

BOLETIM TÉCNICO
— DO —
INSTITUTO AGRONÔMICO DO NORTE

N.º 24

Junho de 1951

ALGUNS RESULTADOS E PROBLEMAS
DA LIMNOLOGIA AMAZÔNICA

por

Dr. phil. HARALD SIOLI.

SÔBRE A SEDIMENTAÇÃO NA VÁRZEA
DO BAIXO AMAZONAS

por

Dr. phil. HARALD SIOLI.

ESTUDO PRELIMINAR DAS RELAÇÕES
ENTRE A GEOLOGIA E A LIMNOLOGIA
DA ZONA BRAGANTINA (Pará)

por

Dr. phil. HARALD SIOLI.

BELÉM — PARÁ — BRASIL

SÔBRE A SEDIMENTAÇÃO NA VÁRZEA DO BAIXO AMAZONAS

por

Dr. phil. HARALD SIOLI.

Em trabalhos anteriores (1, 2, 3,) já foi descrita a formação das regiões de várzea dos rios amazônicos de água branca. Em curto resumo trata-se do seguinte fenômeno :

Depois do esvaziamento do lago amazônico da época do terciário, os rios que se formaram começaram a cavar, no fundo relativamente mole dos sedimentos daquele lago, os seus largos "talvegues", ou vales. Mas, no caso de rios de "água branca", isto é, turva, barrenta, carregada de muitas partículas anorgânicas e orgânicas em suspensão, êles colmataram de novo grandes extensões dos largos vales com os seus próprios sedimentos, formando desta maneira um terreno baixo, largo e alagável, dentro do qual se estende o verdadeiro leito do rio, instável e que quase constantemente se modifica.

Esse terreno alagável, de aluvião recente, é a chamada Várzea, ou Vargem. HUBER (4, pág. 96) escreve sôbre ela:

"Como se sabe, uma grande parte dos Estados do Pará e do Amazonas é ocupada por terrenos baixos que, acompanhando o Amazonas, seus afluentes e sub-afluentes n'uma largura que varia de alguns metros (nos igarapés) até mais de cem quilômetros (em certos trechos do rio principal, p. e. nas bôcas do rio Madeira e do Japurá), são sujeitos às inundações periódicas e recebem anualmente os sedimentos dêstes rios".

O terreno da várzea é mais ou menos plano, mas não totalmente. Encontramos uma parte mais alta sempre em forma de faixa relativamente estreita que acompanha a margem do rio. Ela carrega a "floresta ciliar", de galeria, da várzea, com a sua composição florística especial (ver HUBER, 4, págs. seg.). Depois, distanciando-se do leito do rio, seguem os campos, dos quais a parte mais baixa é ocupada por lagos rasos, mas freqüentemente de enormes extensões, e que também não secam por completo na estação sêca do ano. Atrás dêstes lagos, o terreno sobe, em geral de modo relativamente abrupto, para a terra firme. O trabalho publicado pelo autor neste mesmo

boletim, (3), apresenta um corte transversal esquemático pelo "tal-vegue" típico de um rio de água branca e uma fotografia mostrando a margem de várzea de um tal rio, de maneira que tais ilustrações não serão reproduzidas aqui.

Para melhor explicação é de conveniência transcrever a clara descrição que SMITH (5, pág. 98) fez da várzea do Baixo Amazonas (assinale-se aqui que neste artigo compreende-se como "Baixo Amazonas", de acôrdo com HUBER, (4, pág. 97) a região desde a embocadura do Xingú até à bôca do Trombetas, mais ou menos, não incluindo a região das ilhas do estuário amazônico):

"In most places, if we land from the main river or a side channel, we find, not marshes, as at Breves, but comparatively high land, running along the shore. The great trees are festooned with vines, and thick-leaved branches reach out over the water; but there is not much undergrowth, and we can easily walk inland. We find that, after a little space, the ground slopes gradually *away* from the river; two or three hundred yards from the bank the belt of forest ceases, and we come out suddenly on a great stretch of meadow, or a lake, the shore of which is lost on the horizon. To explain these features, we must remember that the islands and flats have been formed by the river itself. Every year, in February and March the Amazon rises to a height of thirty feet or more above its ordinary level, and overflows the meadow-land in all directions. Now, in the river, the particles of mud and clay are held in suspension by the swift current; but as the water flows over the meadows it becomes quiet, and particles sink to the bottom. Naturally, the coarser detritus is deposited first, near the river, and at last it builds up a ridge, as we have seen. When fully formed, the top of the ridge, in some places, is just out of reach of the highest floods. The meadows, being lower, are flooded during several months. They are alternately soaked and baked; hence the forest trees will not grow on them, but they flourish well on the banks, where their roots are only covered during three or four weeks of each year".

(Tradução: "Na maioria dos lugares, quando encostamos na beira do rio principal ou de um canal lateral, encontramos não pântanos, como em Breves, mas terra relativamente alta que se estende ao longo da margem. As grandes árvores estão engrinaldadas com cipós,

e galhos com folhas grossas se estendem sobre a água; mas não há muito sub-bosque, e facilmente podemos caminhar terra a dentro. Verificamos que, depois de um pequeno espaço, a superfície do terreno gradualmente desce, afastando-se do rio; a duzentas ou trezentas jardas de distância da margem, a faixa de floresta cessa, e de súbito saímos num grande trecho de campo ou num lago cuja margem se perde no horizonte. Para explicar estes aspectos, devemos lembrar que as ilhas e terras baixas são formadas pelo rio mesmo. Cada ano, em fevereiro e março, o Amazonas enche a uma altura de trinta ou mais pés acima do nível ordinário e inunda as terras baixas em todas as direções. Então, no rio, as partículas de lama e terra são mantidas em suspensão pela correnteza rápida; porém, quando a água corre sobre as terras baixas, ela se torna calma, e as partículas se depositam no fundo. Naturalmente, o detrito mais grosso é depositado primeiro perto do rio, e por fim constroi um dique como temos visto. Quando completamente formado, o cume desta elevação, em alguns lugares, fica justamente fora do alcance das enchentes mais altas. Os campos, sendo mais baixos, ficam alagados durante alguns meses. Ficam alternativamente molhados e secos; por isso, as árvores florestais não crescem neles, mas crescem bem nas margens onde as suas raízes são cobertas somente durante três ou quatro semanas de cada ano.”)

KATZER(6), (pág. 41:43. 48-49) também trata da formação de várzea, mas não se expressa muito claramente.

A melhor descrição breve da várzea foi dada por OLIVEIRA e LEONARDOS (7, pág. 713):

“Nas margens do Amazonas e dos seus tributários, estendem-se planícies ou várzeas periodicamente recobertas pelas águas lodosas das enchentes anuais, as quais deixam sobre elas os depósitos das vasantes.

O trabalho de um curso d'água na escavação de seu leito não é inteiramente independente da degradação das vertentes, porquanto dessa degradação veem os detritos que a corrente transporta e deposita nas várzeas. Esses fenômenos se acham reproduzidos na bacia amazônica em escala gigantesca. Geralmente os depósitos se fazem em toda a extensão da planície de inundação, porém, a acumulação maior se dá junto à margem criando um dique marginal mais

elevado que o restante. Nesses diques marginais ficam os despojos mais grosseiros, enquanto o material fino é largado em lugares mais distantes. O material das várzeas, mesmo o dos diques naturais é geralmente argiloso com areia finíssima; o das praias consiste de areia fina”.

Encontram-se desta maneira, na literatura sobre a Amazônia inúmeras descrições gerais sobre a várzea e sua formação pela sedimentação da água dos rios durante as enchentes. Mas não há, até agora, um estudo quantitativo, mais exato, sobre a sedimentação em rios amazônicos de água branca. É de interesse portanto mencionar algumas análises, feitas na várzea da margem norte do Baixo Amazonas, entre o Paraná do Tapará e a Subestação Experimental de Cacaual Grande do I.A.N., no Município de Monte Alegre, como também poucas observações no Lago Grande Curuay (de Villa Franca), no Lago do Tostão (na margem norte do Paraná-mirim abaixo de Obidos) e no Lago dos Pauxís (entre Obidos e a Serra da Escama). Não se trata, nestas análises e observações, de coisas sobretudo novas, pois a finalidade deste nosso estudo consiste somente em fornecer alguns dados numéricos para dar às idéias qualitativas, já bem formadas, sobre os processos de sedimentação na várzea do Baixo Amazonas, uma pequena base quantitativa.

A primeira questão a ser esclarecida, é se a água branca do Amazonas, com a enchente, invade toda a planície da várzea.

Devemos lembrar que grandes partes da várzea são ocupadas por lagos rasos que também no verão amazônico — na estação seca — não secam por completo. Como se verifica facilmente, e de modo bem impressionante quando se viaja de avião, a grande maioria dos lagos, na várzea, também no auge da enchente, possui “água preta”, escura e transparente, absolutamente diferente da água do Amazonas. Estudos mais minuciosos mostraram que, pelo menos em muitos destes casos, deve-se tratar de água de outra origem e não do Amazonas.

Pois, enquanto sempre encontramos, na água do Amazonas, uma transparência (determinada pela imersão da placa de Secchi) de 0,25 a 0,30 m. e um pH de 6,5 a 6,9, achamos, em lagos de água preta, p.e. no Lago dos Pauxís, uma transparência de 2,90 m e um pH de 5,15 a 5,75, e no Lago Grande Curuay, em frente à Fazenda

Nova Itália, uma transparência de 2.80 m e um pH de 5.7. É de notar que estes dados do Lago Grande Curuay foram colhidos em 7 de junho de 1946, no auge da enchente desse ano; os do Lago dos Pauxis, porém, são de 24 de julho de 1947, já no começo da vasante.

Compreende-se que, pelo menos parte da água dos lagos da várzea deve ter sua origem não no Rio Amazonas, mesmo durante a enchente quando o Amazonas transborda do seu leito em direção "centrífuga", várzea a dentro, e inunda os terrenos adjacentes. Pois a enchente do Baixo Amazonas coincide com a estação chuvosa; a água das chuvas que cai nas várzeas, e a água que corre para a várzea, vindo das terras firmes, situadas atrás dela, exercem, naturalmente, uma pressão "centrípeta", em direção ao leito do rio e contra a direção invasora da água do Amazonas. O limite entre a água do Amazonas e a água original dos lagos com a água das chuvas e da terra firme, deve ser, pois, a resultante das duas forças de pressão.

Desta forma, podemos encontrar típica água barrenta do Amazonas, durante a enchente, dentro dos lagos na parte mais vizinha ao leito do rio quando este rio inunda toda a sua margem, desde que não muito coberta de vegetação florestal, e ao redor das bocas dos "furos", quando há tais ligações entre o rio e o lago, e pelas quais a água do rio corre para dentro do lago.

Como exemplos de uma tal entrada de "água branca" do Amazonas em zonas parciais dos lagos podem ser mencionados as que ocorreram no Lago Grande Curuay, mas desta vez perto do lugar denominado Caraubal, quase na mesma data do exemplo anterior (8 de junho de 1946), onde a turvação da água era de 0.60 m e pH 6.5 (igual ao do Amazonas), e no Lago do Tostão no qual, em 16 de julho de 1946, a água do Paraná-mirim (água do Amazonas) entrava com força por um furo estreito e sinuoso, mas curto, formando depois no Lago uma faixa marginal estagnada de água mais turva do que a própria água do lago. Pois o resto do Lago do Tostão, porém, ainda perto da margem próxima ao leito do rio (não foi possível examinar outras partes do lago gigantesco) deve ter tido, naquele tempo, ou água do Amazonas misturada com água original dos lagos da região, com água de chuva da várzea e com a água do Rio Curuá de Alenquer, ou água mais ou menos pura do Amazonas que, pela estagnação na bacia do lago, perdera uma parte da turvação (a transparência era

de 0.90 m) enquanto o pH ficara inalterado, 6.5. Por causa do pH igual ao do Paraná (da água do Amazonas), esta última hipótese é mais provável.

A água do Lago Grande Curuay em Caraubal, como também provavelmente a água do Lago do Tostão, mostrou já, pela sua maior transparência, que a água do Amazonas, quando transborda e invade a várzea ou corre para dentro de lagos pelos furos, perde pelo menos uma parte das suas partículas suspensas. Estas se depositam, formando o dique marginal da várzea e certas línguas de terra que acompanham os leitos dos furos prolongando-os para dentro dos lagos, facilmente observáveis na natureza durante um vôo de avião sobre a várzea do Baixo Amazonas.

Somente mais tarde porém, em 1950, foram feitas análises * quantitativas sobre a perda de partículas suspensas na água que corre do Amazonas para dentro da várzea, na região de várzea entre o Amazonas, perto de Cacaual Grande, e o Lago Grande de Monte Alegre, e entre o Paraná do Tapará e o mesmo lago. Depois de esclarecida a primeira questão no sentido de que o Amazonas invade, na enchente, grandes partes da várzea mas não toda, os estudos seguintes se ocupam do problema da sedimentação das partículas suspensas na água branca do Amazonas, enquanto esta percorre a várzea antes de chegar nas bacias dos lagos.

No terreno da Subestação Experimental de Cacaual Grande do Instituto Agronômico do Norte, existe o Furo, ou Canal, do Piapó que liga o Amazonas com o Lago Grande de Monte Alegre. Antigamente um furo natural, foi êle aumentado e retificado artificialmente, por determinação da Diretoria do Instituto Agronômico do Norte, desde o comêço de 1950. Tem êle um comprimento de mais ou menos 4 km entre a sua bôca na beira do Amazonas e o início da superfície de água livre do lago. Os exames foram feitos em 11 e 13 de maio de 1950, durante o auge da enchente, excepcionalmente grande naquele ano, e repetidos em 25 de agosto de 1950 quando o nível do rio baixara de 2 - 3 m. As fotografias ns. 1 e 2 a 6 mostram alguns aspectos do Canal do Piapó durante o auge da en-

* Estas como tôdas as outras análises seguintes foram feitas por indicação da Diretoria do Instituto Agronômico do Norte para servir ao programa de colmatagem dos lagos da Várzea do Baixo Amazonas, elaborado e executado pela dita Diretoria.

chente e com a água já mais baixa, respectivamente, junto com a vegetação que acompanha o canal e que varia da beira do Amazonas em direção ao lago, conforme a altura do terreno.

Entre o Paraná do Tapará e o Lago Grande de Monte Alegre, há uma ligação por uma série de furos naturais que começam, no Paraná do Tapará, pouco abaixo do Sítio São Joaquim, com o Furo do Telheiro. Depois da junção do mesmo com o Tapará-mirim, que vem do sul, o furo dobra mais para o leste e recebe o nome de Furo do Cacaual, correndo entre os cacauais antigos daquela zona. Depois de passar a zona de cacauais, êle continua com o nome de Baixa da Canôa. Um trecho médio desta Baixa da Canôa tem o nome de Igarapé da Vitória segundo o nome de uma mulher que morou ali. Depois da Baixa da Canôa segue o Igarapé São João que desemboca no Lago Grande de Monte Alegre perto do Sítio São João. A extensão total destes furos é de mais ou menos 10 km.

Este sistema de furos foi examinado em 17 de maio de 1950, também ainda no auge da enchente. As fotografias ns. 7 a 16 dão uma idéia dêle, das condições do ambiente e, ao mesmo tempo, do aspecto de uma grande enchente na várzea do Baixo Amazonas.

Trataremos primeiro das condições durante o auge da enchente em maio de 1950, e começaremos com o Canal do Piapó.

Em redor da sua bôca, na beira do Amazonas, todo o terreno da várzea, coberto de floresta, estava submerso. Pode se juntar, aqui, a observação de que, naquele tempo, praticamente tôda a várzea daquela região do Baixo Amazonas estava coberta pelas águas altíssimas do grande rio, pois se sabe que Cacaual Grande representa provavelmente o lugar mais alto de tôda a várzea do Baixo Amazonas, e aí se achava "sêca" apenas uma mancha de lama, de mais ou menos 100 m², atrás da casa de Cacaual Grande. Mais duas fotografias, ns. 17 e 18, de Cacaual Grande, ilustram a situação da várzea naquele tempo.

Ao longo da margem perto do Piapó que é beira de barranco, de erosão lateral, o Amazonas corria naquele tempo com uma velocidade de mais de 4 milhas por hora. Pela bôca artificial do canal, a água do Amazonas entrava com tal impetuosidade que era impossível remar uma canoa contra a correnteza.

A mais ou menos 400 m de distância da boca, no leito artificial do canal, foram feitas as primeiras observações cujos resultados são comunicados a seguir:

I.) Canal do Piapó, na Subestação Experimental de Cacaual Grande.

Lugar do exame: \pm 400 m distante da boca artificial do canal na beira do Amazonas.

Data: 11 de maio de 1950.

Largura do canal: 12 m.

Profundidade máxima: 4m; média: 2m.

Área do corte transversal pelo canal: \pm 24 m².

Velocidade da correnteza em direção ao lago: 0.75 m/seg.

Quantidade de água que passa em direção ao lago: 18 m³/seg.

Transparência da água: 0,25 m.

Quantidade de matéria em suspensão nesta água:

sêca a 110.º C	incinerada	perda pela incineração (subst. orgân.) em % da sêca
0.1284 g/litro	0.1158 g/l	0.0126 g/l 9.81%

passando em direção ao lago, desta maneira:

2.3112 kg/seg.	2.0844 kg/seg.	0.2268 kg/seg.
----------------	----------------	----------------

ou

199 687.68 kg/dia	180 092.16 kg/dia	19 595.52 kg/dia
-------------------	-------------------	------------------

As segundas observações, no Canal do Piapó, foram feitas na sua boca para o Lago Grande de Monte Alegre. Os resultados foram os seguintes:

II.) Canal do Piapó.

Lugar do exame: Boca do canal para o lago, \pm 4 km distante da boca na beira do Amazonas.

Data: 13 de maio de 1950.

Largura do canal: 40 m.

Profundidade: máxima: 4.50 m; média: 4.33 m.

Área do corte transversal pelo canal: 173 m².

Velocidade da correnteza em direção ao lago: 0,4 m/seg.
 Quantidade de água que passa para o lago: 70 m³/seg.
 Transparência da água: 0.40 m.

a.) Na água da superfície:

Quantidade de matéria em suspensão:

sêca a 110°.C	incinerada	perda pela incineração (subst. organ.) em %
0.0209 g/litro	0.0161 g/l	0.0048 g/l 22.97%

entrando no lago, desta maneira:

1.4630 kg/seg.	1.1270 kg/seg.	0.3360 kg/seg.
ou		
126 403.20 kg/dia	97 372.80 kg/dia	29 030.40 kg/dia

b.) Na água em 4 m de profundidade:

Quantidade de matéria em suspensão:

sêca a 110°.C	incinerada	perda pela incineração (subst. organ.) em %
0.0249 g/litro	0.0195 g/l	0.0054 g/l 21.68%

entrando no lago, desta maneira:

1.7430 kg/seg.	1.8650 kg/seg.	0.8780 kg/seg.
ou		
150 595.20 kg/dia	117 936.00 kg/dia	32 659.20 kg/dia

Os resultados permitem as seguintes interpretações:

1.) Do Canal do Piapó sai muito mais água (70 m³/seg.) para dentro do Lago Grande de Monte Alegre do que entra na boca do canal na beira do Amazonas (18m³/seg.). Isto é plenamente explicável pelo fato de que toda a várzea está completamente alagada. A água que corre pela floresta da várzea, fora do leito do canal, mesmo com correnteza muito fraca, naturalmente ajuda a encher o leito do canal quando este aumenta de tamanho ao aproximar-se do lago. A velocidade da correnteza da água neste leito tem que diminuir porque a primitiva água do canal, com a sua alta velocidade inicial,

não é suficiente para encher o leito maior já mais perto do lago se continuar a correr da mesma forma, e porque a água que passa pela vegetação da várzea tem uma correnteza muito reduzida.

2.) A água ganha em transparência ao apromixar-se do lago (0.25 m na entrada contra 0.40 m na saída para o lago), o que é um indício de que a água perde por sedimentação, no seu caminho pelo leito do canal e/ou pela vegetação da várzea, uma parte do seu teor de matéria em suspensão antes de alcançar o lago. Daí o fato de as beiras de várzea de rios de água branca serem geralmente diques, isto é, faixas mais altas de terreno. Muito maior que o aumento em transparência, porém, é a perda por peso em matéria em suspensão (0.1284 g/litro na entrada contra 0.0209 g/litro na saída para o lago, na superfície d'água na qual também se determinou a transparência). Como a transparência depende mais ou menos do número de partículas suspensas na água e não do peso total delas, esta observação constitui uma boa confirmação do suposto fato (ver SMITH e OLIVEIRA e LEONARDOS) de que perto da beira do rio se depositam primeiro as partículas mais grossas.

3.) A porcentagem de matéria orgânica — que deve representar a maior parte da “perda pela incineração” — entre as partículas em suspensão também varia com a travessia da água pelo canal e pela várzea. Essa porcentagem aumenta relativamente à medida que progride a clarificação da água por efeito da sedimentação progressiva, de 9.81% na entrada para 21.68% (no fundo) ou mesmo 22.97% (na superfície) na saída para o lago. Em quantidade absoluta, ela diminui naturalmente também na caminhada da água, porém mais lentamente que as partículas anorgânicas em suspensão. O aumento relativo, pois, é uma expressão do peso específico menor e da fricção maior na água, das partículas orgânicas, as quais, parcialmente, devem ser organismos vivos e mortos de plâncton que são, em parte, especial e conhecidamente adaptados à flutuação na água (aumento da superfície por espinhos etc., diminuição do peso específico por gotas de gorduras, movimentos fototáticos, etc.).

4.) Como na boca do lago passa para dentro dêste, menor quantidade de matéria em suspensão, em quantidade absoluta, do que entra na boca do canal na beira do Amazonas, apesar do aumento de volume da água pela afluência de água através da floresta da várzea,

isto significa que não somente durante o percurso lento através da vegetação da várzea, fora do leito do canal, ocorre sedimentação, mas também dentro do próprio leito do canal, ou que o volume d'água que entrou pela boca na beira do Amazonas não continua o mesmo ao percorrer todo aquele leito pois que fica parcial ou totalmente substituída por água que passou lentamente pela vegetação da várzea fora do canal, onde perdeu uma parte da sua matéria em suspensão. Que pelo menos na última parte do canal, onde a correnteza já se reduziu, ocorre uma ligeira sedimentação, isto se prova pelo fato de que a água do fundo, na saída do canal para o lago, é mais rica em matéria em suspensão (0.0249 g/l) do que a água da superfície no mesmo lugar (0.0209 g/l), e que, ao mesmo tempo, a matéria em suspensão na água da superfície tem uma porcentagem maior em substâncias orgânicas do que na água do fundo (22.97 contra 21.68%). Que, no percurso do canal, também haja uma troca parcial, talvez até mesmo total, da água no leito do mesmo, é natural naquela época em que a margem do canal não era visível em nenhum ponto e o leito do canal era somente uma vala mais funda e limpa de vegetação no terreno completamente alagado.

A série de furos entre o Paraná do Tapará e o Lago Grande de Monte Alegre foi examinada também no auge da enchente de 1950, em 17 de maio, em dois lugares: o primeiro, na boca do Furo do Telheiro, distante apenas cerca de 50 m da beira do Paraná do Tapará; o segundo no Furo do Cacaual, distante mais ou menos 2 - 3 km do primeiro ponto de observação. Este Furo do Cacaual era, em todo este sistema de furos, o trecho de maior correnteza da água, alcançando em um lugar - embora não no ponto de observação - 1.7 m/seg. A água que passava pela vegetação da várzea, e pelos Cacauais, confluía, nesta região, para o leito limpo deste Furo do Cacaual, ganhando aí uma velocidade impressionante.

Do Furo do Cacaual em diante, aproximando-se mais do lago, a água se tornava cada vez mais transparente, mais "água preta", diminuindo também a correnteza até ficar quase parada, espalhando-se de novo por entre a vegetação no terreno já mais baixo e mais próximo ao lago. No Igarapé São João, acima do Sítio São João, a água era absolutamente "água preta", com uma transparência

de 2.50 m, de maneira que praticamente não podia mais conter matéria em suspensão em quantidades determináveis.

Os dados de análises nos dois lugares de observação destes furos foram os seguintes:

III.) Furo do Telheiro.

Lugar do exame: perto da boca inicial, distante ± 50 m da beira do Paraná do Tapará.

Data: 17 de maio de 1950.

Largura do furo: 10 m.

Profundidade: máxima: 2.50 m; média: 1.90 m.

Área do corte transversal pelo furo: 19 m².

Velocidade da correnteza em direção ao lago: 0.6 m/seg.

Quantidade da água que passa em direção ao lago: 11.2 m³/seg.

Transparência da água: 0.30 m.

Quantidade de matéria em suspensão nesta água:

sêca a 110°.C	incinerada	perda pela incineração (subst. organ.) em %
0.0499 g/litro	0.0447 g/l	0.0052 g/l 10.42%

passando em direção ao lago, desta maneira:

0.5589 kg/seg.	0.5006 kg/seg.	0.0582 kg/seg.
ou		
48 287.23 kg/dia	43 255.30 kg/dia	5 031.94 kg/dia

IV.) Furo do Cacaual.

Lugar do exame: $\pm 2 - 3$ km distante do lugar III.) no Furo do Telheiro.

Data: 17 de maio de 1950.

Largura do furo: 9 m.

Profundidade: máxima: 3.30 m.; média: 3.10 m.

Área do corte transversal pelo furo: 28 m².

Velocidade da correnteza em direção ao lago: 0.75 m/seg.

Quantidade da água que passa em direção ao lago: 21 m³/seg.

Transparência da água 0.45 m

Quantidade de matéria em suspensão nesta água:

sêca a 110°.C	incinerada	perda pela incineração (subst. organ.) em %
0.0363 g/litro	0.0248 g/l	0.0115 g/l 31.68%

passando em direção ao lago, desta maneira:

0.7623 kg/seg.	0.5208 kg/seg.	0.2415 kg/seg.
ou		
65 862.72 kg/dia	44 997.12 kg/dia	20 865.60 kg/dia

A estas análises só se acrescentará, ainda, a já mencionada observação de transparência de 2.50 m no Igarapé São João.

Uma interpretação dos resultados obtidos nestes sistemas de furos entre o Paraná do Taparú e o Lago Grande de Monte Alegre apresenta, em linhas principais, o mesmo quadro como a do Canal do Piapó. A quantidade de matéria em suspensão diminui aqui também, de 0.0499 g/l na bôca (água do Paraná do Taparú) para 0.0363 g no Furo do Cacaual (e para quantidades indetermináveis no Igarapé São João, já perto do lago e distante ± 10 km da bôca na beira do Taparú), enquanto a quantidade relativa de substâncias orgânicas entre a matéria suspensa aumenta simultaneamente de 10.42% para 31.68%. A transparência aumenta neste trecho de ± 2 km de 0,30 m para 0,45 m, e termina alcançando, $\pm 7 - 8$ km adiante, perto da bôca para o lago, 2.50 m. Significa isto que a água do Taparú - a qual, aliás, já continha apenas pouco mais que a terça parte da matéria em suspensão da água do Amazonas mesmo, provavelmente por causa da afluência ao Paraná do Taparú, além da água do Amazonas que vem pelo Paraná-mirim de Óbidos, de águas pretas de lagos ao redor de Alenquer e da água do Rio Curuá de Alenquer - perde, na travessia da zona de várzea com vegetação alta, de floresta, como mostram as fotografias, praticamente tôdas as suas partículas em suspensão e alcança o Lago Grande de Monte Alegre em estado absolutamente livre de sedimentos, não podendo, desta maneira, ajudar na colmatagem da bacia lacustre pelos sedimentos.

Vemos, neste exemplo, nitidamente como a faixa de várzea, próxima ao leito do rio, tem sôbre a água que entra o efeito de um filtro que retém, neste caso naturalmente não pelo tamanho dos

"poros do filtro", isto é, das distâncias entre as árvores e outras plantas da mata ciliar, mas pela redução da correnteza da água, as partículas em suspensão introduzidas pela água do rio.

Analisando agora as condições no Canal do Piapó em 25 de agosto de 1950, numa época no qual o nível do Amazonas estava ± 2 a 3 m abaixo do nível mais alto da enchente desse ano, conseguimos os seguintes resultados. O canal do Piapó foi examinado, desta vez, em três lugares: na boca do Canal na beira do Amazonas, mais ou menos na metade do percurso do canal entre o Amazonas e o Lago Grande de Monte Alegre, e finalmente na saída do canal para o dito lago.

V.) Canal do Piapó.

Lugar do exame: na entrada do canal, na margem do Amazonas.

Data: 25 de agosto de 1950.

Largura do Canal: 3 m.

Profundidade: máxima: 0.80 m; média: 0.60 m.

Área do corte transversal pelo canal: 1.8 m².

Velocidade da correnteza em direção ao lago: 1.1 m/seg.

Quantidade da água que passa em direção ao lago: 2 m³/seg.

Transparência d'água: ± 0.25 m.

Quantidade de matéria em suspensão nesta água:

sêca a 110°.C	incinerada	perda pela incineração (subst. organ.) em %
0.2019 g/litro	0.1787 g/l	0.0232 g/l 11.49%

passando em direção ao lago, desta maneira:

0.4038 kg/seg.	0.3574 kg/seg.	0.0464 kg/seg.
ou		
34 888.32 kg/dia	30 879.36 kg/dia	4 008.96 kg/dia

VI.) Canal do Piapó.

Lugar do exame: mais ou menos na metade da extensão do canal, de ± 4 km de comprimento, entre o Amazonas e o lago.

Data: 25 de agosto de 1950.

Largura do canal: 20 m.

Profundidade: máxima: 1.50 m; média: 1.0 m.
 Área do corte transversal pelo canal: 20 m².
 Velocidade da correnteza em direção ao lago: 0,15 m/seg.
 Quantidade da água que passa em direção ao lago: 3 m³/seg.
 Transparência d'água: 0.25 - 0.30 m.

Quantidade de matéria em suspensão nesta água:

sêca a 110°.C	incinerada	perda pela incineração (subst. organ.) em %
0.1046 g/litro	0.0863 g/l	0.0183 g/l 17.50%

passando em direção ao lago, desta maneira:

0.3138 kg/seg.	0.2589 kg/seg.	0.0549 kg/seg.
ou		
27 112.32 kg/dia	22 368.96 kg/dia	4 743.36 kg/dia

VII.) Canal do Piapó.

Lugar do exame: saída do canal para o Lago Grande de Monte Alegre.

Data: 25 de agosto de 1950.

Largura do canal: ± 40 m.

Profundidade: média: 3.50 m.

Área do corte transversal pelo canal: 140 m².

Velocidade da correnteza em direção ao lago: A água, neste lugar, estava praticamente estagnada ou tinha uma velocidade tão pequena que não se podia calcular, nem avaliar, a quantidade d'água que passava, ali, pela transecção do canal em direção ao lago.

Quantidade de água que passa em direção ao lago: Aceitando, como mais provável e até necessariamente, uma vazão d'água para dentro do lago igual à do caso anterior (VI.), (de 3 m³/seg.), apesar da aparente estagnação da água na boca do canal - fenômeno provocado pela área do corte transversal muito maior, aqui, do que nos lugares anteriores -, pois entre os dois lugares não havia ramificações do leito do canal nem transbordamento d'água, temos os seguintes resultados:

Transparência d'água: ± 0.50 m.

Quantidade de matéria em suspensão nesta água:

sêca a 110°.C	incinerada	perda pela incineração (subst. orgân.) em %
0.0268 g/litro	0.0114 g/l	0.0154 g/l 57.46%

passando para dentro do lago, desta maneira:

0.0804 kg/seg.	0.0342 kg/seg.	0.0462 kg/seg.
ou		
6 946.56 kg/dia	2 954.88 kg/dia	3 991.68 kg/dia

Desta vez ainda se repete a observação geral de perda de matéria em suspensão durante o trajeto da várzea entre o rio e o lago, junto com um aumento relativo das substâncias orgânicas no material suspenso. Mas o fato interessante aqui é que, dentro desse canal, também há sedimentação comprovada na água que passa no mesmo, sem que haja um extravasamento da água, uma passagem dela pela vegetação florestal da várzea. Assim fica estabelecido sem dúvida que uma sedimentação ocorre também dentro do leito do canal e que esta só se verifica por causa da diminuição da correnteza em relação ao Amazonas mesmo, e não por causa de um "filtramento" pela vegetação. Pois o Amazonas tem, durante o verão, uma correnteza de 1 a 2 milhas por hora, o que corresponde a 0.5 a 1.0 m/seg., (durante a enchente, a velocidade de correnteza do Amazonas é dobrada ou até mais), enquanto no meio do canal do Piapó, na metade do seu comprimento, era ainda apenas de mais ou menos 0.15 m/seg., e insensível na saída para o lago.

Avaliar, agora, em que distância da margem a água do Amazonas ou a do Paraná do Taparará que invade e percorre a várzea com uma certa velocidade, perde, por sedimentação, uma certa porcentagem do seu teor em matéria em suspensão, não é possível pois deve variar muito de caso para caso. Não se podem, pois, estabelecer regras gerais sobre direção e velocidade da água na várzea, onde as diferentes densidades da vegetação, os diferentes níveis do terreno, e mesmo já alguma árvore caída, alteram profundamente os dois fatores. Podemos, porém, constatar que no trajeto de ± 10 km entre o Paraná do Taparará e o Lago Grande de Monte Alegre, a água "branca" perdeu todos os seus sedimentos, e que, no canal

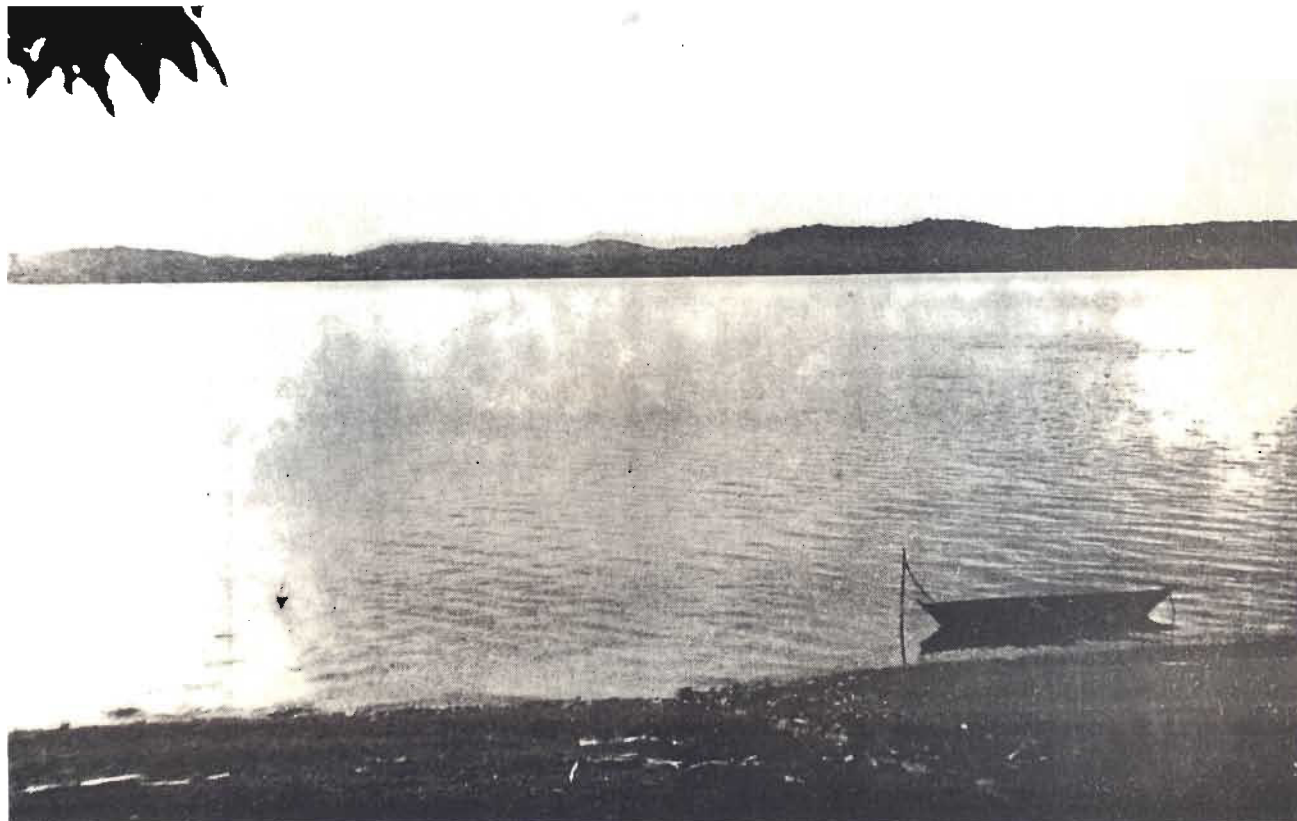


Foto n.º 16 — Terreno ondulado na faixa do Carbonífero da Baixa Amazonia. Margem ocidental do Rio Tapajós em frente de Fordlândia
Hilly terrain in the carboniferous strip of Lower Amazonia Western shore of the Rio Tapajós in front of Fordlandia
Collines dans la bande de terrain carboniférien de l'Amazonie Inférieure. Rive occidentale du Rio Tapajós en face de Fordlandia.
Hügeliges Gelände im Karbonstreifen Unteramazoniens. Westliches Ufer des Rio Tapajós gegenüber von Fordlandia.



Foto n. 17 — Calcáreo aflorando na margem do Rio Cupari, na faixa do Carbonifero ao sul do Baixo Amazonas.
Exposed limestone on the bank of the Rio Cupari in the carboniferous strip south of the Lower Rio Amazona.
Affleurement de calcaire à la rive du Rio Cupari, dans la bande de terrain carboniférien au sud du Bas-Amazou.
Anstehender Kalkstein am Ufer des Rio Cupari, im Karbonstreifen auf der Südseite des Unteren Amazona.

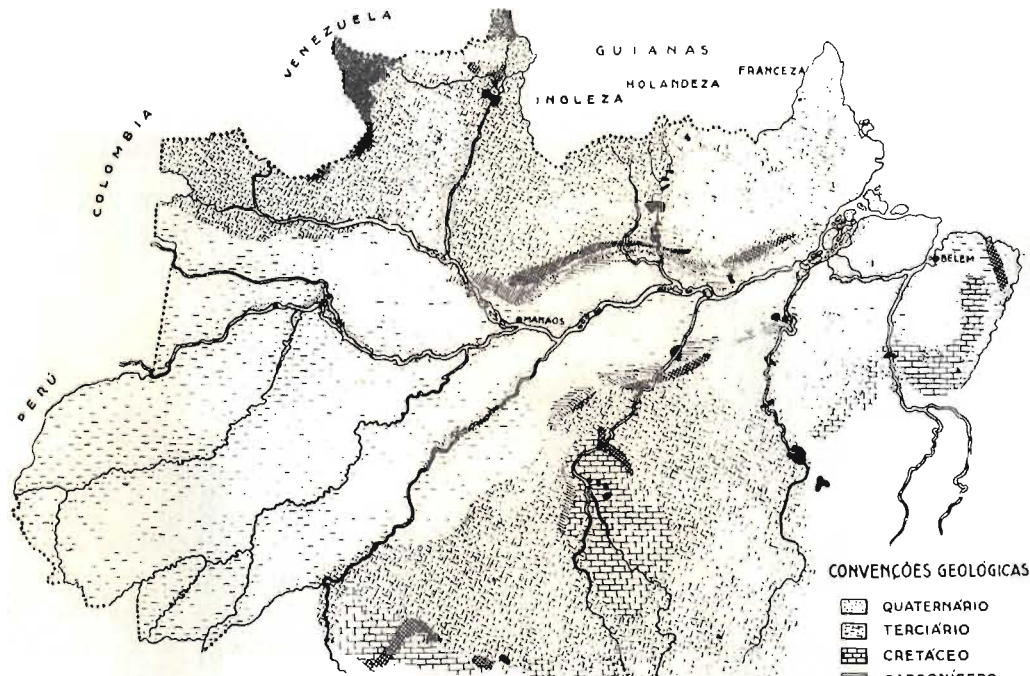


Foto n.º 18 — Erupções de diabásito na faixa do Carbonífero ao sul do Baixo Amazonas, formando cachoeiras no leito do Rio Cupari. Cachoeira do Flechal.

Eruptions of diabase in the carboniferous strip south of the Lower Rio Amazonas which form rapids in the bed of the Rio Cupari. Flechal rapids.

Éruptions de diabase dans la bande de terrain carboniférien au sud du Bas-Amazone. Ces éruptions forment des rapides dans le lit du Rio Cupari. Rapides de Flechal.

Diabas-Eruptionen im Karbonstreifen südlich vom Unteren Amazonas, die Stromschnellen im Bett des Rio Cupari bilden. Flechal-Stromschnelle.



CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- QUATERNÁRIO
- TERCIÁRIO
- CRETÁCEO
- CARBONÍFERO
- DEVONIANO
- SILURIANO
- PRE-CAMBRIANO
- ARQUEANO
- ERUPTIVAS

ESBOÇO GEOLÓGICO DA AMAZÔNIA

Reprodução do mapa geológico organizado por

AVELINO IGNACIO DE OLIVEIRA

REPRESENTA O ESTADO DOS CONHECIMENTOS EM 1938

Geological sketch of the Amazon Region. Reproduced from the geological map organized by Avelino Ignacio de Oliveira. It represents the state of knowledge of 1938.

Esquisse géologique de l'Amazonie. Reproduction de la carte géologique établie par Avelino Ignacio de Oliveira. Elle présente l'état des connaissances acquises jusqu'en 1938.

Geologische Skizze des Amazonasgebietes. Reproduziert von der Geologischen Karte von Avelino Ignacio de Oliveira. Dargestellt ist der Stand der Kenntnisse von 1938.



Foto n.º 1 — Formação típica da beira de um rio de água branca. Paisagem da margem do Paraná de Alenquer, braço setentrional do Baixo Amazonas.
Typical shore formation of a "white" water river. Landscape of the shore of Paraná de Alenquer, northern arm of the Lower Amazon.
Formation ripuaire typique d'un fleuve à eau blanche. Paysage à la rive du Paraná de Alenquer bras septentrional du Bas-Amazone.
Typische Uferbildung eines Weisswasserflusses. Uferlandschaft am Paraná de Alenquer, eines nördlichen Seitenarmes des Unteren Amazonas.



Foto n.º 2 — "Barranco", beira quebrada de um rio de água branca. Baixo Rio Madeira
"Barranco", broken shore of a "white" water river. Lower Rio Madeira.
"Barranco" (escarpement), rive effondrée d'un fleuve à eau blanche. Bas Rio Madeira
"Barranco", Abbruchufer eines Weisswasserflusses. Unterer Rio Madeira.



Foto n.º 3 — Faixa de capim flutuante que acompanha, em trechos mais ou menos estáveis, a beira de rios de água branca
No Paraná de Alenquer, braço setentrional do Baixo Amazonas, durante a enchente
Strip of floating grass which occurs along the shore of "white" water rivers on the more stable stretches. In the Paraná de
Alenquer, a northern sidearm of the Lower Amazon, during the highwater season
Bande de Graminées flottantes, qui longe la rive des fleuves à eau blanche sur des distances plus ou moins constantes.
Dans le Paraná de Alenquer, bras septentrional du Bas-Amazone, pendant les crues
Streifen schwimmenden Grases, der das Ufer von Weisswasserflüssen an mehr oder weniger stabilen Strecken begleitet. Im
Paraná de Alenquer, einem nördlichen Seitenarm des Unteren Amazonas, während des Hochwassers



Foto n.º 4 — *Plantação de juta na várzea no Paraná de Alenquer.*
Jute-plantation in the "várzea" of the Paraná de Alenquer.
Plantation de jute dans la "várzea" du Paraná de Alenquer.
Jute-Pflanzung auf der "Várzea" des Paraná de Alenquer.



Foto n. 5 - Paisagem marginal típica de um rio de água limpa Médio Rio Tapajós
Typical shore landscape of a clear water river Middle Rio Tapajós.
Paysage ripuaire typique d'un fleuve à eau claire Moyen Rio Tapajós
Typische Uferlandschaft eines Klarwasserflusses Mittlerer Rio Tapajós.



Foto n.º 6 Cachoeira "Pössörörök" ("Casa de Andorinha") do Rio Cururu afluente do alto Rio Tapau.
"Pössörörök" = swallow house = waterfall of the Rio Cururu a tributary of the Upper Rio Tapau.
Chutes de "Pössörörök" = "Maison des hirondelles" du Rio Cururu affluent du Haut Rio Tapau.
"Pössörörök" = "Schwalbenhaus" = Wasserfall des Rio Cururu eines Nebenflusses des Oberen Rio Tapau.



Foto n. 7 - Vista sobre o vale do taizo Rio Cururu, cheio de Igapó e de uma largura de mais ou menos 10 km. Bem ao fundo da fotografia nota-se uma aparência da terra firme
View, looking over the valley of the Rio Cururu which is covered with an "Igapó"—forest more or less 10 km wide. In the background of the photo a stretch of "terra firme" can be seen.
Vue dominant la vallée du Rio Cururu, large d'environ 10 km., entièrement couverte par la forêt--igapó. A l'arrière-plan de la photographie, on aperçoit la "terra firme".
Blick über das mit Igapó-Wald erfüllte Tal des Rio Cururu von etwa 10 km Breite. Im Hintergrunde der Fotografie wird etwas "Terra firme" sichtbar.



Foto n. 8 - Dentro do igapo do Rio Cururu
In the igapo forest of the Rio Cururu
Dans la forêt igapo du Rio Cururu
Im Igapo-Wald des Rio Cururu



Foto n. 9 *Margem de igapó do Faixo Cururu*
Igapó-shore of the Lower Rio Cururu
Rive de l'igapó du Bas Rio Cururu
Igapó-Ufer des Unteren Rio Cururu



Foto n.º 10 — Zona de aluvião, com ilhas de "várzea", do Rio Tapajós em frente de Fordlândia
Alluvium-zone of the Rio Tapajós in front of Fordlandia, with islands of "várzea"
Zone d'alluvion, présentant des îles de "várzea", dans le Rio Tapajós à hauteur de Fordlandia
Alluvionszone mit "Várzea"-Inseln des Rio Tapajós vor Fordlandia



Foto n.º 11 — Vista sobre o largo Baixo Rio Tapajós do cume da Serra Piróca, perto de Alter do Chão
View looking over the wide Lower Rio Tapajós from the peak of Serra Piróca near Alter do Chão.
Vue prise du sommet culminant de la Serra Piróca près de Alter do Chão sur le large Rio Tapajós inférieur.
Blick vom Gipfel der Serra Piróca bei Alter do Chão über den breiten Unteren Rio Tapajós



Foto n.º 12 — Beira do Baixo Rio Tapajós, em Paricatuba, em frente de Aramanai, durante o nível mais baixo do rio. Comêço de uma vegetação de igapó nas praias de areia alva.

Bank of the Lower Rio Tapajós in Paricatuba, in front of Aramanai, at the time of the lowest level of the water of the river. Beginning of the formation of "igapó"-vegetation on the beaches of pure white sand

Rive du Rio Tapajós Inférieur à Paricatuba, en face de Aramanai, pendant la période des basses eaux au niveau le plus bas du fleuve. Début d'une végétation d'igapó sur les rives de pur sable blanc

Ufer des unteren Rio Tapajós in Paricatuba, gegenüber von Aramanai, während des niedrigsten Wasserstandes des Flusses. Beginn einer Igapó-Vegetation auf den reinen weissen Sandstränden



Foto n. 13 -- Paisagem típica ao longo da estrada na região da Estrada de Ferro de Bragança. Capoeira raquítica ocupa terrenos agora imprestáveis para a agricultura.

Typical landscape along the road in the region of the Bragança Railway. Rachitic secondary forest ("Capoeira") occupies terrains which are now worthless for agriculture.

Paysage typique observé le long de la route à proximité de la voie ferrée Belém-Bragança. Forêt secondaire pauvre dite "Capoeira", occupant actuellement la région, qui est devenue inutilisable pour des fins agricoles.

Typische Landschaft entlang der Landstrasse in der Gegend der Eisenbahnlinie Belém-Bragança. Kümmerlicher nachgewachsene Wald, sog. "Capoeira", bedeckt jetzt das Gelände, das für Ackerbau unbrauchbar geworden ist.

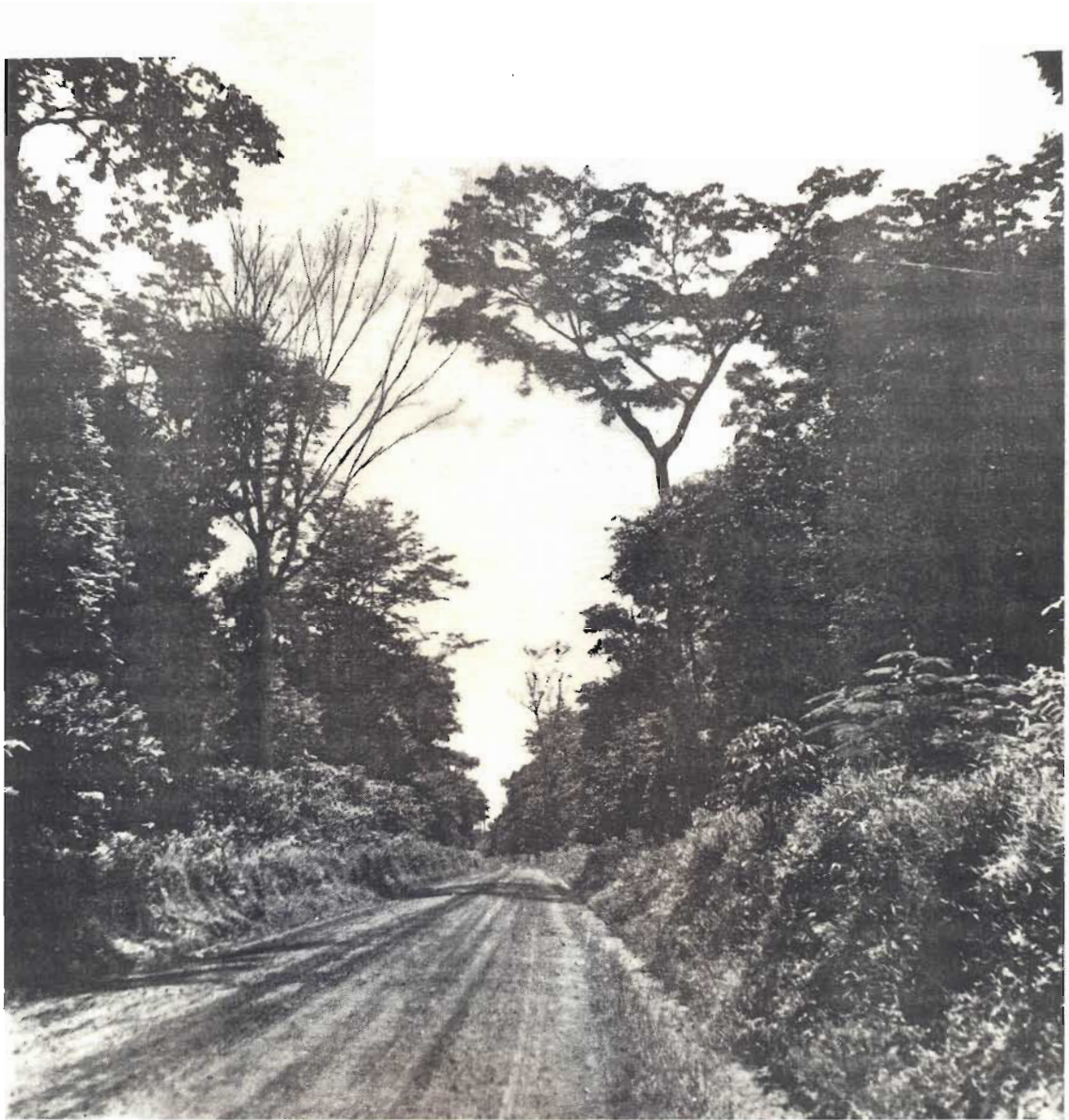


Foto n. 14 O último trecho de floresta original na estrada de rodagem entre Belém e Capanema. Compare este mata alta e imponente com o aspecto triste da fotografia anterior.

The last spot of original forest on the road between Belém and Capanema. Compare this high and imposing forest with the forlorn aspect of the photo before.

Le dernier massif de forêt primaire existant le long de la route entre Belém et Capanema. Comparez cette forêt-ci aux arbres de dimensions élevées et d'aspect imposant avec la formation végétale d'aspect lamentable, présentée par la photographie précédente.

Das letzte Stück ursprünglichen Waldes an der Landstrasse zwischen Belém und Capanema. Vgl. diesen hohen und imposanten Wald mit dem traurigen Anblick der vorigen Fotografie.

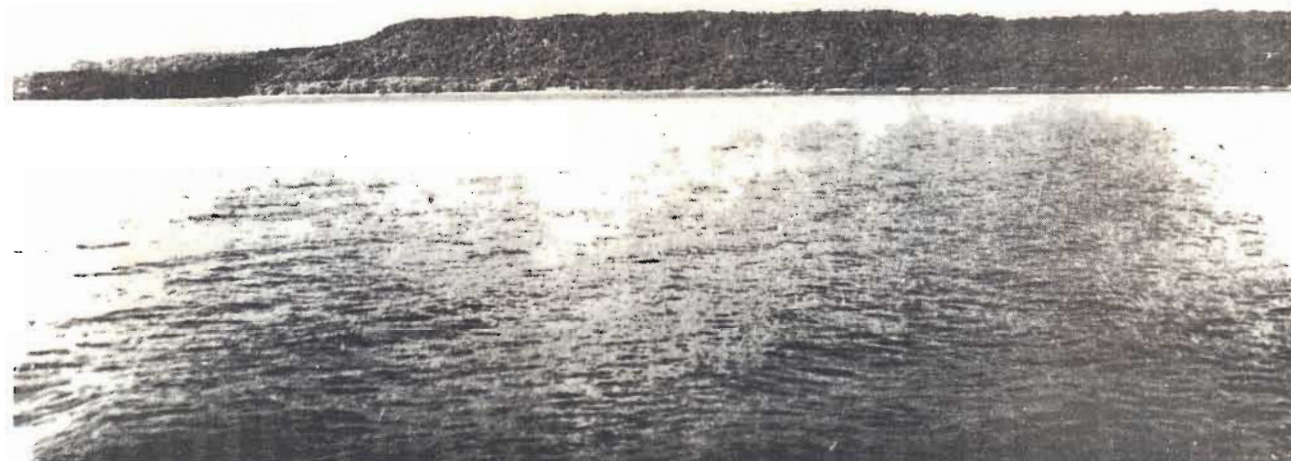


Foto n.º 15 — *Terra firme* alta, mas plana, do terciário da Baixa Amazonia. Margem oriental do Baixo Rio Tapajós, perto de Aramanai.

High but plain "terra firme" of the tertiary regions of Lower Amazonia. Eastern shore of the Lower Rio Tapajós near Aramanai.

"Terra firme" élevée, mais plane des terrains tertiaires de l'Amazonie Inférieure. Rive orientale du Rio Tapajós inférieur près d'Aramanai.

Hohe aber ebene "terra firme" der Tertiärgebiete Unteramazoniens. Östliches Ufer des Unteren Rio Tapajós bei Aramanai.

do Piapó de 4 km de comprimento, ela perdeu 83.72% no auge da enchente, quando a água transbordava do leito do canal, e 86.73% com água média.

Restam algumas palavras sobre o tamanho das partículas sedimentadas na várzea. SMITH, e OLIVEIRA e LEONARDOS já mencionaram que, como é natural, as partículas mais grossas são as primeiras a serem depositadas perto da margem do rio, de onde entra a água na várzea, e que as partículas mais finas são levadas a maiores distâncias. Uma vista às últimas fotografias (n.º 19 a 25) apresentadas neste trabalho, tiradas todas em agosto de 1950, quando a vasante já tinha libertado o solo da várzea da cobertura pela água, ilustra claramente este fato.

A fotografia n.º 19 é de Cacaual Grande, diretamente na margem do Amazonas, onde, durante a enchente, passava a água com uma certa correnteza. A fotografia n.º 20 é da beira do Canal do Piapó, a cerca de 40 m de distância da boca, na beira do Amazonas, onde também houvera correnteza durante a enchente. Ambas as fotografias mostram apenas estreitas "fendas de secagem" no solo. Agora, as fotografias ns. 21 e 22, são de um lugar na altura da casa de Cacaual Grande, já perto porém da beira do lago, onde a água tinha estado mais calma, ou completamente calma, antes de ceder; todo o solo aqui está rachado por largas fendas de secagem, bem diferentes das fendas que se encontram nos lugares anteriores, apesar de que todos os três lugares tinham mais ou menos a mesma altura sobre o nível do rio e, desta forma, devem ter ficado expostos ao ar e à secagem por um período mais ou menos igual. É claro que a formação e a largura das "fendas de secagem" não dependem somente do tamanho das partículas do solo. Iríamos longe demais querendo tentar explicar, aqui, a físico-química do solo em relação às fendas de secagem. Basta dizermos, pois, que a existência de partículas finas, num solo, é uma das condições para a formação de tais fendas.

Nos lugares em que foram batidas as fotografias do solo sedimentário rachado tiraram-se amostras de solo, da camada superficial e por isso recém-depositado. As três últimas fotografias são microfotos destas amostras de solos, estendidos, secos, em camadas finas, sobre uma lâmina. Nitidamente vê-se a diferença no tamanho

dos grãos, grossos nas fotografias ns. 23 e 24 das amostras que foram tomadas nos lugares representados nas fotografias 19 e 20, e finos na fotografia n.º 25 da amostra do lugar com as fendas largas, representado nas fotografias ns. 21 e 22.

SUMMARY

In this paper an effort is made to analyse the sedimentation processes in the várzea (the floodable lowlands) of the Lower Amazon.

During the flood period of the year, practically all of the lowlands in the river valley of the Lower Amazon are inundated. But the water does not all come from the Amazon. In the great Várzea-lakes muddy "white" water with a pH equal to that of the Amazon water can only be seen near the river shore, whereas the land near the terra firme has clear "black" water with a much lower pH. This clear "black" water is rain water which runs down from the terra firme. Run-off is rendered impossible and the water is dammed up by the rising level of the Amazon in the flood and rainy season.

Because of the two different kinds of water in the flooded lowlands we find here two different types of flooded forest: that of the ridges of higher land on the river shores - the white water gallery-forest of the Várzea; and that of the lakeshores which is situated further in towards the terra firme - the black water Igapó-forest.

With the aid of two examples, the Canal do Piapó at the Subestação Experimental de Cacaual Grande and the system of "furos" (natural channels) between the Paraná do Taparará and the Lago Grande de Monte Alegre, it is shown the way in which the white Amazon water loses its suspended particles of anorganic and organic matter when flooding the várzea land and heading toward the lakes. On a course of some 10 km between the Paraná do Taparará and the Lago Grande de Monte Alegre during the highest waters of the 1950 flood, the flood water from the Amazon precipitated all of its sediments, and reached the lake as pure "black" water.

In the canal do Piapó some 4 km long it left 83.72% of its sediments during the highest flood of 1950, when the water had inundated all the land around its bed, and 86.73% when the water was running at its average level exclusively within the channel bed.

Sedimentation of suspended particles in water takes place through the slowing-down of the water-current in the Várzea. The largest (coarsest) particles naturally settle first. In the analyses dealt with, this is expressed by the greater loss of anorganic particles than of organic ones.

Some photographs of the cracking of drying mud in recently deposited soil at Cacaual Grande and some microphotos of the particle size of the soil which accompany this paper, show how the soil deposited in flowing water consists of larger particles than the soil deposited in calmer, more stagnant water.

RÉSUMÉ

L'auteur s'est efforcé d'analyser les processus de sédimentation dans la *Varzea*, c'est-à-dire dans les basses terres fluviales inondables du Bas-Amazone.

Le bas pays tout entier dans l'immense vallée du cours inférieur du Fleuve des Amazones est pratiquement inondé pendant la période annuelle des hautes eaux; mais les eaux auxquelles sont dues ces inondations ne proviennent pas toutes de ce fleuve.

Dans les lacs de *várzea*, très étendus, mais plats, on observe, en effet, d'une part, de l'"eau blanche" limoneuse, présentant un pH égal à celui de l'eau du Fleuve des Amazones, uniquement dans les parties situées à proximité de la rive de ce fleuve, tandis que dans ces mêmes lacs les parties situées face à la "Terra firme" présentent de l'"eau noire" transparente dont le pH est manifestement inférieur. Cette "eau noire" transparente provient soit des eaux pluviales, soit des eaux d'écoulement de la "Terra firme". Le niveau des eaux du Fleuve des Amazones, qui s'élève pendant la période des hautes-eaux et la saison des pluies, empêche l'écoulement et provoque l'accumulation de cette "eau noire".

Cette dualité de types d'eaux très différents entraîne également la formation de deux types différents de forêts inondables dans le bas pays de la vallée amazonienne: d'une part, la forêt-galerie de la *várzea*, à "eau blanche", forêt localisée le long des rives fluviales sur la bande de terre surélevée, et, d'autre part, la forêt-igapó à "eau noire", forêt localisée sur les rives lacustres adjacentes à la "Terra firme".

L'auteur a choisi deux exemples, le premier, le Canal do Piapó, sur le terrain de la Station Expérimentale de Cacaual Grande, et le second, le système de "Furos", canaux naturels de liaisons, existant entre le Paraná do Taparà et le Lago Grande de Monte Alegre.

L'auteur montre comment l'"eau blanche" du Fleuve des Amazones perd ses matières minérales et organiques qui y sont en suspension, quand, à l'époque des hautes-eaux, cette "eau blanche" pénètre dans la zone à *várzea* et s'écoule vers l'intérieur des terres en direction des lacs.

Au cours de la crue extraordinairement forte de l'année 1950, cette "eau blanche" perdit toutes les matières qu'elle contenait en suspension, pendant le trajet qu'elle parcourut sur une distance d'environ 10 km de canaux naturels entre le Paraná do Taparà et le Lago Grande de Monte Alegre, et cette eau était devenue une pure "eau noire" lorsqu'elle parvint au Lago. Dans le Canal do Piapó, long d'environ 4 km, cette "eau blanche" perdit sur ce trajet d'écoulement 83,72% de ses matières en suspension, pendant la même période de la plus forte crue de l'année 1950, lorsque les eaux eurent inondé, jusqu'à une profondeur relativement forte, toutes les terres circonvoisines du Canal. Plus tard, lorsque les eaux furent redescendues à un niveau dépassant de peu le niveau moyen des eaux du Fleuve des Amazones et n'occupaient plus que la tranchée même du Canal, ce pourcentage de matières en suspension s'élevait à 86,73%.

La sédimentation des matières en suspension dans l'eau est due au ralentissement du courant des eaux dans la zone à várzea en dehors du lit du Fleuve des Amazones. Ce sont alors, naturellement, les particules de formes les plus grossières des matières en suspension qui se déposent les premières.

Ceci apparaît clairement dans les analyses publiées ici même, qui montrent que le pourcentage des pertes en matières minérales en suspension est supérieur au pourcentage des pertes en matières organiques en suspension.

Pour finir, l'auteur donne quelques photographies, montrant la fissuration du sol par dessiccation dans des sols fraîchement sédimentés au cours de la dernière crue à Cacaual Grande, ainsi que quelques microphotos des grains mêmes dont sont formés ces sols. On constate que le sol dû à une sédimentation encore influencée par un certain courant fluvial est formé de particules plus grossières que celles d'un sol qui fut déposé dans des eaux moins agitées, voire stagnantes.

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Abhandlung bemüht sich, die Sedimentierungsprozesse in der Várzea, der überschwemmbar Flussniederung, des unteren Amazonas zu analysieren.

Während der jährlichen Hochwasserzeit wird praktisch die ganze Niederung in dem riesigen Flusstal des unteren Amazonas überschwemmt; aber das Wasser dieser Überschwemmung entstammt nicht alles dem Amazonas. In den grossen, aber flachen Várzea-Seen sehen wir lehmiges "Weiss"wasser, mit einem dem Amazonaswasser gleichen pH, nur in den dem Flussufer zu gelegenen Teilen, während die der "Terra firme" zu gelegenen Seeteile von klarem "Schwarz"wasser, mit einem bedeutend niedrigeren pH, erfüllt sind. Dieses klare Schwarzwasser ist entweder Regenwasser, oder es ist von der Terra firme herabgekommen; es wird durch den in der Hochwasser- und Regenzeit steigenden Flusspiegel des Amazonas am Abfliessen verhindert und aufgestaut.

Wegen der zwei verschiedenen Gewässerarten finden wir in der Flussniederung auch zwei verschiedene Arten von Überschwemmungswald: den auf dem erhöhten Geländestreifen längs der Flussufer — den Weisswasser-Galeriewald der Várzea; und jenen auf den der Terra firme zu gelegenen Seeufern — den Schwarzwasser-Igapówald.

An zwei Beispielen, dem Canal do Piapó auf der Versuchsstation von Cacaual Grande und dem System von "Furos", natürlichen Verbindungskanälen, zwischen dem Paraná do Taparú und dem Lago Grande de Monte Alegre, wird gezeigt, wie das "weisse" Amazonaswasser seine anorganischen und organischen Schwebstoffe verliert, wenn es beim Hochwasser in das Várzea-Land eindringt und landeinwärts, in Richtung nach den Seen, fliesst. Während des aussergewöhnlich grossen Hochwassers von 1950 verlor es beim Durchfliessen der ± 10 km langen Strecke von natürlichen Kanälen zwischen dem Paraná do Taparú und dem Lago Grande de Monte Alegre alle seine Schwebstoffe und kam als reines "Schwarz"wasser an dem See an; in dem ± 4 km

langen Canal do Piapó verlor es in derselben Zeit des höchsten Wasserstandes des Jahres 1950, als das Wasser alles um den Kanal herum gelegene Land hoch überschwemmt hatte, beim Durchfliessen 83.72% seiner Schwebstoffe, und 86,73% derselben später bei etwas über mittlerem Wasserstand des Flusses, als das Wasser nur noch auf das Kanalbett selbst beschränkt war.

Die Sedimentierung der Schwebstoffe des Wassers geschieht durch die Verlangsamung der Wasserströmung in der Várzea ausserhalb des Amazonas-Flussbettes. Natürlich setzen sich dabei die grössten Schwebepartikel zuerst ab. In den mitgeteilten Analysen kommt dies durch einen höheren prozentualen Verlust an anorganischen als an organischen Schwebstoffen zum Ausdruck.

Zum Schluss zeigen einige Fotografien von Trockenrissen in frisch, während des letzten Hochwassers, sedimentierten Böden in Cacaual Grande und einige Mikrofotos der Korngrössen dieser Böden direkt, wie der Boden, der vom Wasser noch innerhalb einer gewissen Strömung abgesetzt worden ist, aus gröberen Teilen besteht als der Boden, der in ruhigerem, stagnierenderem Wasser sedimentiert wurde.

LITERATURA

- (1) SIOLI, H. — *Zum Alterungsprozess von Fluessen, und Flusstypen im Amazonasgebiet* — Arch. f. Hydrobiol., Stuttgart, 1951, Bd. XLV. Heft 3.
- (2) SIOLI, H. — *Das Wasser im Amazonasgebiet* — Forsch. u. Fortschr., Berlin, 1950, 26. Jhrg., Heft 21/22.
- (3) SIOLI, H. — *Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica* — Bol. técn. do IAN, Belém, 1951, vol. 24.
- (4) HUBER, J. — *Mattas e madeiras amazônicas* — Bol. Mus. Goeldi, vol. VI, Belém, 1909.
- (5) SMITH, HERBERT H. — *Brazil, the Amazon and the coast* — New York, 1879, Charles Scribner's Sons. Citado seg. HUBER.
- (6) KATZER, F. — *Grundzuege der Geologie des unteren Amazonasgebietes* — Leipzig, Max Weg, 1903.
- (7) OLIVEIRA, A.I., e LEONARDO, O.H. — *Geologia do Brazil* — Rio de Janeiro, 1943.



Foto n.º 2 — A mesma boca do Canal do Piapó com meia água no Amazonas (29-8-1950).
The same mouth of the Piapó-channel at medium waterlevel of the Amazon (8/29/1950).
Dieselbe Mündung des Piapó-Kanals während mittleren Wasserstandes des Amazonas (29.8.1950).
Vue sur la même embouchure du Canal de Piapó au cours de la période de crue
moyenne du Fleuve des Amazonas (29-8-1950).



Foto n° 3 — No Canal do Piapó, distante \pm 500 m da beira do Amazonas, na faixa de terreno mais alto da várzea. Floresta de várzea bem alta (25-8-1950)

In the Piapó-channel, \pm 500 m distant from the shore of the Amazon, on the ridge of the the highest várzea terrain. Quite high várzea forest. (8/25/1950)

Im Piapó-Kanal, etwa 500 m vom Amazonasufer entfernt, im Streifen des höchsten Landes der Várzea. Sehr hoher Várzea-Wald (25.8.1950)

Dans le Canal de Piapó, à environ 500 m. de distance de la rive du Fleuve des Amazones, dans la bande de terrain le plus élevé de la várzea. Très haute forêt de várzea. (25-8-1950)



Foto n.º 4 — No canal do Piapó, mais ou menos na metade entre a beira do Amazonas e a margem do Lago Grande de Monte Alegre, ou seja \pm 2 km. da beira do Amazonas. Floresta mais baixa do que nas fotografias n.º 2 e 3 e crescendo também em terreno visivelmente mais baixo por que mais alagado (25-8-1950).

In the Piapó-channel, more or less in the middle between the shore of the Amazon and the shore of the Lago Grande de Monte Alegre, i.e. \pm 2 km distant from the Amazon shore. Lower forest than that shown in the photos 2 and 3 which is growing on lower, higher flooded terrain. (8/25/1950).

Im Piapó-Kanal, etwa in der Mitte zwischen dem Amazonas und dem Ufer des Lago Grande de Monte Alegre, d.h. etwa 2 km vom Amazonasufer entfernt. Niedrigerer Wald als der auf den Fotos 2 und 3, der auf niedrigerem, höher überschwemmtem Gelände steht (25.8.1950).

Dans le Canal de Piapó, à peu près à mi-distance entre la Fleuve des Amazones et la rive du Lago Grande de Monte Alegre c'est-à-dire à quelque deux km. de distance de la rive du Fleuve des Amazones. Forêt moins haute que celle vue sur les photographies n.º 2 et n.º 3, et croissant d'ailleurs sur terrain plus bas couvert d'une nappe d'eau plus profonde lors de la crue (25-8-1950).

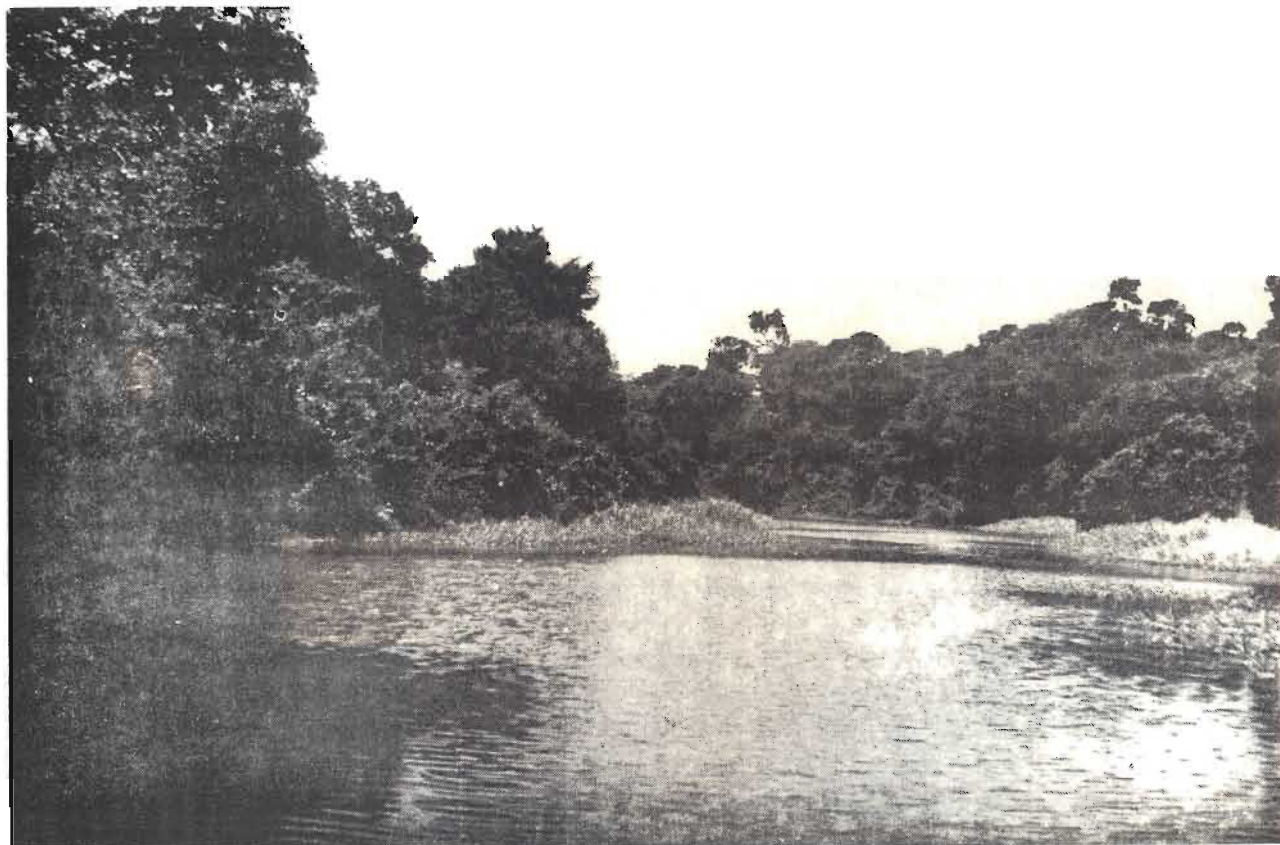


Foto n.º 5 — No canal do Piapó, já mais próximo à saída do canal para o Lago Grande de Monte Alegre, distante mais de 3 km da beira do Amazonas. A vegetação tem um caráter já predominantemente arbustivo. (25-8-1950)

In the Piapó-channel, nearer to the exit of the channel into the Lago Grande de Monte Alegre, more than 3 km from the shore of the Amazon. The vegetation has here a predominantly bushy character. (8/25/1950).

Im Piapó-Kanal, schon näher am Ausgang des Kanals in den Lago Grande de Monte Alegre und mehr als 3 km vom Amazonasufer entfernt. Die Vegetation besitzt hier bereits vorwiegend Busch-Charakter. (25.8.1950).

Dans le Canal de Piapó, vue prise plus près de son embouchure dans le Lago Grande de Monte Alegre, soit à plus de 3 km. de distance de la rive du Fleuve des Amazones. La végétation prédominant ici est déjà du type buissonnant. (25-8-1950).



Foto n. 6 - No canal do Piapó, perto da saída para o Lago Grande de Monte Alegre. Ao lado esquerdo se vê terra um pouco mais alta, com vegetação arbórea e arbustiva. Ao lado direito começam os campos, atualmente ainda alagados e cobertos de capim flutuante. (25-8-1950)

In the Piapó-channel near its exit into the Lago Grande de Monte Alegre. On the left side one sees a little bit higher land with vegetation of trees and bushes. On the right side the "campos" begin. These are grasslands which are actually still flooded and covered by floating grasses. (8/25/1950)

Im Piapó-Kanal nahe seinem Ausgang in den Lago Grande de Monte Alegre. Links wird etwas höheres Land sichtbar mit einer Vegetation von Bäumen und Büschen. Rechts beginnen die "campos", Wiesen, die gegenwärtig noch überschwemmt und von schwimmenden Gräsern bedeckt sind. (25.8.1950)

Dans le Canal de Piapó, vue prise près de son embouchure dans le Lago Grande de Monte Alegre. A gauche, on aperçoit des terres quelque peu plus élevées, couvertes d'une végétation formée d'arbres et de buissons. A droite, commencent les "campos", type de végétation prairiale, actuellement encore inondés et couverts de graminées flottantes. (25-8-1950)



Foto n.º 7 — No Furo do Telheiro, entre o Paraná do Tapar e o Lago Grande de Monte Alegre. No auge da enchente. (17-5-1950)
In the Furo do Telheiro, between the Paraná do Tapar and the Lago Grande de Monte Alegre.
during the highest flood (5/17/1950).

Im Furo do Telheiro, zwischen dem Paraná do Tapar und dem Lago Grande de Monte Alegre
während des hchsten Wasserstandes der berschwemung (17.5.1950).

Dans le Furo do Telheiro, entre le Paraná do Tapar et le Lago Grande de Monte Alegre.
 l'poque de la plus forte crue (17-5-1950).



Foto n.º 8 — Casa na beira do Furo do Telheiro, em terreno completamente alagado durante o auge da enchente de 1950. (17-5-1950)

House on the bank of the Furo do Telheiro, on completely inundated terrain during the highest point of the flood of 1950 (5/17/1950)

Haus am Ufer des Furo do Telheiro auf völlig überschwemmtem Gelände während des höchsten Wasserstandes der Überschwemmung von 1950 (17.5.1950)

Maison à la rive du Furo do Telheiro sur terrain complètement inondé à l'époque de la plus forte crue observée au cours de l'inondation de l'année 1950 (17-5-1950)



Foto n.º 9 — No Furo do Telheiro. A passagem está quase obstruída por capim flutuante. (17-5-1950)

In the Furo do Telheiro. The passage is almost obstructed by floating grass. (5/17/1950)

Im Furo do Telheiro. Die Durchfahrt ist von schwimmendem Gras fast verstopft. (17.5.1950)

Dans le Furo do Telheiro. Le passage est quasi obstrué par l'accumulation de végétaux herbacés flottants. (17-5-1950)



Foto n.º 10 — Em trechos mais largos do Furo do Telheiro vê-se água descoberta (17-5-1950)
In wider stretches of the Furo do Telheiro open water appears (5/17/1950)
An breiteren Strecken des Furo do Telheiro sieht man auch offenes Wasser (17 5 1950)
On aperçoit également des surfaces d'eau libre sur de larges étendues du Furo do Telheiro. (17-5-1950)



Foto n.º 11 - No Furo do Cacaual a água passa entre cacauais antigos num leito estreito e com correnteza muito forte. No auge da enchente de 1950, todos os cacauais foram alagados (17-5-1950)

In the Furo do Cacaual the water passes between old cocoa plantations in a narrow bed and with very strong current. At the time of the highest water of the flood of 1950, all cocoa plantations were inundated. (5/17/1950)

Im Furo do Cacaual fließt das Wasser mit sehr starker Strömung in einem engen Bett durch alte Kakao-Pflanzungen. Beim Höhepunkt der Überschwemmung von 1950 waren alle Kakao-Pflanzungen unter Wasser gesetzt (17.5.1950).

Dans le Furo do Cacaual, les eaux traversent de vieilles plantations de cacao en coulant avec grande violence dans un lit étroit. A l'époque de la crue maximum de l'année 1950, toutes les plantations de cacao étaient inondées. (17.5.1950).

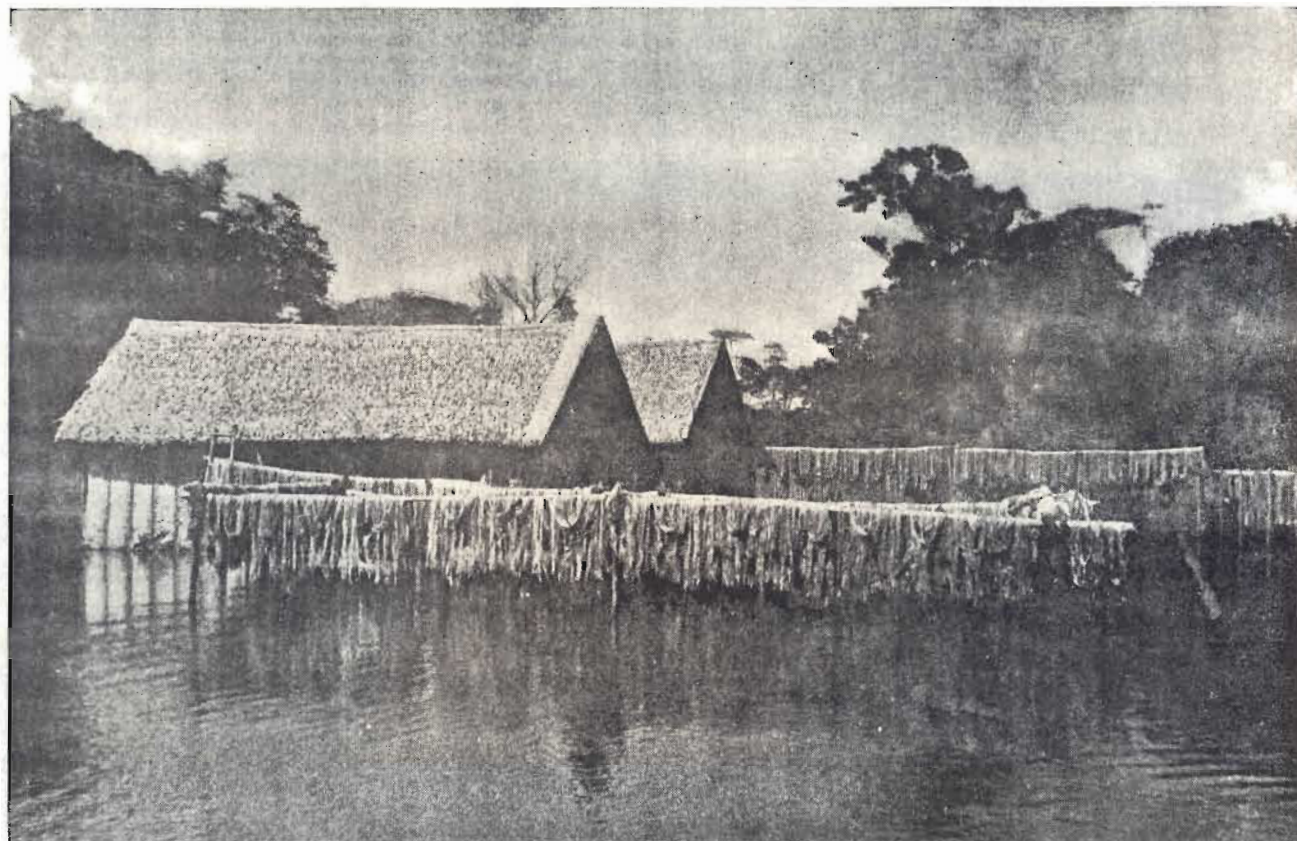


Foto n.º 12 — Casa com juta no Furo do Cacaual. (17-5-1950)
House with jute in the Furo do Cacaual. (5/17/1950)
Haus mit Jute im Furo do Cacaual. (17.5.1950)
Maison et récolte de jute dans le Furo do Cacaual. (17-5-1950).



Foto n 13 *Na Baira da Canoa* (17-5-1950).
In the Baira da Canoa (5/17, 1950).
In der Baira da Canoa (17-5-1950).
Dans la Baira da Canoa (17-5-1950).



Foto n.º 14 — No Furo São João. (17-5-1950)
In the Furo São João (5/17/1950)
Im Furo São João. (17.5.1950)
Dans le Furo São João (17-5-1950)

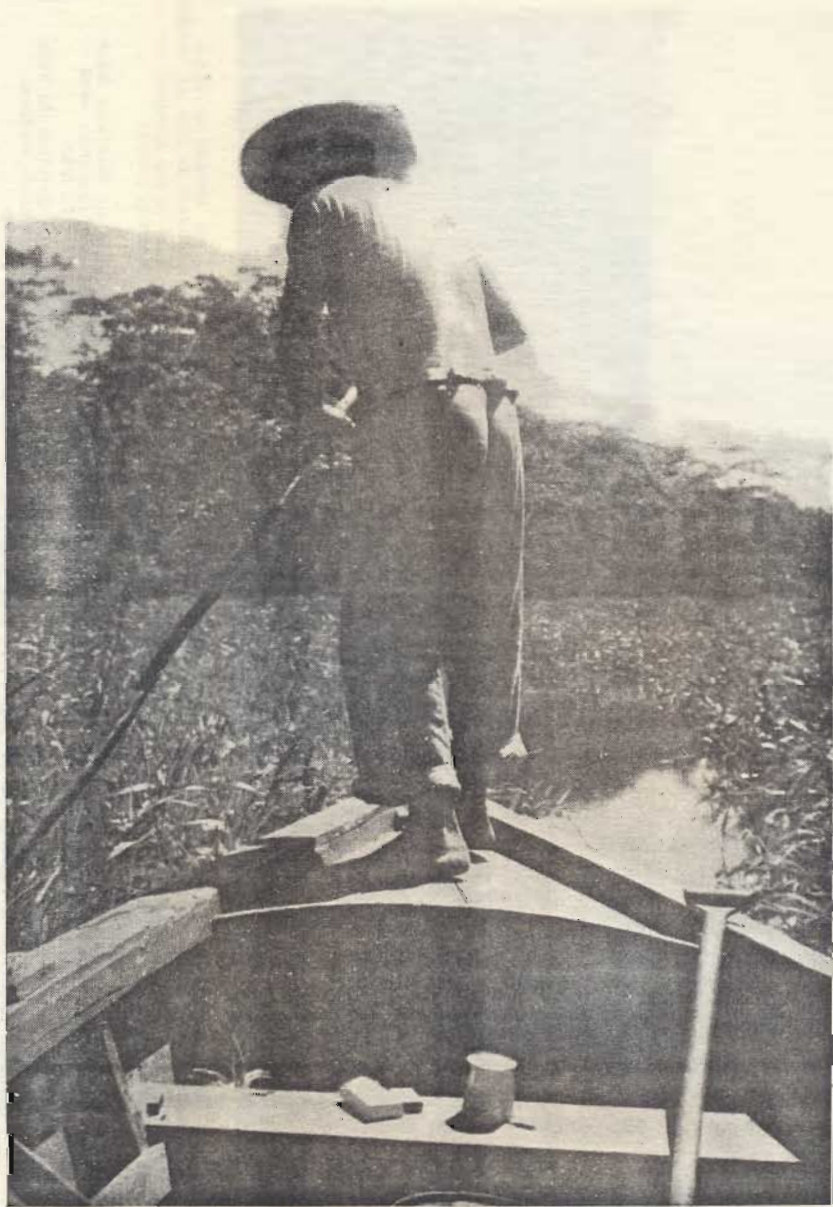


Foto n. 15 No ruro São João 17-5-1950;
In the Furo São João 5/17/1950;
Im Furo São João 17 5 1950;
Dans le Furo São João 17-5-1950.



Foto n.º 18 — Vista do início do Lago Grande de Monte Alegre, sobre o Laguinho de São João, em direção ao Sítio São João. Os campos, atualmente alagados, e o Laguinho são cobertos por capim flutuante. No auge da enchente de 1950. (17-5-1950)
View from the beginning of the Lago Grande de Monte Alegre over the Laguinho (little lake) de São João in the direction of the Sítio (settlement) São João. The flooded meadows and the Laguinho are covered by floating grasses
During the highest water of the flood of 1950 (5/17/1950)

Blick vom Anfang des Lago Grande de Monte Alegre über den Laguinho (kleinen See) de São João in Richtung nach dem Sítio (Anstedlung) São João. Die zur Zeit der Aufnahme überschwemmten Wiesen und der Laguinho sind von schwimmendem Grase bedeckt. Während des Höhepunktes der Überschwemmung von 1950 (17.5.1950)

Vue prise au début du Lago Grande de Monte Alegre et dominant le Laguinho (petit lac) de São João en direction du Sítio (habitation) São João. Les prairies, inondées au moment de la prise de vue, et le Laguinho sont couverts de végétaux herbacés flottants. A l'époque de la plus forte crue observée en l'année 1950 (17-5-1950)



Foto n.º 17 — A Subestação Experimental de Cacaual Grande, do IAN, durante o auge da enchente de 1950. (9-5-1950)
The Experiment Station of Cacaual Grande, of the Instituto Agrônômico do Norte, during the highest water of the flood
of 1950 (5/9/1950)

Die Versuchsstation Cacaual Grande des Instituto Agrônômico do Norte während des höchsten Wasserstandes der
Überschwemmung von 1950 (9.5.1950).

La Sous-Station Expérimentale de Cacaual Grande de l'Instituto Agrônômico do Norte à l'époque de la plus
forte crue observée en l'année 1950 (9-5-1950).



Foto n.º 18 — *A mesma Subestação Experimental de Cacaual Grande com altura média da água do Amazonas. (29-8-1950)*
The same Experiment Station of Cacaual Grande during a mean water level of the Amazon River (8/29/1950)
Die selbe Versuchsstation Cacaual Grande bei mittlerem Wasserstande des Amazonas (29.8.1950).
La même Sous-Station Expérimentale de Cacaual Grande à l'époque de la crue moyenne du Fleuve des Amazones (29-8-1950).



Foto n.º 19 - Fendas de secagem em solo de Cacaual Grande, perto da beira do Amazonas. Solo sedimentado durante a última enchente e em água que ainda possuía uma certa correnteza. (Foto tirada em 23-8-1950)

Cracks of drying soil at Cacaual Grande, near the shore of the Amazon River. The soil was sedimented during the last flood by flowing water. (Photo made at 8/23/1950).

Trockenrisse im Boden von Cacaual Grande nahe dem Amazonasufer. Der Boden war in der letzten Überschwemmung in strömendem Wasser abgelagert worden. (Foto aufgenommen am 23.8.1950)

Crevasse de dessèchement (retrait) dans le sol à Cacaual Grande à proximité de la rive du Fleuve des Amazones. Le sol a été déposé par l'eau courante au cours de la dernière inondation. (Vue prise le 23-8-1950)



Foto n.º 20 — Fendas de secagem em solo da beira do Canal do Piapó, na Subestação Experimental de Cacaual Grande. Solo depositado durante a última enchente e em água que ainda possuía uma certa correnteza. (Foto tirada em 25-8-1950)
Cracks of drying soil on the shore of the Piapó-channel, at the Experiment Station of Cacaual Grande. The soil was sedimented during the last flood by flowing water. (Photo made at 8/25/1950).

Trockenrisse im Boden am Ufer des Piapó-Kanals auf der Versuchsstation Cacaual Grande. Der Boden war in der letzten Überschwemmung in Wasser von einer gewissen Strömung abgelagert worden. (Foto aufgenommen am 25.8.1950).
Crevasses de dessèchement dans le sol à la rive du Canal de Piapó à la Sous-Station Expérimentale de Cacaual Grande. Le sol a été déposé au cours de la dernière inondation par l'eau présentant un certain courant. (Vue prise le 25-8-1950).

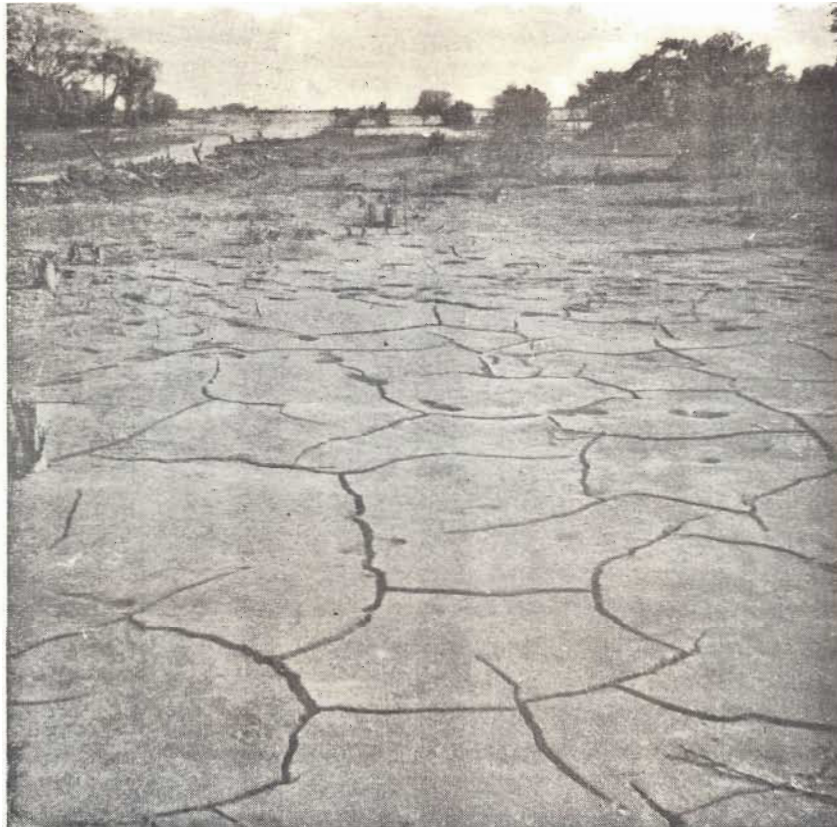


Foto n.º 21 — Solo de Cacaual Grande com largas fendas de secagem. Distante \pm 400 m da margem do Amazonas, perto da saída do Canal artificial de Cacaual Grande para o Lago Grande de Monte Alegre. Solo depositado durante a última enchente em água quase estagnada. (Foto tirada em 23-8-1950)

Drying soil at Cacaual Grande with large cracks. \pm 400 m distant from the shore of the Amazon River, near the exit of the artificial channel from Cacaual Grande to the Lago Grande de Monte Alegre. The soil was sedimented during the last flood in almost stagnant water. (Photo made at 8/23/1950).

Boden in Cacaual Grande mit breiten Trockenrissen. Etwa 400 m vom Amazonasufer entfernt, nahe dem Ausgang des künstlichen Kanals von Cacaual Grande zum Lago Grande de Monte Alegre. Der Boden war in der letzten Überschwemmung von fast stagnierendem Wasser abgesetzt worden. (Foto aufgenommen am 23.8.1950).

Sol à Cacaual Grande présentant de larges crevasses de dessèchement. A environ 400 m. de distance de la rive du Fleuve des Amazones, près de l'embouchure du canal artificiel de Cacaual Grande dans le Lago Grande de Monte Alegre. Le sol a été déposé au cours de la dernière inondation par l'eau quasi stagnante. (Vue prise le 23-8-1950).



Foto n.º 22 -- *Detalhe da foto anterior (n.º 21)*
Detail of the last photo (n. 21).
Einzelheit aus dem vorigen Foto (Nr. 21).
Détail de la photographie précédente (N.º 21).

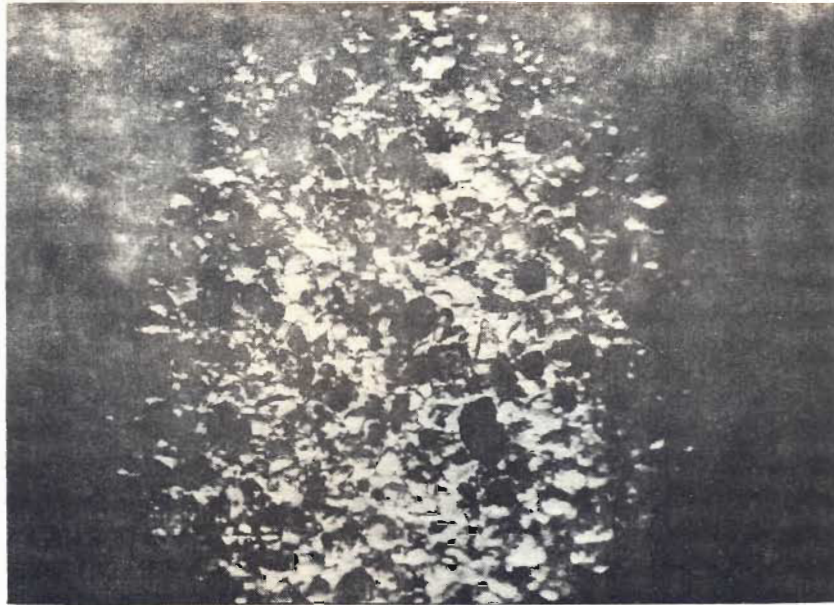


Foto n.º 23 — Microfoto (ampl. 50 x) de uma amostra de solo tirada do lugar representado na foto n.º 19, em 23-8-1950
 Photomicrograph (x 50) of a soil sample taken from the place represented in photo n. 19, on 8/23/1950.
 Mikrofoto (Vergr. 50 x) einer am 23.8.1950 entnommenen Bodenprobe von der im Foto Nr. 19 dargestellten Stelle.
 Microphotographie (grossissement: x 50) d'un échantillon de sol prélevé le 23-8-1950 à l'endroit présenté par la photographie n.º 19.

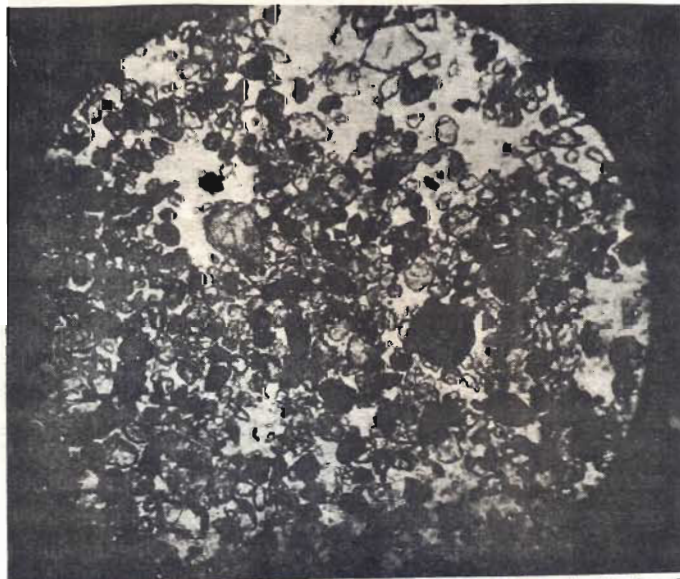


Foto n.º 24 — Microfoto (ampl. 50 x) de uma amostra de solo tirada do lugar representado na foto n.º 20, em 25-8-1950. O tamanho de grão deste solo é mais ou menos idêntico ao do solo da foto n.º 23
 Photomicrograph (x 50) of a soil sample taken from the place represented in photo n. 20, on 8/25/1950. The particle size of this soil is more or less the same as that of the soil of photo n. 23.
 Mikrofoto (Vergr. 50 x) einer am 25.8.1950 entnommenen Bodenprobe von der im Foto Nr. 20 dargestellten Stelle. Die Korngröße dieses Bodens ist mehr oder weniger gleich der des Bodens vom Foto Nr. 23.
 Microphotographie (grossissement: x 50) d'un échantillon de sol prélevé le 25-8-1950 à l'endroit présenté par la photographie n.º 20. Les dimensions des grains constituant ce sol sont plus ou moins semblables à celles notées pour le sol vu sur la photographie n.º 23.

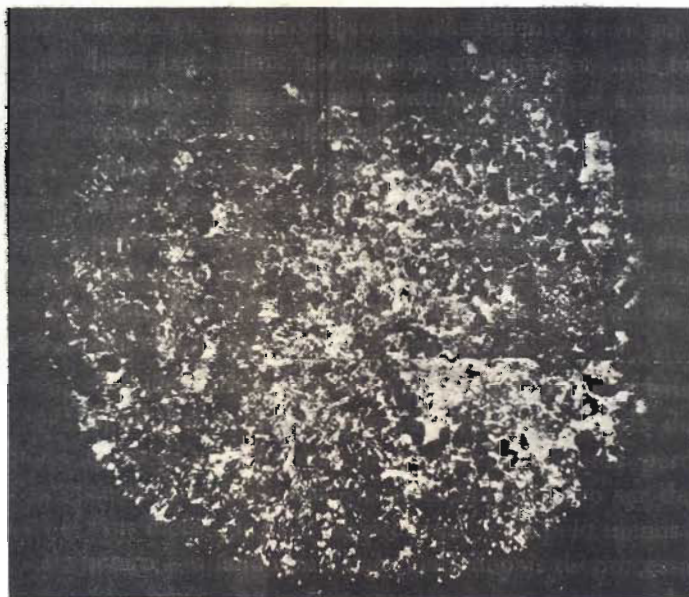


Foto n.º 25 — Microfoto (ampl. 50 x) de uma amostra de solo tirada do lugar representado nas fotos ns. 21 e 22, em 23-8-1950. A maior largura das fendas de secagem corresponde um grão mais fino do solo.

Photomicrograph (x 50) of a soil samples taken from the place represented in the photos ns. 21 and 22, on 8/23/1950. A smaller particle size of the soil corresponds to greater width of the cracks of drying soil.

Mikrofoto (Vergr. 50 x) einer am 23.8.1950 entnommenen Bodenprobe von der in den Fotos Nr. 21 und 22 dargestellten Stelle. Einer grösseren Breite der Trockenrisse entspricht eine geringere Korngrösse des Bodens.

Microphotographie (grossissement: x 50) d'un échantillon de sol prélevé le 23-8-1950 à l'endroit représenté par les photographies n.º 21 et n.º 22. A une plus grande largeur des crevasses de dessèchement correspondent de plus faibles dimensions des grains constituant le sol.