literatura relativa a ÓBIDOS, que o zero da escala atual teria sido nivelado à mesma altitude que o da antiga escala. É com a essa hipótese que as descargas desse período foram calculadas no Decênio Hidrológico Internacional (UNESCO, 1971) e infelizmente retomados por outros pesquisadores e não pelos mesmos (Rodier & Roche, 1984).

Infelizmente, o que foi acima descrito é impossível. A melhor prova, é que a enchente do rio Amazonas de 1954, a mais forte observada em sua bacia desde pelo menos 1928, foi registrada no nível 7,5 m na antiga escala. Nos níveis observados da escala atual, esse valor já foi ultrapassado 5 vezes de 1970 a 1996.

Três tentativas foram utilizadas para definir a decalagem.

(i) - a enchente de 1953.

Em 1995, foi possível definir, comparando ao zero da escala atual, o nível d'água da enchente de 1953, em função da marca da dita enchente. Um nivelamento, tendo como base numa marca de enchente levantada em uma fotografia feita logo após a enchente de 1953, resulta uma altura de 8,15 m. Com uma altura de 8,15 m, a decalagem em relação ao nível da enchente na antiga escala (7,5 m segundo as observações de Oltman, valor certamente exato já que os trabalhos aconteceram só dez anos após 1953) seria de 65 cm.

(ii) - As 3 medições de descarga de 1963-64

Utilizando a curva-chave (vide figura pagina 11), obtemos para as três medições de descarga Oltman de 1963-64:

Altura da água antiga escala (m)	Descarga (m ³ /s)	Altura na Curva-chave (m)	Diferença de altura (m)	Sensibilidade (*) (m ³ /s)
5,8	216 000	6,75	+0,95	0,583
-0,5	72 500	-0,10	+0,40	0,101
4,76	165 000	5,26	+0,40	0,174

* Sensibilidade : diferença em m³/s para uma variação de nível de 1 cm

Foi realizada a média ponderada, para a sensibilidade, com as diferenças de altura (coluna 4): obtendo-se 0,78 m.

(iii) -.Da diferença entre os valores médios dos níveis d'água observados nas duas escalas, obtêm-se duas séries de amostras de altura de água : a de 1927/1948 e a que começa em 1968.

Não houve grande diferença climática notável entre os anos de observação dessas duas amostras. A distribuição de seus valores médios segue, pelo Teorema do limite central (visto a importância da bacia hidrográfica), um comportamento normal (lei de Gauss). Portanto a diferença entre a média de cada amostra resultará no valor da decalagem.

Com as alturas de água (cotas), a escala antiga (18 anos de observações) resultará uma média interanual de 3,96 m.

Na escala atual (25 anos de observação) essa média é de 4,79 m.

Nesse sentido a decalagem seria de 83 cm.

Porém, é preferível trabalhar com descargas a níveis d'água porque, evidentemente, a relação nível-descarga está longe de ser linear. Uma tentativa, com deslocamentos sucessivos diferentes, dá um valor igual ao das descargas médias interanuais (169,7 bilhões de m³/s no período 1968/1995) enquanto a decalagem é de 82 cm.

-Conclusão

A diferença de nível com a enchente de 1953, determinada pelas marcas indicadas em 1994, ou seja 41 anos mais tarde (então um pouco suspeitas) é de 65 cm.

A diferença pelas três primeiras medições de descarga é de 78 cm. Por método estatístico obteve-se 82 cm.

Esse valor está confirmado para a cota de inundações. Segundo Oltman, elas acontecem quando a altura do rio Amazonas é superior a 6,9 m à antiga escala (Oltman, 1965). A ficha técnica da instalação da nova estação hidrométrica de 1968 é de 7,62(!) m como limite inferior das inundações, o que corresponde bem a uma decalagem de 0,7 m.

Com as decalagens de 65, 78 e 82 cm, o valor mais provável é de 77 cm.

A antiga escala estaria provavelmente em 77 cm acima da escala atual.

Definitivamente, comparado o marco CPRM « RN4 » (8,144 m), os zeros das escalas sucessivas são :

- Antiga escala :	8,91 m
- Escala « Oltman »:	8,91 m
- Escala 1967 :	8,23 m
- Escala atual :	8,14 m

O marco de nivelamento de 1967 (degrau da escada do Mercado Municipal), está, sempre segundo o marco RN4 atual, na altitude de 8,504 m.

Observação

É muito provável que, em 1967, os hidrólogos tenham se esforçado para alinhar o zero da altura de água na escala de 1927. A decalagem atual se explica :

- por uma imprecisão na determinação do zero da antiga escala, feita com ajuda de fotografias.

- pelo clássico erro de 1 metro.

Erro a temer na decalagem

Um erro de 1 cm na decalagem leva a :

- um erro de 0,22% sobre o valor do módulo anual,

- um erro de 0,18% sobre as estiagens (altura de água da ordem de 1 m),

- um erro de 0,38% nas cheias (altura de água na ordem de 7 m),

- um erro de 0,47% nas cheias muito fortes (altura de água da ordem de 8

m).

Para alguns centímetros de erro de decalagem, o erro é inferior à precisão de uma boa medição de descarga. Em compensação tratar as descargas da antiga escala como se elas estivessem com o mesmo zero que a escala atual leva a um erro de 16,9% para o módulo, o que é considerável.

2- A MEDIDA DAS DESCARGAS EM ÓBIDOS

A estação hidrométrica de ÓBIDOS, no rio Amazonas, mede as descargas mais fortes do mundo. Também, há quarenta anos atrás, um bom número de hidrometristas preocuparam-se em medir essas descargas e tentaram estabelecer uma calibração. O problema não é fácil.

A estação de Óbidos, situada cerca de 7000 km da foz do rio Amazonas, é a mais a jusante. O declive é fraco (IQUITOS, no Peru, só está à 80 m de altitude, situando-se a 2700 km da foz) razão pela qual a maré do oceano Atlântico sobe muito a montante. Mesmo em ÓBIDOS, as gravações do limnígrafo indicam uma oscilação quotidiana devido a maré, em baixas e médias águas. Oito medidas de descarga, realizadas na ocasião de uma séria estiagem em 17 de novembro de 1995, parecem indicar que essa influência seja negligenciável sobre as descargas.

A seção de medição, primitivamente à direita da cidade de ÓBIDOS, foi transferida 2 km para jusante. Nesse local, a margem direita é levemente mais alta que a planície de inundação em frente a ÓBIDOS, como indica uma marca de nivelamento com altura 8,04 m. Durante alguns quilômetros, o rio Amazonas corre em um canal sem nenhuma inundação possível exceto em cheias extraordinárias. A largura é somente de 2300 m, quando a jusante ou a montante ela pode atingir 10 km ou mais. A profundidade é superior a 50 m. A velocidade de água ultrapassa a 2m/s, tanto na superfície como no fundo. Uma balizagem permanente foi implantada no fim 1969.

Esse canal é perigoso para a navegação. Em 1988, o Dr Ronaldo Pinto Carreiro - Diretor Presidente da Companhia de Navegação da Amazônia - indicava que quase 70 barcos já haviam afundado. Além do vento, das ondas, dos corpos flutuantes e dos outros barcos, por isso, trabalhar com um navio ancorado é uma grande façanha. Mas alguns capitães tentaram fazer, sem melhora muito significativa da qualidade da medida tendo em conta os riscos em curso (descarga de medições nº 16 -ancorado- em relação à nº17, não ancorado, medições de descarga nº18 e 19, nº21 e 20).

2.1 Métodos de medida das descargas do rio Amazonas em ÓBIDOS

2.1.1 Método dito « dos grandes rios »

A medida é feita na seção de medições de descarga, vertical por vertical, com 2 a 6 pontos de medida de velocidade da água na vertical. Dez verticais, pelo menos, são assim tratadas.

O barco não é ancorado e toda a dificuldade consiste em mantê-lo no melhor posicionamento possível, ao mesmo tempo, na seção de medições de descarga e na distância escolhida para a vertical. « *A maioria dos barcos utilizados pelos hidrólogos, tal como o « Gamboinha III », não têm comando direto do motor a partir do posto de pilotagem. Só existe um fio longo mecânico que vai acionar uma campainha junto ao motor e seu encarregado, fazendo um « chadburn » muito simplificado (um sinal = « devagar », dois sinais = « mais rápido », três sinais = « mudança de marcha »).* Isso é toda a destreza dos pilotos que chegam, em tais condições, a manter a posição do barco a alguns metros de diferença » (Jaccon, 1987).

A determinação da posição efetua-se seja com um sextante (ou um círculo hidrográfico) a partir do barco, seja com 2 teodolitos na margem, onde os observadores comunicam-se por rádio com o barco. A utilização de geodímetros (gênero WILD-DISTOMAT) começa a ser empregada : um único operador, na margem, é suficiente.

A medida das velocidades na vertical e o cálculo da descarga são clássicos.

2.1.2 Método dito « CAMREX »

O método é parecido ao dos « grandes rios ». A diferença consiste em que a medida das velocidades efetua-se por integração vertical do campo das velocidades, tanto na descida quanto na subida do molinete. É um método excelente, à condição de que o ponto de subida seja muito próximo ao ponto de partida.

Esse método foi desacreditado injustamente, porque com exceção de uma só medição de descarga, os resultados obtidos são bons.

2.1.3 Método do « moving boat »

Foi aperfeiçoado por G.F SMOOT por volta de 1967.

É uma medida por integração horizontal da velocidade de superfície. O barco desloca-se de uma margem a outra, com um molinete hidrométrico medindo continuamente a velocidade da água a um metro de profundidade.

Duas variantes foram oficializadas pela AFNOR (Associação Francesa de Normalização).

- uma consiste em medir o ângulo dado pelo molinete hidrométrico com relação ao eixo da seção de medição de descarga e em utilizar esse ângulo para calcular as componentes da velocidade de deslocamento do barco ao longo da seção, e por outro lado da velocidade da água.

- a outra consiste em determinar a posição do barco em um certo número de pontos na seção de medições de descarga (teodolitos, sextante, ...) e em deduzir, por cálculo, as duas componentes da velocidade.

Só o primeiro método foi utilizado em ÓBIDOS

Conhecendo a velocidade média de superfície, a descarga escoada será facilmente calculada, se for conhecida :

- a seção molhada (determinada geralmente por um levantamento a ecobatímetro)

- a relação existente entre a velocidade média na seção molhada e a velocidade média na superfície.

2.1.4 Aparelhagem de medida por efeito Doppler (ADCP)

Essa aparelhagem é de uso muito recente (1991). É o fruto do desenvolvimento, em paralelo, de equipamentos de medidas oceanográficas.

Quatro emissores-receptores ultrasônicos efetuam medidas de tempo de ida e volta em quatro direções diferentes. A combinação dessas medidas permite conhecer :

- a posição do barco

- a profundidade da água

- a velocidade em diversas profundidades

- a direção do vetor de velocidade

- o enfraquecimento do sinal (que corresponde à carga sólida em suspensão na água).

Assim como para o método do « moving boat », o equipamento embarcado vai de uma margem a outra.

O sistema calcula integralmente a descarga escoada a partir da margem de partida. Considera a travessia como uma sucessão de verticais fictícias onde são medidas as velocidades em várias profundidades. Na margem de chegada, a descarga total é afixada. As posições sucessivas do barco e as correções das trajetórias são determinadas pelo equipamento.

Esse aparato é perfeitamente bem adaptado ao rio Amazonas e aos grandes rios brasileiros.

Os inconvenientes são:

- um preço bastante alto (50 000 US\$),
- o aparelho só funciona para uma certa escala de profundidade. Um instrumento multi-profundidades não existe ainda,
- o equipamento, com muitas placas eletrônicas, não possui uma estrutura física muito confiável.

2.2 Resultado das medidas de descarga do rio Amazonas em ÓBIDOS

De 1963 a julho de 1996, 122 medidas de descarga foram efetuadas.

Os principais intervenientes foram :

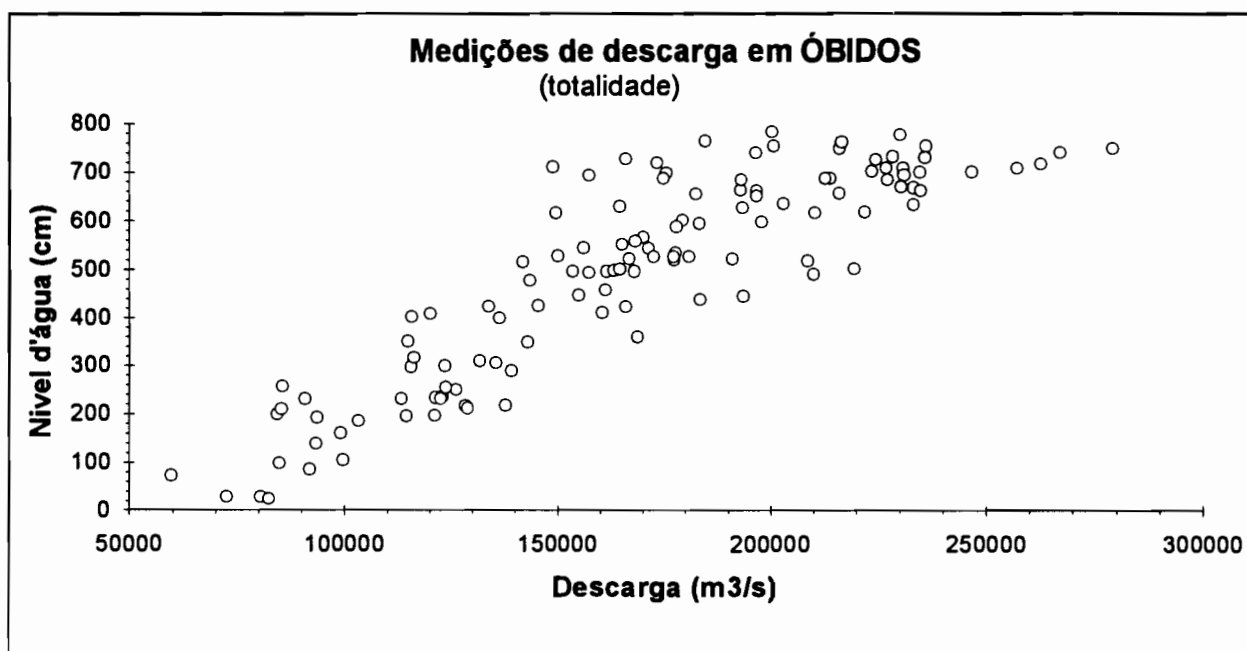
- os hidrólogos do US Geological Survey, que realizaram 7 medidas de muito boa qualidade pelo método « dos grandes rios », os do Projeto CAMREX (grupo científico que engloba as Universidades de Washington (USA), de São Paulo e o Instituto de Pesquisas Amazônicas), com 11 medidas feitas seguindo seu próprio método,

- os hidrólogos do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) que utilizaram, um de cada vez, o método dos « grandes rios », o do « moving boat » e enfim o sistema ADCP para realizar 104 medidas.

Em 122 medidas, a grande maioria foi feita pelo método do « moving boat » (88 medidas). O método dos grandes rios foi usado 18 vezes, a do projeto CAMREX 11 vezes e a do material ADCP, novíssimo, 5 vezes.

2.2.1 Distribuição das medições de descarga

Função do nível d'água e da descarga, a totalidade das medições de descarga distribuem-se de uma maneira extremamente « nebulosa » o que torna impossível todo o traçado da curva-chave, com um mínimo de precisão.



A eliminação da totalidade das medições de descarga efetuadas segundo o método do « moving boat » nos surpreende positivamente. Com exceção de 4 medições de descarga, as outras 30 distribuem-se como se a estação fosse unívoca. As medições de descarga suspeitas são :

- a medição nº22 (n= 6,19m Q= 222 000m³/s), efetuado por um excelente hidrometrista do ORSTOM, que mediu a descarga 2 vezes com 2 métodos diferentes (grandes rios e "moving boat");

- a medição nº24 (n = 6,86m, Q=175 000m³/s) da CAMREX (da qual ignoramos os detalhes das medidas), efetuado na enchente e bem abaixo das outras medições de descarga;

Lista das medições de descarga anotadas
(nível em cm, Descarga em m³/s)

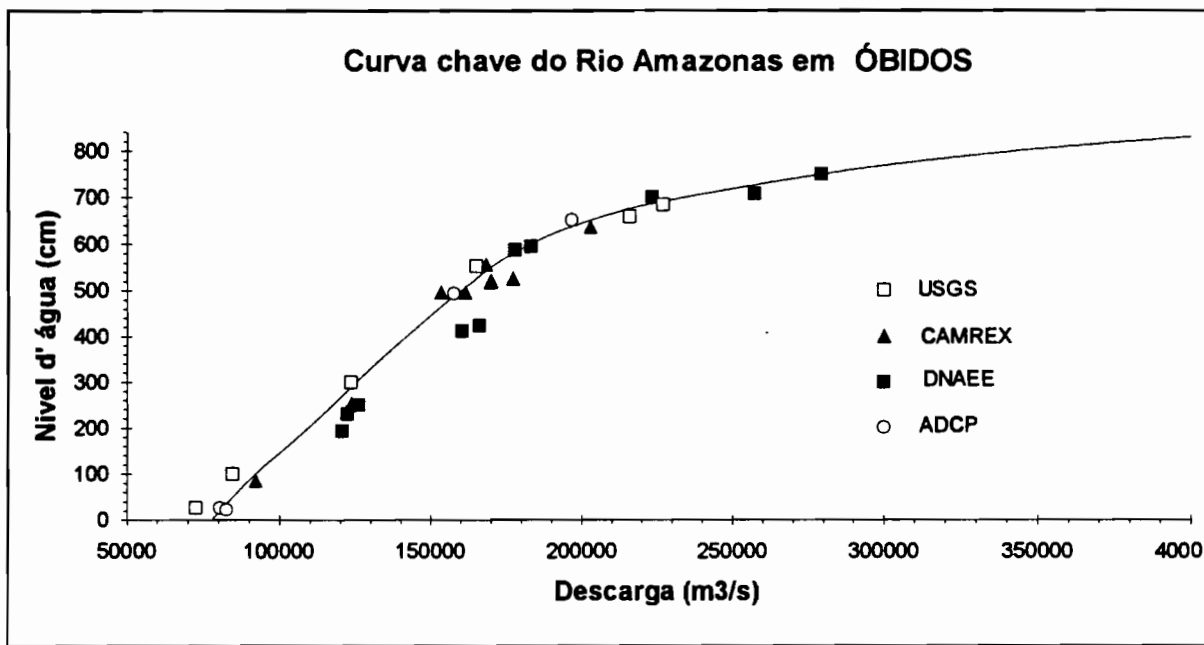
Número	Data	Nível	Descarga	Organismo
1	16/07/1963	657	216.000	USGS
2	20/11/1963	27	72.500	USGS
2	09/08/1964	553	165.000	USGS
4	24/05/1967	684	227.075	USGS+Hid.*
5	06/02/1968	299	123.434	USGS
6	22/11/1969	99	84.740	USGS
7	22/04/1971	701	223.380	DNAEE
8	05/09/1982	496	161.300	CAMREX
9	13/12/1982	235	121.900	CAMREX
10	12/04/1983	522	170.100	CAMREX
11	15/07/1983	519	169.700	CAMREX
12	15/11/1983	86	92.100	CAMREX
13	04/03/1984	527	177.000	CAMREX
14	31/07/1984	636	202.900	CAMREX
15	22/08/1984	558	168.100	CAMREX
16	10/05/1985	588	177.833	DNAEE
17	14/05/1985	594	183.200	DNAEE
18	09/09/1985	424	166.023	DNAEE
19	12/09/1985	411	160.400	DNAEE
20	06/12/1985	231	122.510	DNAEE
21	09/12/1985	251	126.043	DNAEE
22	15/07/1987	619	221.810	DNAEE
23	12/12/1988	254	123.600	CAMREX
24	07/05/1990	686	174.600	CAMREX
25	09/09/1991	497	153.400	CAMREX
26	28/06/1993	707	256.973	DNAEE
27	26/10/1993	194	120.760	DNAEE
28	21/06/1994	749	279.297	DNAEE
29	23/09/1994	490	210.000	DNAEE
30	24/03/1995	494	157.380	ADCP
31	05/07/1995	651	196.700	ADCP
32	17/11/1995	28	80.400	ADCP
33	17/11/1995	23	82.400	ADCP
34	18/07/1996	685	193.000	ADCP

* USGS+Hidr: USGS com Sociedade Hidrologia S.A.

DNAEE: metodo "dos Grandes Rios" ADCP: DNAEE com equipamento ADCP

- a medição nº29, ($n = 4,90\text{m}$, $Q=210\ 000\text{m}^3/\text{s}$) que situa-se em período de águas baixas e com uma velocidade média da água ($1,81\text{m/s}$) claramente superior às outras velocidades médias (cerca de $1,5\ \text{m/s}$) das medições de descarga efetuadas para uma altura de água vizinha. A superfície da seção molhada não apresenta anomalia,

- a medição nº34 ($n = 6,85\ \text{m}$, $Q=193\ 000\text{m}^3/\text{s}$), muito recente, efetuada com o ADCP. O resultado é fraco. A diferença na curva-chave é da mesma ordem de grandeza que a medição de descarga nº22.



2.2.3 Extrapolação da curva-chave

A extrapolação da curva, para águas baixas, é quase inexistente já que duas medições de descarga recentes foram efetuadas no nível $0,23\ \text{m}$ e $0,28\ \text{m}$ para uma estiação absoluta a $-0,22\ \text{m}$.

A extrapolação das cheias é mais importante : a medição de descarga mais forte foi feita no nível $7,49\ \text{m}$, enquanto a enchente mais forte está a $8,27\ \text{m}$. A extrapolação da descarga do leito maior deve ser acrescentada a do leito menor devido as inundações.

Inundações em períodos de enchentes

Inundações no leito maior aconteceram quando o nível na estação limnimétrica era superior a $7,6\ \text{m}$ (Oltman, 1965). Esse fato foi confirmado pelos hidrólogos que efetuaram a medição de descarga recorde, no nível $7,49\ \text{m}$: sobrevoaram ÓBIDOS e não viram rastro de transbordamentos. Além disso, a ficha técnica da instalação da estação hidrométrica dá o nível $7,62(!)\ \text{m}$. como valor acima do qual ocorre a inundação

Até agora nenhuma medição de descarga do leito maior foi efetuada, o que é lamentável. Deve-se salientar (e a experiência dá prova disso) que é um trabalho duro e cansativo. O leito maior em ÓBIDOS mede cerca de trinta quilômetros de extensão (Oltman, 1965) e deslocar-se em linha reta, em menos de um metro de profundidade, não é fácil. Felizmente hoje em dia os receptores portáteis GPS podem ajudar muito no posicionamento dos pontos de medida.

Tomando como base de cálculo :

- leito maior de 30 km de largura,
- velocidade da água na ordem de 0,3 m/s,

a descarga no leito maior, para um nível em ÓBIDOS de 8,3 m (com uma profundidade média de 0,7 m no leito maior) seria de 6 000 m³/s.

Para esse nível de 8,30 m a extrapolação logarítmica do leito menor dá uma descarga de 378 000 m³/s. Admitindo-se uma descarga total de 384 000 m³/s para esse nível, as inundações representam cerca de 1,6% da descarga total, o que é muito pouco, isto é, na hipótese de o valor de 6 000 m³/s ser próximo da realidade, assim como os 378 000 m³/s de antes. E admitindo que esses 6 000 m³/s voltem efetivamente no rio Amazonas contornando a seção de medição.

3-ESTUDO ESTATÍSTICO DOS DÉBITOS DO RIO AMAZONAS EM ÓBIDOS

A tradução das alturas em descargas não apresenta nenhuma particularidade, assim como os cálculos clássicos das descargas mensais e anuais. Claro, levou-se em conta os 77 cm de decalagem nas cotas entre as duas séries de observação (1928/48 e desde 1968).

Uma correlação hidropiuviométrica seria interessante, mas, não foi possível calcular, ainda, a pluviometria média de Manaus a ÓBIDOS.

A variação lenta e regular dos parâmetros (módulos, estiagens e enchentes) fazem aqui todas as leis estatísticas clássicas (Gauss, Galton, Pearson III, Gumbell, Goodrich) são válidas. O mais difícil é escolher a boa distribuição.

3.1 Descargas médias mensais

Essas descargas foram calculadas sobre uma amostra que varia de 46 a 48 anos de observação.

O ano hidrológico inicia-se em 1 de novembro e termina, obviamente, em 31 de outubro do ano seguinte (ver explicação de mês de início 3.3)

O regime é totalmente regular: uma só enchente e uma só estiagem. A simetria entre subida das águas e baixa é quase perfeita.

Essa regularidade vai se repetir em todas as características do regime : módulos, estiagens, e enchentes.

DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS

Mês	Descarga em milhões de m ³ /s	Número de anos de observação
novembro	107	46
dezembro	116	46
janeiro	133	46
fevereiro	154	46
março	175	47
abril	206	47
maio	240	48
junho	240	48
julho	213	48
agosto	177	47
setembro	143	47
outubro	114	46

Módulo interanual : 168 000 m³/s

Módulos, estiagens e enchentes (período de 1928-1995)
(em milhares de m³/s)

Ano	Modulos	Estiagens	Enchentes	Ano	Modulos	Estiagens	Enchentes
1928		100	284	1967			[224]
1929	166	93.2	276	1968		113	202
1930	166	107	243	1969			[208]
1931	154	95.6	230	1970		94.5	229
1932	175	101	260	1971	179	120	288
1933	164	90.4	256	1972	179	109	264
1934	181	129	292	1973	172	123	250
1935	184	89.3	300	1974	191	127	280
1936	145	90.3	212	1975	198	106	307
1937	150	89.3	212	1976	194	95.4	326
1938	162	101	257	1977	168	118	269
1939	183	126	281	1978	175	113	257
1940	164	119	213	1979	169	90.4	267
1941	165	91.8	231	1980	135	91.2	176
1942	162	98.4	236	1981	147	88.3	191
1943	172	93.8	260	1982	181	86.1	302
1944	188	105	309	1983	138	86.1	179
1945	157	94.5	244	1984	168	105	259
1946	183	99.9	283	1985	154	113	190
1947			213	1986	175	125	244
1948			288	1987	165	92.2	231
1949			[338]	1988	158	92.3	228
1950			[343]	1989	206	120	342
1951			[285]	1990	165	83.4	235
1952			[317]	1991	167	82.5	248
1953			[371]	1992	131	91.8	180
				1993	174	106	262
				1994	200	106	296
				1995	151	75	219
				1996			122

(A enchente corresponde ao ano calendário. A estiagem corresponde ao mínimo de descarga em fim de águas baixas. O módulo é calculado sobre o período começando 1 de novembro do ano precedente e terminando em 31 de outubro do ano calendário.)

3.2. Estudo dos módulos

43 módulos foram calculados e depois analisados

O módulo mais forte é de 206 000 m³/s

O módulo mais fraco é de 131 000 m³/s

Módulo médio : 169 000 m³/s

Desvio-padrão : $\sigma = \pm 16\ 800$ m³/s

Coefficiente de variação: 0,099

Seria muito surpreendente se a distribuição dos módulos não seguisse um comportamento normal (lei de Gauss).

A imensidão da bacia hidrográfica faz com que a descarga média anual seja resultante de uma grande quantidade de fenômenos aleatórios, assim o Teorema do limite central se aplica e a lei de distribuição de Gauss é a que melhor se ajusta.

Eis o caso :

- 56 % de amostras inclusas entre (média - $2/3\sigma$) e (média + $2/3\sigma$) para teoricamente 50 %

- 72 % de amostras inclusas entre (média- σ) e (média + σ) para teoricamente 68%

- 95 % de amostras inclusas entre (média - 2σ) e (média + 2σ) para teoricamente 95 %

-100 % de amostras inclusas entre (média - 3σ) e (média + 3σ) para teoricamente 99,7%

Resultados do ajustamento:

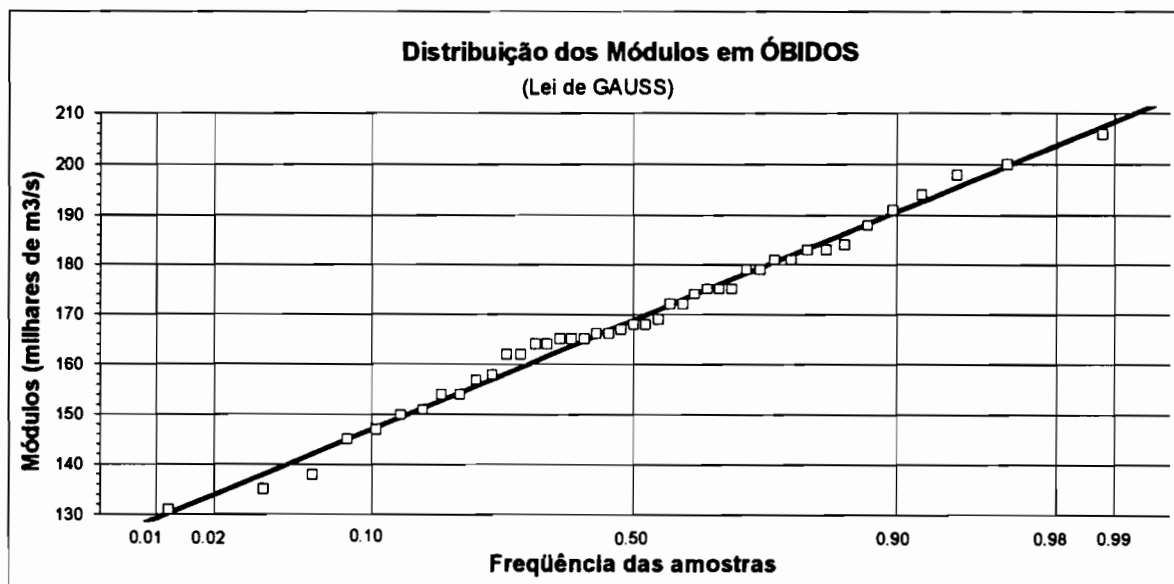
	Decenal seca	Média	Decenal úmida
Módulo anual (em milhares de m ³ /s)	147	169	191

Módulo interanual: 169 000 m³/s

Módulo específico interanual: 36,1 l/s/km²

Lama equivalente : 1 140 mm

Com uma pluviometria interanual média em ÓBIDOS de 2 520 mm (Guyot et al., 1994), o déficit hídrico é de 1 371 mm, valor bem próximo da evapo-transpiração potencial da bacia amazônica. A evapo-transpiração potencial, como comparação, é de 1100 mm em Brazzaville (Riou, 1972) e de 1240 mm em Bangui (Callède, 1972) na bacia do rio Congo.



Desvio-padrão : $\sigma = \pm 16\,999$ m³/s

Coefficiente de variação : 0,101

X_2 : 9,21, o que com 5 graus de liberdade resulta uma frequência superior a 0,100.

(com o teste do X_2 , se a frequência é maior que 0,050 a lei é boa)

Coefficiente K3: 1,30

O coeficiente K3 caracteriza a irregularidade interanual. É o quociente da divisão do módulo do ano decenal úmido pelo módulo do ano decenal seco. Aqui um valor K3, de 1,30, indica uma grande regularidade de um ano a outro.

3.3 Estudo das estiagens

A amostra aqui é de 46 valores, três anos incompletos foram utilizados.

3.3.1 Data da ocorrência das estiagens

A estiagem, nesses 46 anos, apareceu entre 23 de setembro e 24 de dezembro. A distribuição dos dias de ocorrência segue a lei de Gauss.

O que resulta :

- dia mais provável de ocorrência: 8 de novembro
- um ano sobre dois, a estiagem ocorre entre 27 de outubro e 20 de novembro,
- um ano sobre cinco, a estiagem ocorre entre 2 e 13 de novembro
- um ano sobre dez, a estiagem ocorre entre 5 e 10 de novembro

É por isso que o mês de novembro foi escolhido para começar o ano hidrológico.

3.3.2 Distribuição das descargas da estiagem

Os 46 valores indicam que :

a estiagem mais leve é de 129 000 m³/s

a estiagem mais forte é de 75 000 m³/s

estiagem média : 102 000 m³/s

Coefficiente de variação : 0,130

Por definição, a distribuição é limitada do lado mínimo para a descarga de valor zero. Ela é então dissimétrica. Mas, a análise estatística mostra que a amostra aceita a totalidade das leis estatísticas. Só serão anotadas aquelas cuja experiência mostrou ser as mais apropriadas para tratar das baixas águas, isto é de Galton e de Pearson III.

Leis	Descarga da estiagem (milhares de m ³ /s) podendo não estar atingido uma ano sobre:				
	2	5	10	20	50
GALTON	102	94.6	84.5	79.6	74.1
PEARSON III	101	94.0	85.2	81.3	75.9
Valor adotado	102	94	85	80	75

Desvio-padrão: $\sigma = \pm 13\,500$ m³/s (lei de Galton)

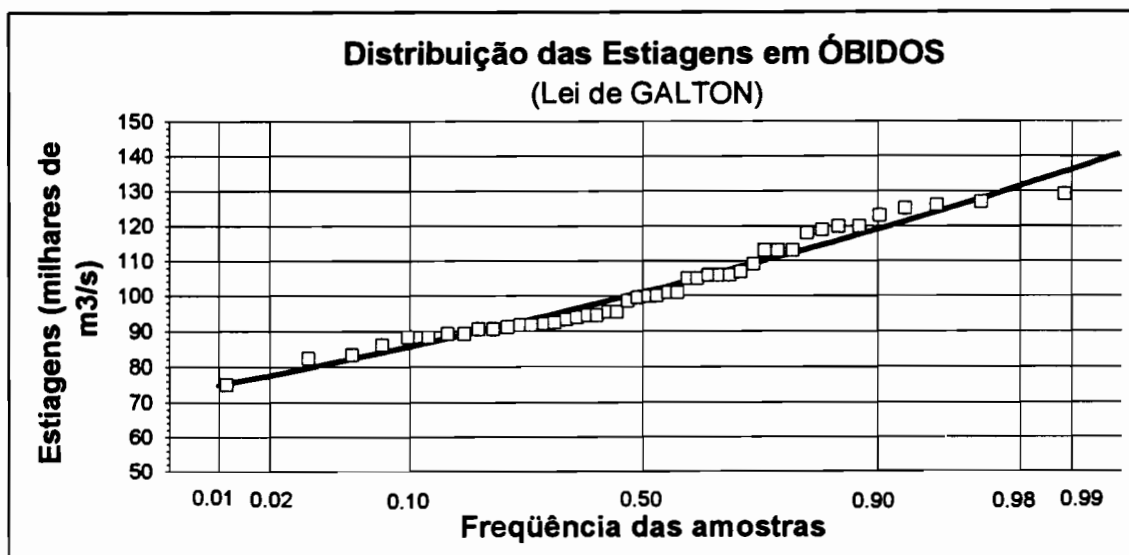
Coefficiente de variação : 0,132

Teste do X₂:

- lei de Galton : C₂ = 10,62 com 6 graus de liberdade dá uma probabilidade de ultrapassagem superior a 0,95.

- lei de Pearson III : X₂ = 9,21 com 6 graus de liberdade dá uma probabilidade de ultrapassagem superior a 0,100.

Esses valores mostram, por um lado, a grande regularidade das estiagens de um ano para outro, e por outro lado, que as descargas de estiagens são extremamente bem sustentáveis. É bom lembrarmos que a enchente decenal do rio Congo em Brazzaville é inferior a estiagem cinquentenária do Rio Amazonas em ÓBIDOS.



3.4 Estudo das enchentes

Este estudo é bastante delicado já que trata das maiores descargas observados no mundo.

A enchente de 1953

Essa enchente foi a mais forte observada em ÓBIDOS e provavelmente em toda bacia amazônica.

A primeira determinação vem da altura (estimada) da marca da cheia sobre a antiga escala: 7.5 m. Valor confirmado, com um nível de 7,6 m, pela correlação com a estação hidrométrica de TAPERINHA (30 km a jusante de SANTARÉM), hoje abandonada. (Oltman, 1968) Essa altura (7,5 m), aumentada da decalagem entre a escala antiga e a atual (0,77 m) resulta um nível de 8,27 m na escala atual.

A segunda vem de um nivelamento feito em 1994 e marcando a altura da enchente em 8,15 m sobre a nova escala.

O valor adotado (o mais provável), 8,21 m, é a média entre os dois, com uma precisão da ordem de ± 10 cm.

Para essa altura, a descarga seria de 371 000 m³/s (erro: ± 14 000 m³/s).

A influência da decalagem entre as duas séries de observações (1928/48 e 1968/hoje) é importante para as alturas na escala superior a 8 metros, pois a cada centímetro de erro de decalagem representa uma variação de descarga de 1.400 m³/s.

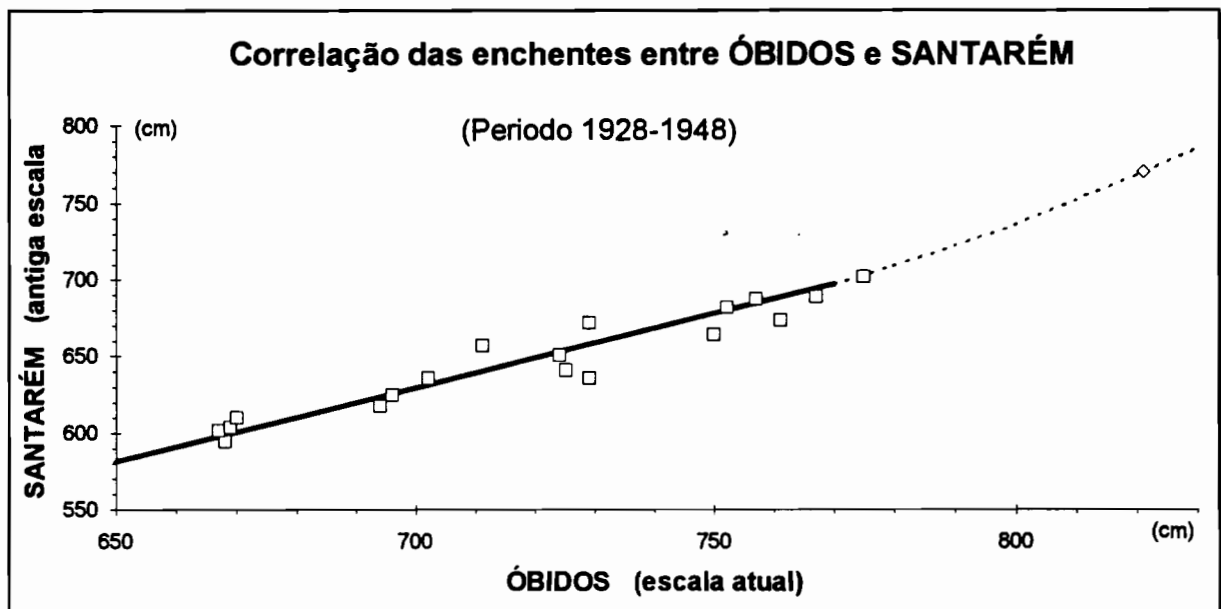
Precisa-se salientar aqui a precisão de avaliação de Jean RODIER e Marcel ROCHE que estimaram, em 1982, essa enchente em 370 000 m³/s (Rodier & Roche, 1984) quando só dispunham de valores errôneos das descargas anteriores a 1948 e só uma medição de descarga de cheias fortes (223 000 m³/s). Mas eles tinham, por eles, uma longa experiência em hidrologia tropical...

Extrapolação dos valores das enchentes anuais

Situada a 120 km a jusante de ÓBIDOS, a estação hidrométrica de SANTARÉM é bem observada devido às necessidades da navegação fluvial. Mas essa estação, se bem que muito influenciada pelo rio Amazonas (ela está praticamente na confluência Tapajós-Amazonas) controla também o rio Tapajós cuja « pequena » bacia hidrográfica é de quase 500 000 km²! Mas a influência do rio Tapajós é desconhecida.

Constata-se que:

- em 1931, na instalação da escala limnimétrica o Serviço Hidrográfico Brasileiro teve a precaução de nivelar as escalas de ÓBIDOS e SANTARÉM de modo que dessem, mais ou menos, o mesmo valor de nível. A correlação em período de enchente (onde a influência do rio Amazonas é preponderante) é excelente : o coeficiente de correlação é de 0,964. As anomalias são devidas à influencia da enchente do Rio Tapajós. É assim que são reconstituídos os níveis de enchente de 1949 (7,97 m), 1950 (8,01 m), 1951 (7,54 m) e 1952 (7,81 m) (valores trazidos para a nova escala).



- destruída ela também, pela enchente de 1953, a nova escala não foi reconstruída, (por um outro gestor), com a mesma preocupação. A correlação em período de enchente é também excelente : o coeficiente de correlação é de 0,977. As enchentes de 1967 (6,86 m) e 1969 (6,58 m) foram reconstituídas.

A correlação entre OBIDOS et PARINTIS (estação situada 150 km para montante de OBIDOS) não deu bons resultados.

3.4.1 Ocorrência das enchentes

Em 48 anos de observações, todas as enchentes ocorreram entre 3 de maio e 17 de junho.

A distribuição dos dias de ocorrência segue a lei de Gauss. Resulta em :

- dia de ocorrência mais provável : 28 maio,
- um ano sobre dois, o máximo da enchente acontecerá entre 20 de maio e 5 de junho,
- um ano sobre cinco, o máximo de enchente acontecerá entre 26 e 30 de maio,
- um ano sobre dez, o máximo da enchente acontecerá entre 27 e 30 de maio.

3.4.2 Distribuição das enchentes

O estudo foi realizado em uma amostra de 55 enchentes anuais.

Essas 55 enchentes indicam que :

a enchente mais forte foi de 371 000 m³/s

a enchente mais fraca foi de 176 000 m³/s

enchente média : 258 000 m³/s

Desvio-padrão : $\sigma = \pm 44\,400$ m³/s

Coefficiente de variação : 0,172

Aqui também todas as leis estatísticas se aplicam, visto a regularidade na variação dos valores de amostra. A lei normal dá uma distribuição inteiramente correta!

Devido à importância da bacia hidrográfica e sobretudo das inundações no leito maior, a melhor lei seria, segundo a experiência dos antigos hidrólogos, a de Goodrich (chamada também de lei Weibull). Mas finalmente, depois de aplicar as leis de Galton, Gumbell e Pearson III, é essa última que dá o melhor ajustamento e a lei de Gumbell o pior (mas a diferença entre as diversas leis é insignificante).

Os ajustamentos foram levados em duas etapas:

- uma amostra reduzida a 50 valores (as estimativas dos anos 1949 a 1952 podendo, em um primeiro tempo, ser consideradas como suspeitas por causa das fortíssimas de 1949 e de 1950)

- uma amostra de 55 valores que engloba o período de 1949-1952.

A perfeita adaptação das enchentes de 1949 a 1952 levaram a trabalhar somente sobre essa amostra de 55 valores.

Leis	Descarga da Enchente (em milhares de m ³ /s) podendo estar atingido um ano sobre:				
	2	5	10	20	50
GOODRICH	260	297	316	330	345
GALTON	255	295	317	337	360
GUMBELL	250	290	317	342	374
PEARSON III	255	295	317	335	357
Valor adotado	255	295	317	336	358

Desvio-padrão : $\sigma = \pm 44.400$ m³/s (lei de Pearson III)

Coefficiente de variação : 0,172

Teste do X_2 :

- Lei de Goodrich : $X_2 = 13,34$ com 8 graus de liberdade dá a probabilidade de uma ultrapassagem de 0,098.

- Lei de Galton : $X_2 = 11,99$ com 7 graus de liberdade dá a probabilidade de uma ultrapassagem superior a 0.100.

- Lei de Gumbell : $X_2 = 13,34$ com 8 graus de liberdade dá a probabilidade de uma ultrapassagem de 0,098.

- Lei de Pearson III : $X_2 = 13,34$ com 8 graus de liberdade dá a probabilidade de uma ultrapassagem de 0,098.

Estimativa da enchente centenária

Com uma amostra de 55 valores, é possível ter uma estimativa da enchente centenária com uma precisão razoável.

As diversas leis dão valores decenais entre 355 000 e 399 000 m³/s.

Valor estimado para a enchente centenária : **375 000 m³/s**

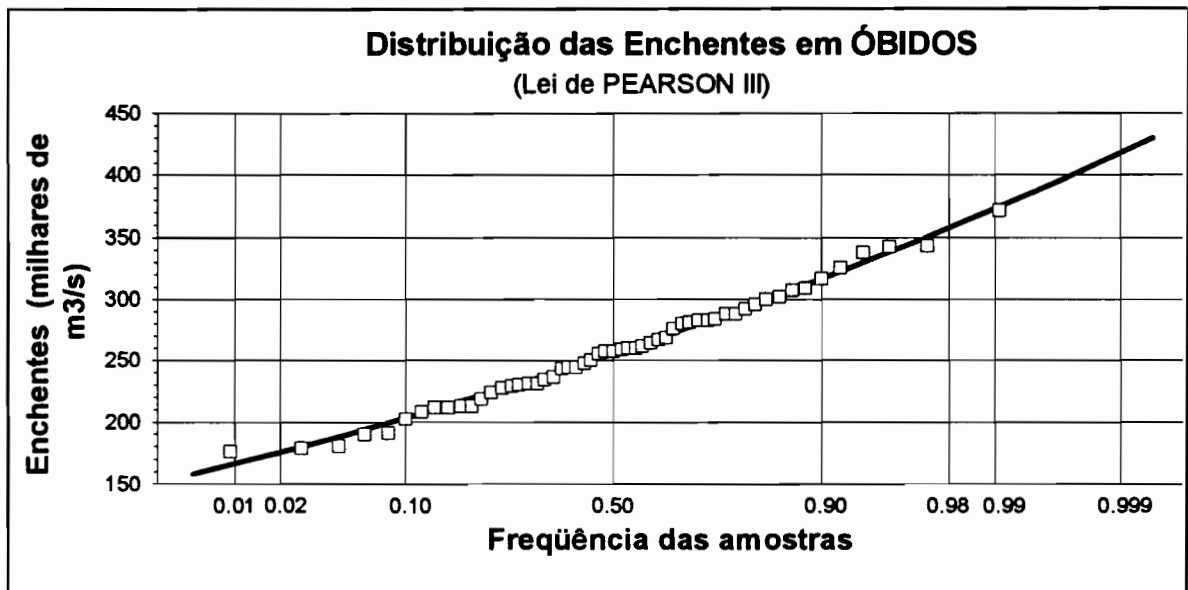
A enchente de 1953 foi centenária.

Estimativa da enchente milenar

A adaptação excelente das leis estatísticas à amostra das enchentes observadas ou estimadas autoriza uma estimativa da enchente milenar na ordem de

400 000 a 460 000 m³/s

Nota : Encontra-se aqui, a constatação feita há trinta anos atrás por Y. Brunet-Moret, hidrólogo e extraordinário estatístico do ORSTOM : mais ou menos a diferença de descarga entre a enchente anual e a enchente decenal, é a mesma que entre a decenal e a centenária e entre a centenária e a milenar.



4-CONCLUSÃO

Esse estudo não pretende apresentar somente números mais exatos das descargas do rio Amazonas. Ele mostra também a grande regularidade ($K_3=1,30$) desse rio gigantesco .

Essa regularidade não acontece por acaso. Por um lado, em 4 milhões de quilômetros quadrados da bacia hidrográfica, uma zona de pluviometria deficitária vai ser composta, um pouco mais além, por uma zona excedente. É pouco provável que salvo acidente na circulação meteorológica geral, em escala mundial, a pluviometria anual na bacia amazônica varie muito de um ano para outro. Por conseqüência o volume jorrado não variará muito e é o que explica a regularidade interanual dos módulos.

Por outro lado, um sobrevôo aéreo da bacia amazônica, em cheias, mostra toda uma rede impressionante de lagos e de igarapés que enchem durante águas altas e esvaziam durante águas baixas. Não pode-se esquecer os igarapés que correm nos dois sentidos, nem as planícies de várzeas, cuja extensão submersa é função da importância da enchente. É o mesmo fenômeno, sendo mais complicado, que na bacia do Tchad, na África. Essas inclinações são muito importantes. Elas começam, para o rio Negro (afluente de margem esquerda) praticamente a partir da fronteira com a Colômbia. Para o rio Solimões começam já no Peru. Para o rio Amazonas inteiro e só acabam na foz.

Isso explica porque as estiagens são tão irrelevantes : a vazão dessas zonas alimentam em água esse rio. A "laminação" da enchente nas planícies de inundação regulariza a descarga.

Com seus 36,1 l/s km², o rio Amazonas ainda é o rio « milionário » (em superfície de bacia hidrográfica) mais poderoso do mundo. A tabela seguinte permite essa comparação.

Rio	Localidade	Bacia milhares km ²	K3	Mód esp l/s/km ²	Coef. variação
Congo	Brazzaville	3 475	1,31	11,5	0,107
Nilo	Assuá		1,62		0,185
Niger	Gaya	1 000	1,75	1,15	0,218
Missouri	Harmam	1 368	2,4	1,66	0,329
Amur	Komsomolsk	1 730	1,61	5,76	0,185
Lena	Kusur	2 430	1,32	6,77	0,11
Ob	Salekhard	2 960	1,48	4,23	0,151
Volga	Volgograd	1 350	1,57	6,21	0,175
Ganges	Faraka	961,2	2,35	11,8	0,313
Mekong	Mukdahan	391	1,36	21,3	0,12
Yang- tse- Kiang				17,6	
Danúbio	Ceatal Iamail	807	1,63	7,99	0,192
AMAZONAS	Óbidos	4 680	1,3	36,1	0,101

Com uma pluviometria interanual média em ÓBIDOS de 2520 mm (Guyot *et al.*, 1994), o déficit de vazamento é de 1 371 mm, valor bem próximo da evapo-transpiração potencial da região.

Só restará, para completar o estudo dessa estação hidrométrica, tentar completar a série das cotas, pesquisando arquivos e documentos de várias entidades e, se não for possível completar série de dados, pelo menos tentar alguns valores que faltam (e de boa qualidade), para melhorar a sequência das estiagens e a das enchentes.

Não esqueçamos-nos que a aferição da curva chave deve ser melhorada e que o estudo da causa das dispersões dos pontos de medições de descarga, aparentemente aberrantes, deve ter continuidade.

Quaisquer que sejam os valores anunciados podem ser fornecidos com uma precisão incluída na escala dos 5%.

Essas descargas do rio Amazonas são realmente monstruosas...

5-BIBLIOGRAFIA

- CALLEDE J., ARQUISOU G., 1972. Données climatologiques recueillies à la station bioclimatologique de Bangui pendant la période 1963-1971. In: *Cah. ORSTOM, sér. hydrol.*, ORSTOM, Paris, 9(4), 3-26.
- CALLEDE J., GUYOT J-L., MOLINIER M., GUIMARAES V. S., OLIVEIRA E., PANTOJA FILIZOLA N., 1967. Variation des débits de l'Amazone à OBIDOS. *Assemblée scientifique de l'AISH*, Rabat (Maroc) (impresso).
- GUYOT J-L., MOLINIER M., de OLVEIRA E., CUDO K. J. & GUIMARÃES V. S., 1994. Nouveautés sur les débits monstrueux de l'Amazone. In: *Revue de Géographie Alpine*, Grenoble, France, 12, 77-83.
- JACCON G., 1987. Jaugeage de l'Amazone à OBIDOS par les méthodes du bateau mobile et des "grands fleuves". In: *Hydrologie Continentale*, vol 2. ORSTOM, Paris, 2(2), 117-126
- JACCON G., 1986. Tracé de la courbe de tarage et calcul des débits. In: *Manuel d'Hydrométrie*, tome V, ORSTOM, Paris, 1-225
- LE COINTE P., 1935. Les crues annuelles de l'Amazone et les récentes modifications de leur régime. In: *Annales de Géographie*, n°44, Paris, 614-619.
- LOUP J., 1974. *Les eaux terrestres*. Masson, Paris, 1-174
- MEADE R. H., 1985. Suspended sediment in the Amazon River and its tributaries in Brazil during 1982-84. US. Geological Survey, Open-File Report 85-492, Denver (USA), 1-39.
- OLTMAN R. E., STERNBERG H. O'R., AMES F. C., DAVIS L. C. Jr., 1964. Amazon River Investigations. Reconnaissance Measurements of July 1963. In: *Geological Survey Circular n° 486*, Washington, USA, 1-15
- OLTMAN R. E., 1968. Reconnaissance Investigations of the Discharge and Water Quality of the Amazon River. In: *Geological Survey Circular n° 552*, Washington, USA, 1-16
- PARDE M., 1936. Les variations saisonnières de l'Amazone. In: *Annales de Géographie*, n°45. Paris, 502-511
- PARDE M. 1954. Sur le régime et spécialement sur les variations saisonnières des cours d'eau brésiliens. In: *La Houille blanche*, numéro spécial, Décembre 1954, Grenoble, France, 823-846.
- PARDE M., 1965. Sur les débits monstrueux de l'Amazone. In: *Annales de Géographie*, n°401. Paris, 113-114.
- PARDE M., 1966. Nouveautés sur les débits monstrueux de l'Amazone. In: *Annales de Géographie*, n° ? , Paris, 202-208.

- RICHEY J. E., MEADE R.H., SALATI E., DEVOL A.H., NORDIN C.F., & DOS SANTOS U., 1986. Water Discharge and Suspended Sediment Concentration in the Amazon River. In: *Water Resources Research (USA)* 1, 22(5), 756-764..
- ROCHE (M), 1963. *Hydrologie de Surface*. Gauthier-Villars, Paris, France, 1-430
- RODIER J. ,ROCHE M., 1984. *Répertoire Mondial des Crues maximales observées*. AISH, publ. n° 143, Wallingford, Grande Bretagne, 1-354.
- SMOOT G. F., CAHAL D.I. & MEDINA K. D., 1967. A technique for Rapid Measurement of Flows in Large Strams. In: *Geoligal Survey Circular*, Washington, USA.
- UNESCO, 1969 à 1979. Débit de certains cours d'eau du Monde UNESCO, publ. n° 5, Paris, 5 vol.
- UNESCO, 1995. Débit de certains cours d'eau d'Afrique. UNESCO, publ. n° 52, Paris, 1-166.
- VEIGA J.P. da, 1968. Medição da descarga e seus problemas técnicos no maior rio do Mundo. DNAEE, Rio de Janeiro, Bresil, 1-42.