UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ
PROGRAMA DE PÓS-GRAUDAÇÃO EM GEOGRAFIA

ANÁLISE DO USO DO SOLO E DOS RECURSOS HÍDRICOS NA MICROBACIA DO IGARAPÉ APEÚ, NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ.

Doutoranda: Odete Cardoso de Oliveira SANTOS

Orientador: Dr. Prof. Antônio J. Teixeira GUERRA

Rio de Janeiro
2006

ODETE CARDOSO DE OLIVEIRA SANTOS

ANÁLISE DO USO DO SOLO E DOS RECURSOS HÍDRICOS NA MICROBACIA DO IGARAPÉ APEÚ, NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ.

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutora em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra

Rio de Janeiro - MAIO
2006

Santos, Odete Cardoso de Oliveira

Análise do uso do solo e dos recursos hídricos na microbacia do igarapé Apeú, nordeste do Estado do Pará/ Odete Cardoso de Oliveira Santos – 2006. p f. :il.

Dissertação (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2006.

Orientador: Antonio José Teixeira Guerra

1. Meio Ambiente. 2. Recursos Hídricos. 3. Erosão – Teses.

I. Guerra, Antonio José Teixeira (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDD:

ODETE CARDOSO DE OLIVEIRA SANTOS

ANÁLISE DO USO DO SOLO E DOS RECURSOS HÍDRICOS NA MICROBACIA DO IGARAPÉ APEÚ, NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ.

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutora em Geografia.

Aprovada em

_____
Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra
Universidade Federal do Rio de Janeiro

_____
Prof. Dr. José Marques
Universidade Estadual do Rio de Janeiro

_____
Prof. Dr. Evaristo de Castro Junior
Universidade Federal do Rio de Janeiro

_____
Profa. Dr. Luis Henrique R. Camargo
Universidade Estadual do Rio de Janeiro

_____
Profa. Dra. Sonia Gama
Universidade Estadual do Rio de Janeiro

Dedicatória

Esta Tese dedico às pessoas que contribuíram para o meu progresso profissional.

Agradecimentos

A DEUS, que nos momentos difíceis socorreu-me através dos meus Mentores Espirituais.

Ao Programa Institucional de Capacitação Docente e Técnica - CAPES pela doação do auxílio.

A Universidade Federal do Pará – UFPA pelo apoio logístico.

A Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, que através do Programa de Pós-Graduação em Geografia aceitou-me como aluna.

Ao Dr. Prof. José Antônio Teixeira Guerra pela orientação, compreensão e amizade.

Aos professores do Departamento de Geografia, da UFPA, por terem permitido o meu afastamento para realização do Doutorado.

Aos Drs. Profs. José Xavier da Silva, Nelson Fernandez, Sandra Cunha e Paulo Menezes pela orientação e amizade.

Ao Prof. Msc Afonso Silva Mendes, do Departamento de Química, do Centro de Ciências Exatas e Naturais, e ao químico Alcindo Rodrigues da Costa pela orientação e ajuda nas análises químicas.

À Coordenação do Laboratório de Hidrogeoquímica, do Centro de Geociências por ter permitido que eu usasse as dependências desse laboratório para realizar as análises de águas.

Ao geólogo Carlos Romano Ramos, aos geógrafos Arlete e Vicente de Paula pela amizade e orientações na utilização do software ARC VIEW.

Ao engenheiro Mecânico Ezequiel Dias Rodrigues, chefe do Laboratório de Engenharia Mecânica, ao Prof. Fernando Nogueira, chefe do Departamento de Engenharia dos Transportes, ao Laboratório de Engenharia Elétrica e ao Dr. Prof.

José Francisco Ramos, do Departamento de Hidrogeoquiímica, da UFPA, pelo apoio logístico.

Ao Setor de Hidrologia, da Companhia de Pesquisas em Recursos Minerais – CPRM, pelo apoio logístico.

Ao Laboratório de Solos do CPATU/ EMBRAPA, na pessoa da Dra. Sônia Maria Botelho e dos auxiliares técnico que realizaram as análises de solos.

Ao Laboratório de Sensoriamento Remoto do CPATU/EMBRAPA, na pessoa do Dr. Adriano Venturelli, que me forneceu a imagem de satélite de julho de 2003.

À Divisão de Geociências do Norte/N, do IBGE, por ter permitido que os Srs. Severino Paes e Waldemar Francisco Moraes auxiliassem-me nas medições de descargas. A esses técnicos, agradeço a amizade e o carinho.

À Dra. Cleide Monteiro de Oliveira, Secretária de Saúde e Meio Ambiente do Município de Inhangapí pelo apoio e interesse na pesquisa.

A Dra. Profa. Maria Célia Nunes Coelho, a Profa. Msc. Ana Maria Furtado, Msc Adaíse Gouveia Lopes, Profa. Maria das Graças Souza e ao Dr. Prof. Tarcísio Rodrigues pela amizade.

Aos alunos Ana Paula Paixão, Marcos C. de Souza, Nádia S. Vieira, aos geógrafos Daniel R. Farias e Honorina F. de Oliveira pelo apoio nos trabalhos de campo.

Aos professores da Escola Estadual de 1º e 2 º Maria Pia e aos moradores das Agrovilas: Americano, Apeteua, Boa Vista, Itaqui, Macapazinho, Papuquara, São João e Trindade por terem preenchido os questionários e, em especial, a atenção do Pe. Jonas, Sr. Benedito Amaral, Sr. Edílson e Sra. Benedita Santos Duarte.

As Sras. Conceição de M. Soares, Maria das Dores Teixeira, Maria de Nazaré F. dos Santos, Raimunda N. da Silva e Ruth Helena da S. Moraes e aos Srs. Antonio Carvalho, Antonio Carlos da S. Santos, Elias Miguel M. Resco, Ernesto de Jesus B.

Santos, José Roberto dos S. Rosa, Raimundo Nonato D. Souza, Raimundo Nonato de M. Soares pelas leituras das réguas linimétricas, e ao Sr. João Carlos da S. Oliveira pela obtenção das informações do pluviógrafo.

Ao Srs. José (Sítio São José), Délio O. Bernardino (Fazenda Morro Verde), Eduardo Sales (Fazendas Bom Jesus e Fonte Boa), José Rebelo (Fazenda Buriti), Hélio Leite (Chácara Paraíso), Ivandilson da C. Melo (Fazenda Flamboyant), Ovídio (Fazenda Santa Clara) por terem me permitido instalar equipamentos em suas propriedades para obtenção de informações necessárias a esta Tese.

Aos Alunos Edílson Rodrigues e Luis Sadeck pela ajuda na formatação da Tese.

Aos colegas da pós-graduação mestrandos e doutorandos pela compreensão, amizade e carinho.

RESUMO

SANTOS, Odete Cardoso de Oliveira. **Análise do uso do solo e dos recursos hídricos na microbacia do igarapé Apeú, nordeste do Estado do Pará.** Rio de Janeiro, 2006. Dissertação (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, MAIO 2006.

A finalidade desta tese é analisar o uso do solo e dos recursos hídricos superficiais da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú, visando oferecer subsídios para a implantação do planejamento ambiental dessa micro bacia, a qual abrange superfícies dos municípios de: Castanhal (70%), Inhangapí (10%) e Santa Izabel do Pará (20%), no nordeste do Estado do Pará.

Para fazer esse estudo, delimitou-se a microbacia baseando-se nos divisores de água. Instalaram-se: um pluviógrafo para conhecer o comportamento das chuvas, réguas linimétricas em seções transversais criadas no igarapé Apeú e nos seus principais afluentes: Capiranga, Castanhal, Fonte Boa, Itaqui, Janjão, Papuquara e São João, e medidores de erosão para monitorar o avanço da erosão de encosta e marginal. Mediu-se a velocidade dos igarapés nas seções transversais com um molinete a vau a fim de calcular a vazão dos mesmos.

Foram coletadas águas dos igarapés Apeú, Capiranga, Castanhal, Fonte Boa, Itaqui, Janjão, Papuquara e São João para análises bacteriológicas e físico-químicas. Nas análises bacteriológicas, determinaram-se as bactérias coliformes optando-se pelo Número Mais Provável (NMP), usando-se os métodos de Tubos múltiplos para os coliformes fecais e Cromogênico para os coliformes totais e E. Coli.

As análises físico-químicas foram determinadas pelos métodos: partição gravimétrica, modificado de Winkley, complexometro, volumetria ácido básico, volumetria de precipitação, colorimétrico ácido ascórbico, espectrometria de absorção atômica (EAA), fotocolorimétrico, Winkley modificado.

A granulometria dos sedimentos das voçorocas e de fundo dos igarapés foi distinguida pelo processo do densiômetro e a análise química foi realizada pelos métodos: espectrofotometria de absorção molecular, fotometria de chama e complexométrico.

Baseando-se nas medidas obtidas nas seções tansversais, calcularam-se algumas variáveis geomorfológicas e hidrológicas como: Profundidade média (H), área da seção transversal molhada (A), perímetro da seção transversal molhada (Pm), raio hidráulico (Rm), velocidade média, vazão média, forma da microbacia, densidade de rios e de drenagem.

Usando os softwares ARC VIEW 3.2 e Corel Draw 10.0, prepararam-se na escala 1:100.000 os mapas de solos e de cobertura vegetal e uso do solo da microbacia hidrográfica, levando-se em conta os mapas de solos e de cobertura vegetal e uso do solo dos municípios de Castanhal, Inhangapi e Santa Izabel do Pará, confeccionados em 2000, pelo Setor de Solos/ CPATU/ EMBRAPA na escala

de 1:100.000. Para quantificação da evolução do uso da terra em 2003, recorreu-se a imagem de satélite LANDSAT 7 – ETM, de 12 de julho de 2003.

De acordo com os resultados, a microbacia hidrográfica do igarapé Apeú, apesar de não apresentar tendências para enchentes, poderá sofrê-las por causa da baixa declividade de 0 a 1% que predomina, principalmente, na parte norte da microbacia. No período chuvoso, devido as chuvas mais intensas e de longa duração, as águas dos igarapés alcançam altos níveis, ultrapassando o leito maior atingindo a planície de inundação, ocorrendo as maiores velocidades e as maiores vazões, como o igarapé Apeú que apresentou uma vazão de 14,2m^3, na Agrovila de Macapazinho. As menores vazões ocorrem no período menos chuvoso, principalmente nos meses de outubro, novembro e dezembro, quando ocupam o leito de vazante, e alguns igarapés, como o Capiranga, alcançam a velocidade crítica.

Cerca de 56,97% dos solos da microbacia são susceptíveis à erosão, 4,1% adequado a pecuária plantada e 22,58% indicados à proteção ambiental. Como a exploração agropecuária, a mineração, a urbanização e a implantação de estradas não levaram em consideração essas limitações dos solos, os processos erosivos desencadearam-se nas encostas onde o desenvolvimento foi maior do que a erosão marginal, surgindo formas erosivas como voçorocas e ravinas. A produção de sedimentos provenientes dessas formas erosivas é carreada para os canais dos igarapés, diminuindo a profundidade e alargando as margens, como se verificou nos igarapés dentre eles, São João e Apeú, este último sofrendo um desvio do seu percurso em 50m do interior da Fazenda Morro Verde para Fazenda Buriti. Como conseqüência a textura predominante dos sedimentos de fundo da maioria dos igarapés é areia grossa.

Os vários tipos de represamentos nos percursos dos igarapés têm prejudicado a velocidade dos mesmos, favorecendo a formação de bancos de areias em seus leitos.

Por falta de recursos financeiros para pagamento de taxa de água, quase 100% da população rural usa as águas dos igarapés em todas as suas atividades, isto é, desde a assepsia corporal até a lavagem de alimentos e irrigação das culturas. Esse comportamento somado à erosão, aos represamentos e à falta de saneamento básico tem contribuído para a péssima qualidade dessas águas, visto que nas amostras foi detectada presença de E. Coli e Coliformes Fecais e Totais, óleos e graxas, assim como a quantidade de oxigênio dissolvido abaixo de 6,0mg. Apesar da população rural em sua maioria ser semi-analfabeta, ela tem consciência da deterioração que esta microbacia está sofrendo, e clama por mudanças.

A deterioração desta microbacia implica na microbacia hidrográfica do rio Inhangapí e de modo indireto na bacia hidrográfica do rio Guamá, necessitando com urgência de uma reestruturação no modo de sua exploração, caso contrário além dos impactos negativos que ocorrem na microbacia estudada, os danos ambientais atingirão outras bacias situadas à jusante.

ABSTRACT

SANTOS, Odete Cardoso de Oliveira. **Análise do uso do solo e dos recursos hídricos na microbacia do igarapé Apeú, nordeste do Estado do Pará**. Rio de Janeiro, 2006. Dissertação (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006 MAY.

This thesis sought to analyze the use of the soil and of the superficial hydric resources of the Igarapé Apeú hydrographic basin. Aiming at providing conditions to implement an environmental planning of the basin comprised by the towns: Castanhal (70%), Inhangapí (10%) and Santa Izabel do Pará (20%), in the northeast of Pará.

In order to carry out this study, the basin had to be delimited according to the watershed**.** A recording rain gauge was installed for the obtainment of data on rain activity. To know the variation of the streams level, sounding poles were used in transverse sections of the Apeú stream and its major affluents: Capiranga, Castanhal, Fonte Boa, Itaqui, Janjão, Papuquara and São João. Additionally, erosion gauges were employed to monitor the advance of erosion in slopes and adjacent areas. The streams length of the igarapé was measured in transverse section with a curvemeter to calculate its outflow**.**

Sample water was taken from the streams: Apeú, Capiranga, Castanhal, Fonte Boa, Itaqui, Janjão, Papuquara and São João for bacteriological and physical-chemical analyses. The coliform bacteria were determined by opting for The Most Probable Number (MPN), using both methods: Multiple Tubes for fecal coliforms, and Chromogenic for total coliforms and E. Coli.

The physical-chemical analyses were determined through the methods: gravimetric separation; modified Winkler titration; complexation reaction; acid-based titration; precipitation volumetry; colorimetric ascorbic acid; atomic absorption spectrophotometry (AAS); photocolorimetric titration; modified Winkler.

The granulometry of sediment from the gullies and the bottom of the streams was distinguished by density measurement, whereas the chemical analysis was performed through the methods: molecular absorption spectrophotometry; flame photometry; complexation volumetry.

Based on the measurements obtained in the transverse sections, some geomorphologic and hydrologic variables were calculated. Some of these variables are: average depth (H), transverse wet section area (A), transverse wet section perimeter (Pm), hydraulic radius (Rm), average speed, average outflow, basin structure, river density, drainage density.

Taking into account the soil and the vegetation coverage maps, as well as data on land usage in such towns as Castanhal, Inhangapi and Santa Izabel do Pará, gathered in 2000 by the Soil Department / CPATU / EMBRAPA in the scale of 1: 100.000 – soil, vegetation coverage and hydrographic basin soil usage maps were made in the scale of 1:100.000, with the aid of ARC VIEW 3.2 and Corel Draw 10.0 software. LANDSAT 7 – ETM satellite imagery done on July12, 2003 were employed

to track the evolution of land usage, which in turn enabled the quantification of the evolutionary process.

According to the results, the Igarapé Apeú hydrographic microbasin, although not to present trends for floods, will be able to suffer them because of the declivity decrease from 0 to 1%, which predominates, mainly, in the north part of the microbasin. In the rainy period, which has the most intense rain with long duration, the water from the igarapé reach high levels, exceeding the biggest stream bed reaching the flooding plain. As a consequence, it occurs the bighest speed of streams and outflow. A good example is the Igarapé Apeú that presented an outflow of 14,2m³, in Macapazinho Agrovillage. The lowest outflows occur in the less period of rain as in October, November and December. On these months, some igarapés as the Capiranga reaches the critical speed because of the outflows occupation in the ebb tide stream bed.

About 56, 97% of the microbasin ground can be affected by erosion, 4,1% is adequated to the planted cattle and 22,58% is indicated to the environment protection. Due to the farming exploration, the mining, the urbanization and the implantation of roads, the limitations of ground had not taken into consideration what had been unchained the erosive processes in the hillsides where the development was bigger than the erosion in the edges. It provokes the appearing of erosive forms such as gullies and ravines. The production of sediments that come from these erosive forms is carried away by the rain to the canals of the igarapés causing the decrease of the depth and the enlargement of the edges such was the case of São João and the Apeú stream, where the sediment caused the shifiting of its course to the inside of Morro Verde farm to the Burity farm for a length of 50m. As a consequence, the predominant sediment texture found in the deep of the igarapés is formed by thick sand.

The construction of artificial lakes along the course of the igarapés has led to a changing in the speed of them, providing the appearing of amount of sand in its bed.

Due to financial resources for payment of water tax, almost 100% of the agricultural population uses the water of the igarapés in all its activities, that is, they use the water to make the corporal asepsis as well as to wash the food and to irrigate the plantation. In addition to the erosion, the weiring and the lack of basic sanitation, this behavior has contributed to the poor quality of this water where was detected the presence of Fecal and Total Coliforms, E. Coli, oils and greases, as well as the amount of oxygen dissolved below of 6,0mg.

Despite the majority of the agricultural population is half-illiterate, they are aware of the deterioration that this microbasin is suffering, and they ask for changes.

In all, the deterioration of this microbasin affects the hydrographic microbasin of the river Inhangapi and it also affects the basin of the river Guamá, indirectly. Beyond the negative impacts that occur in the studied microbasin, an urgent reorganization in the way of its exploitation is required because the environmental damages will reach other basins situated to the ebb tide.

Lista de Ilustrações **Pág.**

Figura 01	Localização da Bacia Hidrográfica do Igarapé Apeú, Estado do Pará.	**27**
Figura 02	Mapa de drenagem	**53**
Figura 03	Medidor de pH das águas	**54**
Figura 04	Medidor de turbidez.	**54**
Figura 05	Amostra do tipo de pino colocado nas margens dos igarapés para monitoramento da erosão.	**56**
Figura 06	Instalação das estacas, Fazenda Morro Verde, Município de Castanhal. PA. Setembro de 2002.	**57**
Figura 07	Distribuição de estacas para monitoramento de uma voçoroca chácara Paraíso, Município de Castanhal Agosto de 2002.	**58**
Figura 08	Gramínea plantada sobre o aterro da cicatriz voçoroca Chácara Paraíso, município de Castanhal (PA)	**59**
Figura 09	Cobertura do solo degradado com palha de feijão, Fazenda Buriti, município de Castanhal (PA). Setembro de 2002.	**60**
Figura 10	Instalação do pluviógrafo na Fazenda Buriti, Município de Castanhal. Junho de 2002.	**61**
Figura 11	Instalação da régua linimétrica, igarapé Capiranga, Fazenda Santa Clara, município de Santa Izabel do Pará (PA). Setembro 2002.	**62**
Figura 12	Draga usada para coleta de sedimentos.	**65**
Figura13 **A**	Assepsia do material de Laboratório para receber o material de campo para determinação dos coliformes totais.	**67**
Figura13 **B**	Passos para determinação dos coliformes totais e Escherichia Coli.	**68**
Figura 14	Interior do Laboratório de Hidrogeoquimica do Centro de Geociências, da UFPA.	**68**
Figura 15	Coqueteleiras onde as amostras dos sedimentos de voçorocas eram chaqualhados para separação da argila.	**71**
Figura 16	Distribuição das chuvas, Fazenda Buriti, município de Castanhal. Período: Junho de 2002 a Julho de 2003.	**87**
Figura 17	Configuração sinótica por ocasião das chuvas 10/11/2002 Fonte INPE, 2002.	**88**
Figura 18	Configuração sinótica por ocasião das chuvas 20/03/2003 onde se visualiza a ZCIT. Fonte INPE, 2003.	**89**
Figura 19	Mapa da Hierarquia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Igarapé Apeú, 1978.	**91**
Figura 20	Mapa da Hierarquia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Igarapé Apeú, 2003.	**92**
Figura 21	Mapa Temático de Declividade da Bacia Hidrográfica do Igarapé Apeú	**96**
Figura 22	Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé Apeú.	**98**
Figura 23	Mapa de Cobertura e Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do Igarapé Apeú.	**109**
Figura 24	Mapa de Uso da Terra da Bacia Hidrográfica do Igarapé Apeú.	**111**

Figuras 25(**A**)e25(**B**) Exploração do areal na fazenda (A) e na pequena propriedade (B), agrovila de Pacuquara, município de Castanhal. Julho de 2002 **115**
Figura 26 Surgimento do lençol freático devido à exploração de areia, sub-bacia do Igarapé Papuquara, município de Castanhal – PA. **116**
Figura 27 Mapa com o traçado das estradas localizadas na microbacia hidrográfica do Apeú **119**
Figura 28 Estrada vicinal de ligação do Distrito do Apeú a Agrovila de Pacuquara, município de Castanhal - PA. **120**
Figura 29 Técnica usada para recuperação de estradas vicinais **121**
Figura 30 Trecho do Igarapé Castanhal canalizado na área urbana do município de Castanhal – PA. **123**
Figura 31 Erosão no interior do pasto, Fazenda Bom Jesus, município de Castanhal-PA. **128**
Figura 32 Evolução da perda de solo da voçoroca, na fazenda Buriti, município de Castanhal. Período de Outubro de 2002 a Julho de 2003. **130**
Figura 33 Construção para obstruir o avanço da voçoroca no interior da Fazenda Buriti, município de Castanhal – PA. **131**
Figura 34 Monitoramento da voçoroca na fazenda Morro Verde, município de Castanhal. Outubro de 2002 a Julho de 2003 **132**
Figura 35 (**A**) Interior da voçoroca com o aparecimento do lençol freático; (**B**) Surgimento do lago; (**C**) Alcova construída no paredão da voçoroca, Fazenda Morro Verde, município de Castanhal. **133**
Figura 36 Evolução da voçoroca em metros na chácara Paraíso, município de Castanhal – PA. Período: agosto de 2002 a julho de 2003 **137**
Figura 37 (**A**) Cabeceira da voçoroca com o tronco; (**B**) Evolução da voçoroca em metros. Agrovila São João, Município de Santa Izabel do Pará (PA). **141**
Figura 38 Evolução da voçoroca em metros, no sitio São Sebastião, município de Santa Izabel do Pará - PA. Período: Agosto de 2002 a Julho de 2003. **143**
Figura 39 Formas erosivas no areal abandonado. Sub-Bacia do Papuquara, município de Castanhal – PA. **145**
Figura 40 Acúmulo de sedimentos provocados pela erosão. **148**
Figura 41 (**A**) Erosão atingindo o lençol freático; (**B**) Erosão provocada pelo pisoteio do gado associado à chuva. Fazenda Morro Verde, Município de Castanhal. **149**
Figura 42 Grande perda de solos do aterramento da voçoroca, na chácara Paraíso, Município de Castanhal. Março de 2003. **150**
Figura 43 (**A**) Escoamento das águas das chuvas na estrada vicinal; (**B)** Lago na estrada após as chuvas. Município de Castanhal (PA). **151**
Figura 44 Estacas do monitoriamento das margens dos olhos d'água caídas, Fazenda Morro Verde, Município de Castanhal. Período Outubro de 2002 a Julho de 2003. **152**
Figura 45 Igarapé Apeú: (**A)** Paredão de madeira na margem direita; (**B**) Igarapé ocupando o leito maior; (**C**) Igarapé encaixado no seu leito menor. **155**
Figura 46 O igarapé Apeú ocupando o leito de vazante. Agrovila de

Macapazinho, município de Castanhal, (PA). Período Outubro de 2002. **161**
Figura 47 Cotas diárias dos igarapés: (**A)** Papuquara no sítio São José, município de Castanhal; (**B)** Capiranga, Fazenda Santa Clara, Santa Izabel do Pará. Período Setembro de 2002 a Julho de 2003 **162**
Figura 48 Cotas diárias dos igarapés: (**A**) Fonte Boa, Fazenda Fonte Boa, município de Castanhal; (**B**) São João, Agrovila de São João, município de Santa Izabel do Pará. Período, Setembro de 2002 Julho de 2003. **163**
Figura 49 Isótacas do igarapé. Papuquara.... **165**
Figura 50 Isótacas do igarapé Capiranga **166**
Figura 51 Isótacas dos Igarapés. São João **167**
Figura 52 Perfís das seções molhadas do Igarapé São João: (**A**) Agrovila de São João; (**B**) Agrovila de Trindade. Município de Santa Izabel do Pará. Período: Novembro de 2002 a Abril de 2003. **168**
Figura 53 Perfís das seções molhadas do Igarapé São João: Sítio Sapucaia. Município de Santa Izabel do Pará. Período: Abril a Julho de 2003. **169**
Figura 54 Cotas diárias do igarapé São João, Agrovila Trindade, município de Santa Izabel do Pará. Período: Setembro de 2002 a Julho de 2003. **170**
Figura 55 Isótacas do igarapé Itaqui **171**
Figura 56 Igarapé Itaqui (**A**) Cotas diárias. Período Setembro de 2002 a Julho de 2003 (**B**) Perfil da Seção Molhada. Povoado Santa Rosa, município de Castanhal – PA. **172**
Figura 57 Igarapé Castanhal: (A) Afastado de sua nascente, apresentando um lamaçal com pisoteio de gado. (B) A queimada. Município de Castanhal (PA). **173**
Figura 58 Isótacas do igarapé Castanhal **174**
Figura 59 Cotas diárias do Igarapé Castanhal, Fazenda Flamboyant, município de Castanhal. Período Outubro de 2002 a Fevereiro de 2003 **175**
Figura 60 Igarapé Apeú ocupando o leito de vazante, chácara Paraíso, município de Castanhal. Novembro de 2002. **175**
Figura 61 Cotas diárias do Igarapé Apeú: (**A**) Chácara Paraíso. (**B**) Agrovila de Boa Vista. (**C**) Agrovila de Macapazinho. Período Julho de 2002 a Julho de 2003. Município de Castanhal (PA). **177**
Figura 62 Nível do Igarapé Apeú, num dia do período chuvoso, Agrovila de Macapazinho, município de Castanhal. Período: 10 de março de 2004. **178**
Figura 63 Isótacas do Igarapé Apeú, município de Castanhal, PA. **179**
Figura 64 Perfís das seções molhadas do Igarapé Apeú: (**A**) Chácara Paraíso; (**B**) Agrovila de Boa Vista; (**C**) Agrovila de Macapazinho. Município de Castanhal (PA). Período: Novembro de 2002 a Julho de 2003. **181**
Figura 65 Igarapé São João ocupando o leito maior. Agrovila de Trindade, município de Santa Izabel do Pará (PA). Período Fevereiro de 2003. **181**

Figura 66 Cotas diárias dos igarapé Janjão, Fazenda Bom Jesus. Município de Castanhal (PA). Período: Setembro de 2002 a Julho 2003. **182**
Figura 67 Isotacas do igarapé Apeú (período chuvoso) **184**
Figura 68 Isotacas do igarapé Apeú (período chuvoso) **185**
Figura 69 Sacos de areia colocados no percurso do Igarapé Papuquara como barreiras para conter o escoamento das águas. Agrovila de Pacuquara, município de Castanhal. Julho de 2003. **186**
Figura 70 Igarapé Janjão**.** (**A**) Saindo da Fazenda Lago Azul, atravessando a Estrada Transcastanhal. (**B**) Trecho do igarapé no interior da Fazenda Bom Jesus transformado em lago. (**C**) Parte do canal quase seco apresentando a mortandade de peixes. (**D**) canal pantonoso. **187**
Figura 71 Canal do igarapé Janjão, no interior da Fazenda Bom Jesus. Município de Castanhal, PA. Janeiro de 2003. **188**
Figura 72 Igarapé Itaqui no interior da fazenda Nova Sião, município de Santa Izabel do Pará (PA): **A** – Canal do igarapé tomado por macrófitas; **B** – Percurso sem obstáculos. **189**
Figura 73 Igarapé Capiranga. (**A)** Vertedouro principal; (**B)** Vertedouro auxiliar. Fazenda Santa Clara, Município de Santa Izabel do Pará. **190**
Figura 74 Igarapé Capiranga: (**A**) Barreira com sacos de areia para conter as águas do Igarapé; (**B**) Banco de areia; (**C**) Foz do Capiranga no Igarapé Apeú. **190**
Figura 75 Isotacas do igarapé Fonte Boa **194**
Figura 76 Igarapé Apeú: (**A**) Colmatagem do canal no interior da Fazenda Morro Verde, deslocando o curso do igarapé para o interior da Fazenda Buriti; (**B)** Curso do igarapé no interior da Fazenda Morro Verde; (**C)** Curso do igarapé difuso**.** **197**
Figura 77 Interior da Fazenda Buriti: (**A)** Acúmulo de sedimentos transportado pelas chuvas. (**B**) Mudança num trecho do afluente devido ao transporte dos sedimentos. (**C**) Surgimento de um novo curso d'água. **198**
Figura 78 (**A**) Lago expandindo penetrando na Fazenda Buriti; (**B**) Expansão do Lago para o interior da Fazenda Buriti; (**C**) Calha por onde escoa a água do lago; (**D**) Água do lago desaguando no igarapé Apeú. **199**
Figura 79 Igarapé Apeú: (**A**) Antes das modificações; (**B**) No período de enchentes por ocasião das obras de urbanização, em 26/04/03; (**C**) Após a conclusão das obras; (**D**) Erosão nas margens esquerda em 17/12/05; (**E**); Barreira embaixo da ponte Transapeú para reter o escoamento das águas; (**F**) Banco de areia em formação após a ponte Transapeú. **201**

Figura 80 (**A**) Tubulação cheia de sedimentos não permitindo o escoamento das águas do afluente do igarapé Papuquara. (**B**) Águas do afluente do Papuquara confinadas no outro lado da estrada. (**C**)

	Mata ciliar morrendo dentro do igarapé confinado na estrada que liga a Agrovila de Trindade a um povoado.	**202**
Figura 81	(**A**) Tubulação inadequada para escoamento das águas do igarapé Papuquara. (**B**) Águas do igarapé Papuquara confinadas	**203**
Figura 82	Igarapé Papuquara: (**A**) O escoamento saindo pela tubulação em forma difusa; (**B**) O curso do igarapé direcionado.	**203**
Figura 83	Igarapé São João: (**A**) Lavagem de verduras, Sítio Sapucaia; (**B**) Lavagem da mandioca, Agrovila São João. Município de Santa Izabel do Pará, (PA).	**206**
Figura 84	(**A**) Carcaça de um boi, no Igarapé Apeú; (**B**) Boi morto próximo de lençol Freático aflorado. Fazenda Morro Verde. Município de Castanhal (PA).	**207**
Figura 85	Tipo de sanitário sem receber descarga de água (**A**). Interior do sanitário (**B**). Sítio Sapucaia, Município de Santa Izabel do Pará (PA)	**209**
Figura 86	Depósito de lixo da área urbana do Município de Castanhal, a céu aberto e a invasão do Pantanal.	**210**
Figura 87	Depósito de lixo próximo do Igarapé Fonte Boa, e o escoamento superficial em direção ao mesmo, Município de Castanhal (PA).	**211**
Figura 88	(**A**) O quintal de uma residência tomado pelas águas do igarapé Apeú; (**B**) Sanitário dentro d'água. Distrito do Apeú, Município de Castanhal, (PA). Março de 2003.	**215**
Figura 89	(**A**) Plantio de açaí com a 1ª camada de palha de feijão após a limpeza do terreno; (**B**) Areia sobre a palha de feijão. Fazenda Buriti, Município de Castanhal (PA). Setembro de 2002.	**226**
Figura 90	(**A**) Parte da parcela com adubação e outra parte sem adubação; (**B**) Segunda parcela às margens de um afluente do igarapé Apeú, sem adubagem. Fazenda Buriti, Município de Castanhal (PA). Março de 2003.	**227**
Figura 91	(**A**) Parte da parcela que recebeu adubagem; (**B**) Parte da parcela que não recebeu adubagem, Fazenda Buriti, Município de Castanhal (PA). Julho de 2003.	**228**
Quadro 1	Análises Físico-química da bacia hidrográfica do Igarapé Apeú.	**218**

Lista de Tabelas

Tabela 01	Distribuição dos pinos ao longo dos Igarapés	**56**
Tabela 02	Características das chuvas na fazenda Buriti município de Castanhal, período junho de 2002 a julho 2003.	**88**
Tabela 03	Número de canais por Hierarquia Fluvial	**90**
Tabela 04	Distribuição dos principais afluentes de percurso tendo por base as Cartas da Diretoria do Serviço Geográfico (DSG).	**93**
Tabela 05	Área e porcentagem das diferentes Classes de solos que compõem a microbacia hidrográfica do igarapé Apeú.	**97**
Tabela 06	Distribuição das paisagens na área da microbacia do Igarapé Apeú.	**108**
Tabela 07	Tipos de uso da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú. Imagem LANDSAT 7 – ETM+. Período Julho 2003.	**110**
Tabela 08	Distribuição dos pequenos agricultores em relação título de propriedade da terra. Sub-bacia do Igarapé São João. Julho de 2003.	**113**
Tabela 09	Textura dos sedimentos a 0,20 e 1,0 de profundidade do areal. Novembro de 2002, Município de Castanhal.	**116**
Tabela 10	Fertilidade do solo na área do areal, sub-bacia do Papuquara, Município de Castanhal. Novembro de 2002.	**117**
Tabela 11	Avanço das voçorocas nas Fazendas Buriti e Morro Verde, em metros. Município de Castanhal, PA. Período Outubro 2002 a Julho de 2003.	**129**
Tabela 12	Característica textural dos sedimentos da voçoroca nas Fazendas Buriti (1) e Morro Verde (2), município de Castanhal. Período Novembro de 2002 a Fevereiro de 2003.	**134**
Tabela 13	Fertilidade das amostras dos sedimentos da voçoroca na Fazenda Buriti, município de Castanhal Período Novembro 2002 a Fevereiro de 2003.	**134**
Tabela 14	Fertilidade dos sedimentos da Voçoroca na Fazenda Morro Verde, município de Castanhal. Período Novembro de 2002 e Fevereiro de 2003.	**135**
Tabela 15	Perda de solo da voçoroca na Chácara Paraíso em metros, município de Castanhal (PA). Período de 15 de Agosto de 2002 a 10 de Julho de 2003.	**136**
Tabela 16	Textura dos sedimentos da voçoroca na Chácara Paraíso, município de Castanhal. Período Novembro de 2002 e Fevereiro de 2003.	**138**
Tabela 17	Fertilidade dos sedimentos da voçoroca na Chácara Paraíso, município de Castanhal. Período Novembro de 2002 e Fevereiro de 2003	**139**
Tabela 18	Perda de solo das voçorocas na agrovila de São João e Sítio São Sebastião, município de Santa Izabel do Pará (PA). Período: 15 de Agosto de 2002 a 30 de Julho de 2003.	**140**
Tabela 19	Textura dos sedimentos das voçorocas São João (1) e São Sebastião (2), Município de Santa Izabel do Pará. Período: Janeiro e Fevereiro de 2003.	**142**

Tabela 20 Fertilidade dos sedimentos das voçorocas São João (1) e São Sebastião (2), Município de Santa Izabel do Pará. Período Janeiro e Fevereiro de 2003. **144**
Tabela 21 Erosão da encosta do igarapé Castanhal, Município de Castanhal (PA). Período Agosto de 2002 a Abril de 2003. **146**
Tabela 22 Perda das margens em metros, ao longo das nascentes dos olhos d'água, na Fazenda Morro Verde,.Município de Castanhal. Período Outubro 2002 a Julho 2003. **153**
Tabela 23 Medidas de erosão marginal em metros no Igarapé Apeú Chácara Paraíso e Agrovila de Macapazinho, município de Castanhal. Período Agosto a Novembro de 2002. **154**
Tabela 24 Medidas de erosão marginal em metros no Igarapé São João, Agrovila São João, município de Santa Izabel do Pará. Período Agosto a Novembro de 2002. **156**
Tabela 25 Medidas de erosão marginal em metros do Igarapé São João, Agrovila de Trindade, Município de Santa Izabel do Pará, (PA). Período Agosto de 2002 a Julho de 2003. **157**
Tabela 26 Medidas de erosão marginal, em metros, do Igarapé Castanhal, município de Castanhal. Período Agosto de 2002 a Abril de 2003. **157**
Tabela 27 Dados Hidrométricos dos Igarapés: a) Papuquara; b) Capiranga; c) Castanhal; d) Fonte Boa; e) Itaqui. Período Novembro de 2002 a Julho de 2003. **159**
Tabela 28 Dados Hidrométricos dos Igarapés: a) São João; b) Apeú. Período Novembro de 2002 a Julho de 2003. **160**
Tabela 29 Classificação dos sedimentos de fundo dos Igarapés: Capiranga, Fonte Boa, Janjão, Papuquara, Itaqui, Castanhal, São João. Período Novembro 2002 a Abril de 2003. **192**
Tabela 30 Classificação dos sedimentos de fundo do Igarapé Apeú, Município de Castanhal. Período Novembro de 2002 a Abril de 2003. **193**
Tabela 31 Distribuição de banheiros e sanitários na área da microbacia Hidrográfica do Igarapé Apeú, em porcentagem (%). **208**
Tabela 32 Análise bacteriológica em Número Mais Provável (NMP)/100ml dos igarapés: (1) Apeú; (2) Janjão; (3) Fonte Boa; (4) Papuquara; 5) Capiranga; (6) Itaqui; (7) Castanhal; (8) São João. Período Novembro de 2002 a Maio de 2003. **214**

Lista de Abreviaturas e Siglas

ANA - Agência Nacional das Águas

CCEIBH - Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas

CEEIVAP - Comitê de Estudos Integrados do Rio Paraíba do Sul

CONAMA - Conselho Nacional do MEIO AMBIENTE

COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará

CPATU - Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Úmido

CPRM - Companhia de Pesquisas em Recursos Minerais

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia

DNOS - Departamento Nacional de Obras e Saneamento

EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Expansão Rural do Estado do Pará

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias

FINAM - Fundo de Investimentos da Amazônia

FNO Rural - Fundo Constitucional de Financiamento do Norte

FSESP - Fundação Serviços de Saúde Pública

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IPASA - Indústria de Produtos Alimentícios S/A

MME – Ministério de Minas e Energia

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

RADAM – Radar da Amazônia

SECTAM - Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Pará

SEICOM – Secretaria Estadual de Indústria e Comércio

SERGECON - Serviços Gerais de Conservação

SESPA - Secretaria de Saúde Pública do Estado do Pará

SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia

UFPA - Universidade Federal do Pará

UFRA - Universidade Federal Rural da Amazônia

SUMÁRIO

Dedicatória
Agradecimentos
RESUMO
ABSTRACT
Lista de Ilustrações
Lista de Tabelas
Lista de Abreviaturas e Siglas
SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

1 - INTRODUÇÂO **26**

1.1 - OBJETIVOS **28**

1.1.1 - Objetivo Geral **28**
1.1.2 - Objetivos Específicos **28**
1.2 - Relevância da Pesquisa. **29**

2 - USO DO SOLO E A DISTRIBUIÇÃO DAS ÁGUAS **31**

2.1 - O USO DO SOLO, A DISTRIBUIÇÃO DAS ÁGUAS E IMPLICAÇÕES **31**
2.2 - O PLANEJAMENTO E O GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS NO BRASIL E A LEI N° 9.433. **34**
2.3 - A OCUPAÇÃO DO SOLO E SUAS INFLUÊNCIAS NA GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E NA HIDROLOGIA. **39**

2.3.1 - Agricultura, pecuária e estradas. **39**
2.3.2 - Urbanização **41**

2.4 - ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS **44**
2.5 - VEGETAÇÃO **48**

3 - MÉTODOS E TÉCNICAS **50**

3.1 - ATIVIDADES DE CAMPO **50**

3.1.1 - Sistema de Posição Global – GPS **50**
3.1.2 - Água **50**
3.1.3 - Erosão **55**
3.1.3.a - Marginal **55**
3.1.3.b - Encosta **57**
3.1.3.c - Experimento em áreas degradadas **60**
3.1.4 - Instalação do Pluviógrafo. **61**
3.1.5 - Instalação de Réguas Linimétricas. **62**
3.1.6 - Seções Transversais e Medições de Vazões. **63**
3.1.7 - Coleta dos Sedimentos de Fundo. **65**

3.1.8 - Levantamento Sócio-Econômico **65**

3.2 - ATIVIDADES DE LABORATÓRIO **66**

3.2.1 - Qualidade da água **66**
3.2.2 - Sedimentos de fundo e das voçorocas. **70**

3.3 - ATIVIDADES DE GABINETE **73**

3.3.1 - Delimitação da Microbacia **73**
3.3.2 - Sócio-econômicas **73**
3.3.3 - Erosão **74**
3.3.4 - Clima. **74**
3.3.5 - Hidrologia. **75**
3.3.6 - Solos **77**
3.3.7 - Cobertura vegetal e uso da terra **77**
3.3.8 - Declividade da Bacia **78**

4 - ÁREA DE ESTUDO **79**

4.1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA **80**

4.1.1 - Geologia **80**
4.1.2 - Geomorfologia **84**
4.1.3 - Clima **86**
4.1.4 - Drenagem **89**
4.1.5 - Declividade **94**
4.1.6 - Solos **97**
4.1.7 - Cobertura Vegetal **103**

5 - A OCUPAÇÃO HUMANA E SUA REPERCUSSÃO NA COBERTURA VEGETAL **105**

5.1 - AGRICULTURA E PECUÁRIA **105**
5.2 - MINERAÇÃO **115**
5.3 - ESTRADAS **117**
5.4 - URBANIZAÇÃO **122**

6 - EROSÃO **126**

6.1 - FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A EROSÃO **126**
6.2 - A EROSÃO E AS CHUVAS. **146**
6.3 - EROSÃO MARGINAL **151**

7 - HIDROLOGIA **158**

7.1 - O COMPORTAMENTO DOS CURSOS D'ÁGUAS NOS PERÍODOS MENOS CHUVOSO E O CHUVOSO. **158**
7.2 - REPRESAMENTOS E A VELOCIDADE NOS IGARAPÉS **186**
7.3 - SEDIMENTOS DE FUNDO. **191**

7.4 - A HIDROLOGIA E A EROSÃO. 196

8 - SANEAMENTO BÁSICO 204

9 - QUALIDADE DAS ÁGUAS. 213

10 - ÁREAS DEGRADADAS. EXPERIMENTOS PARA RECOMPÔ-LAS. 225

11 - CONCLUSÕES 229

12 - SUGESTÕES 237

13 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS 245

ANEXOS 256

APRESENTAÇÃO.

Diante da falta de informações sobre a microbacia hidrográfica do igarapé Apeú, para escrever a tese “ANÁLISE DO USO DO SOLO E DOS RECURSOS HÍDRICOS NA MICROBACIA DO IGARAPÉ APEÚ, NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ” foi necessário fazer-se um reconhecimento da área, enfrentando-se muitas dificuldades dentre elas: aquelas criadas pelos fazendeiros, para contactá-los, a fim de obter permissão para caminhar pelo interior das fazendas com a finalidade de conhecer as encostas, o estado das nascentes e dos percursos dos igarapés, e as possibilidades de instalações de equipamentos para obtenção de dados;

A falta de transporte adequado para percorrer estradas vicinais e caminhos, principalmente, no período chuvoso;

A falta de recursos financeiros para sustentar as despesas da implantação do projeto para obtenção de informações, como: a compra e a instalação de um pluviógrafo na parte norte e sul da microbacia, contratação de mão de obra adequada para desempenhar algumas tarefas ao longo do período de execução do projeto, dentre elas: a leitura das de réguas linimétricas, obtenção de dados do pluviógrafo, contratação de barcos para deslocamento por percursos dos igarapés mais profundos, como no caso do igarapé Apeú e São João, captação de água em maior número de pontos ao longo da microbacia, etc.

O desinteresse dos administradores dos órgãos municipais em relação ao conteúdo da pesquisa, somente a Secretaria do Meio Ambiente e Saúde de Inhangapí mostrou-se interessada, promovendo uma reunião com os representantes das comunidades das agrovilas que fazem parte do trecho do município de Inhangapí que está inserido na microbacia do igarapé Apeú.

Apesar de todos os contratempos, conseguiu-se obter informações que possibilitaram escrever esta tese distribuída em vários capítulos, a saber:

O capítulo I INTRODUÇÃO trata, de um modo generalizado, os problemas ambientais desencadeados pela má explotação do ambiente, a localização da área de estudo, objetivos e justificativa.

O capítulo II - USO DO SOLO E A DISTRIBUIÇÃO DAS ÁGUAS - versa sobre o despertar da comunidade científica para a problemática do uso do solo e da água, a evolução da política das águas no Brasil, a bacia hidrográfica como unidade física integradora de planejamento, e como as atividades humanas podem deteriorar: o solo, os recursos hídricos, a fauna e a flora tanto aquática como terrestre. Para compreender as respostas da atuação das atividades humanas na modificação do ambiente, realizaram-se atividades de campo, de laboratório e de gabinete, e um experimento em áreas degradadas, descritas na METODOLOGIA, correspondente ao capítulo III. O capítulo IV faz uma abordagem das características geológicas, geomorfológicas, climatológicas, drenagem, declividade e dos tipos de solos que se distingui na ÁREA DE ESTUDO. O capítulo V mostra a evolução do desmatamento na área da bacia, provocada pela ocupação humana com suas atividades, a urbanização e a importância do Plano Diretor. Por causa da ocupação humana desordenada na área da bacia hidrográfica, desencadeou-se a erosão da encosta que é tratada no capítulo VI, assim como a erosão marginal, dando ênfase ao papel das chuvas. O capítulo VII denominado HIDROLOGIA, fornece informações sobre o comportamento dos cursos d'água, tanto nos períodos menos chuvoso e chuvoso, a influência da erosão na morfologia dos igarapés, os represamentos e a velocidade, e os sedimentos de fundo, informações importantes para o planejamento hídrico. O SANEAMENTO BÁSICO é tratado no capítulo VIII. A QUALIDADE DAS ÁGUAS no

capítulo IX; e a busca de soluções para uma área degradada é tratada no capítulo X, no qual se apresentam os resultados de um experimento. Uma análise conclusiva dos resultados consta do capítulo XI sob o nome de CONCLUSÃO, e no capítulo XII constam SUGESTÕES, que deverão ser seguidas e executadas pelos administradores dos órgãos municipais gestores do meio ambiente e de saúde para minorar a degradação da microbacia.

1 – INTRODUÇÃO

Diante do crescente aumento populacional de 4.430.100.000 habitantes, em 1980, para 6.505.249.487, em 2006 (IBGE, 2006), houve a necessidade do aumento da produção de alimentos, de energia e de outros bens como maquinarias, implementos agrícolas e outros bens de consumo, os quais contribuíram para o avanço da tecnologia associada à produção, ocasionando um desajuste entre as formas e os ritmos de extração, exploração e transformação dos recursos naturais e das condições ecológicas.

Os desmatamentos provocados pela exploração agropecuária, pela instalação de projetos de mineração, de usinas hidrelétricas e nucleares e a urbanização acelerada têm contribuído para perda da biodiversidade, erosão dos solos, poluição dos rios, solos e ar e assoreamento dos rios, ocasionando enchentes mais freqüentes e mudanças climáticas locais e regionais (AYOADE, 1986; NOBRE & GASH, 1997; BRANDÃO, 2000; MENDONÇA, 2000; SANT'ANNA NETO, 2000; SANTOS, 2000; SUDO, 2000).

No Estado do Pará, as políticas públicas com relação aos problemas ambientais, têm sido evasivas, porque não possuem uma visão de conjunto. Isso tem interferido na harmonização e efetividade por ocasião da formulação e implantação das políticas públicas que vise ao desenvolvimento local e regional com geração de renda e preservação do patrimônio natural e cultural (COELHO, 2000, p. 119).

A microbacia hidrográfica do igarapé Apeú, no nordeste do Estado do Pará (Figura 01), abrangendo áreas dos municípios de Castanhal (70%), Inhangapí (10%) e Santa Izabel do Pará (20%), localizada entre as coordenadas geográficas de 1º 12'

a 1º 27’ S e 47º 54’ a 48º 05’ W, vem sofrendo grandes transformações causadas pela exploração agrícola, pecuária, extrativismos vegetal e mineral, lazer de fins de semana e, atualmente, a pressão da urbanização. Diante desse quadro, é necessário um estudo mais detalhado dessa microbacia, a fim de obter dados para subsidiar o planejamento ambiental para que se tenha um desenvolvimento mais racional que venha oferecer melhores condições de vida às populações que vivem nessa microbacia.

Figura 1 – Localização da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú Estado do Pará

Fonte: Elaborado por Ramos, C. R. (2004)

1.1 – OBJETIVOS.

1.1.1- Objetivo Geral

Analisar o uso do solo e das águas superficiais da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú, obtendo dados para o planejamento, visando uma gestão dos recursos dessa microbacia de modo mais racional.

1.1.2 – Objetivos Específicos

Conhecer a expansão das atividades econômicas e da urbanização na área da microbacia e seus reflexos na cobertura vegetal;

Conhecer as características sócio-econômicas dos habitantes da microbacia hidrográfica;

Determinar os tipos de solos que formam a área da microbacia, desse modo localizar os locais mais propícios à erosão;

Avaliar as atividades desenvolvidas ao longo da bacia, a mais impactante;

Determinação de uma rede hidrometeorológica para futuros estudos hidroclimatológicos, dentre eles o balanço hídrico da bacia;

A influência do escoamento superficial urbano nos níveis de águas dos igarapés que atravessam a área urbana;

Conhecer o saneamento básico e sua influência nos cursos d'água;

Determinação da qualidade das águas;

Através de experimento empírico tentar a recuperação de uma área degradada.

1.2 – Relevância da Pesquisa.

A microbacia hidrográfica do Apeú em relação à escala de bacia hidrográfica Amazônica é considerada como uma microbacia. As microbacias hidrográficas são importantes mananciais para as bacias maiores. Todavia, tem-se notado que essas microbacias estão sendo destruídas por causa do desmatamento nas nascentes e margens dos igarapés, para implantação de gramíneas para pasto, permitindo a chegada do gado às nascentes e margens para dessedentação, ou soterrando nascentes para o desaparecimento do igarapé nas áreas urbanizadas para loteamentos residenciais. Há trechos dos igarapés que se tornaram travessia de gado no interior das fazendas, prejudicando o leito dos mesmos. Esse modo de utilização das microbacias tem contribuído para o desencadeamento dos processos erosivos, surgindo todas as formas erosivas dentre elas, os sulcos, ravinas e voçorocas.

Desse modo, há grande perda de solos, e os sedimentos provenientes da erosão são carreados para dentro dos igarapés, colmatando-os, contribuindo para o desaparecimento dos mesmos, visto que a esses igarapés têm pouca profundidade e sem cobertura vegetal em suas margens vai ocorrer uma maior evaporação das águas. No período de estiagem, alguns trechos desses igarapés secam, diminuindo drasticamente a vazão da microbacia da qual fazem parte. Somado à colmatagem dos igarapés, tem-se a falta de saneamento básico que vem contribuir para a degradação dos mesmos. Ainda se tem o efeito da urbanização que, além de fornecer uma grande quantidade de sedimentos, transforma os trechos dos igarapés urbanizados em depósitos de esgoto.

Os igarapés que compõem a microbacia hidrográfica Apeú são de grande valia para os pequenos agricultores e ribeirinhos que, em sua maioria, utilizam suas

águas para beber, para assepsia corporal, para lavar roupa, para irrigação das pequenas lavouras, para lavagem da mandioca e ainda para pescar.

Alguns estudos realizados nessa microbacia levaram em consideração apenas trechos do igarapé Apeú, nunca se realizou um estudo desta microbacia como um todo, visando aos usos múltiplos.

Diante do exposto, resolveu-se fazer uma análise desta microbacia no intuito de detectar e quantificar os problemas existentes, apresentando soluções para reverter o quadro atual e oferecendo, desse modo, subsídios para a implantação da nova política estadual de recursos hídricos dessa microbacia, a qual foi estabelecida pela Lei 6.381 de 25 de JULHO de 2001, de acordo com o Plano Nacional de Recursos Hídricos, apresentando, também uma metodologia de estudo para as microbacias hidrográficas da região Amazônica.

2 – USO DO SOLO E A DISTRIBUIÇÃO DAS ÁGUAS

2.1 - O USO DO SOLO, A DISTRIBUIÇÃO DAS ÁGUAS E IMPLICAÇÕES

O atual desenvolvimento econômico mundial está baseado na racionalidade econômica (LEFF, 2001), que contribuiu para transformações de ecossistemas complexos em pastagens ou em campos de culturas comerciais, geralmente na forma de monoculturas, ocorrendo uma superexploração do solo, com base em insumos industriais crescentes, levando à exaustão dos solos, com o declínio da produtividade, principalmente, nos países tropicais, criando as questões ambientais e de qualidade de vida.

Por causa dessas questões surge a exigência de uma proposta de desenvolvimento alternativo, cujo planejamento esteja fundamentado numa racionalidade ambiental, a qual torna-se importante diante da problemática do solo e da água.

O mau uso do solo em boa parte da África, com a remoção generalizada das florestas tropicais e práticas agrícolas inadequadas, provocou um índice pluviométrico abaixo da média, no decorrer dos últimos 40 anos, quando comparado com o índice do século como um todo (HINRICHSEN *et al*, 1999), causando deficiência hídrica**.**

O Planeta Terra com 3% de água doce, dos quais 2% constituem as geleiras e 1% está armazenada em lençóis subterrâneos, rios, lagos e mal distribuído no globo terrestre. Essa distribuição desigual tornou-se mais acentuada devido ao crescimento populacional acelerado, ao uso inadequado e ao desperdício, que poderão contribuir para o esgotamento da água doce tão necessária à vida terrestre, o que já é uma realidade em algumas partes da Terra. Um exemplo é a escassez de

água na bacia do rio Jordão, abrangendo Israel, Jordânia e a Faixa de Gaza, em que a quantidade total de água renovável disponível na região é estimada em 2.4 bilhões de m³/ano, enquanto que a utilização de água é estimada em 3 bilhões de m³ /ano (CIVIC, 1999).

O Brasil possui cerca de 8% dessa reserva, mas sofre com a distribuição desigual de água doce em seu território, em que 80%, dessa água, está na Região Amazônica, enquanto que 20% está presente no restante do país, geralmente, nas regiões mais povoadas e com grande número de indústrias (PIRES & SANTOS,1995).

O alerta mundial da escassez das águas foi dado pelos cientistas por ocasião da Conferência da Organização das Nações Unidas Sobre a Água, em 1987, realizada em Mar del Plata, Argentina (HINRICHSEN *et al*, 1999).

Em 1998, o relatório da Comissão da ONU sobre o desenvolvimento sustentável, concluiu que:

> ...a escassez de água e a poluição estavam causando problemas generalizado de saúde pública, limitando o desenvolvimento econômico e agrícola, prejudicando uma grande variedade de ecossistemas podendo ameaçar o fornecimento de alimentos em nível global e causar a estagnação econômica em muitas áreas do mundo (ONU [1998] apud HINRICHSEN *et al*, 1999).

Todavia, antes desse alerta, no final e início das décadas de 1960 e 1970, a França e a Inglaterra já haviam iniciado o desenvolvimento de políticas de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, tendo por base a bacia hidrográfica**.**

A bacia hidrográfica é constituída pelo seu rio principal e afluentes, (ARGENTO & CRUZ, 1996; CUNHA & GUERRA, 1998) separada das outras bacias pelos divisores de água, a área drenada pelos rios que a compõe, agrupa diferentes tipos de ecossistemas.

Segundo Cunha & Guerra (1998), a bacia hidrográfica apresenta uma visão integradora das características naturais e das atividades humanas que se processam na área compreendida pela bacia, retratando qualquer mudança significativa que ocorra nessas características, que possam oferecer impactos à jusante e nos fluxos energéticos de saída (descarga, cargas sólidas e dissolvidas).

Desse modo, a bacia hidrográfica desempenha uma excelente unidade integradora da dinâmica ambiental, propícia a um planejamento baseado na racionalidade ambiental. O seu gerenciamento envolve todos os atores sociais, com a participação imprescindível da sociedade, para que as normas e diretrizes de uso, de apropriação e de conservação dos recursos existentes sejam aceitas e obedecidas.

O planejamento é um processo de raciocínio, cujas situações que se apresentam devem ser resolvidas de modo criativo. No caso ambiental, o mesmo passa a ser um processo racional ao assumir decisões que, necessariamente, solicitam reflexões sobre as condições sociais, econômicas e ambientais que orientem qualquer ação e decisão futuras (GOMEZ OREA, 1978 *apud* BOTELHO, 1999), fundamental para um gerenciamento eficaz da bacia hidrográfica na busca de soluções, dentro dos limites de capacidade-suporte, quando a estrutura de um ecossistema é degradada e suas funções comprometidas (PIRES & SANTOS,1995), alterando a qualidade ambiental.

Para que o planejamento ambiental seja eficaz, é mister um bom plano de uso, controle ou proteção das águas, o qual corresponde a um estudo prospectivo que busca na sua essência adaptar o uso, o controle e o grau de proteção dos recursos hídricos às exigências sociais e/ou governamentais, expressas formal ou informalmente numa política das águas (LANNA, 1996).

A política das águas corresponde a um conjunto de princípios doutrinários que atendem às aspirações sociais e/ou governamentais referente à regulamentação ou modificação nos usos, controle ou proteção das águas (LANNA, 1996).

Para execução da política das águas, tendo por base o instrumento do plano de uso, controle e proteção das águas, dentro de uma unidade administrativa adotada pela organização do Estado para gerir as águas (modelo de gerenciamento das águas), deve-se ter um conjunto de organismos, como agências e instalações governamentais e privadas, que constituirão o sistema de gerenciamento da águas.

Uma boa gestão das águas contribuirá para bons resultados no gerenciamento da bacia hidrográfica, atendendo dessa forma a filosofia do desenvolvimento sustentável, a qual prega que: " um desenvolvimento que honre as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras em atenderem as suas próprias necessidades" (NOVAES, 2000).

2.2. O PLANEJAMENTO E O GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS NO BRASIL E A LEI N° 9.433.

Desde 10 de julho de 1934, introduziu-se no Brasil o Modelo Burocrático para gerir os recursos hídricos, através do "Código das Águas"; todavia, esse modelo buscava apenas estabelecer condições de contorno para a solução ambiental, omitindo a necessidade do planejamento estratégico para a utilização dos recursos naturais, a negociação social e a geração de recursos financeiros necessários aos investimentos.

A partir de 1948, com a criação da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco – CODEVASF, trocou-se o Modelo Burocrático pelo Modelo Econômico Financeiro, que se caracterizou pela predominância do emprego de

instrumentos econômicos e financeiros para promoção do desenvolvimento econômico nacional ou regional, incutindo a obediência das disposições vigentes, tendo como força motora programas de investimentos em saneamento, irrigação, eletricidade, mineração, reflorestamento e criação de áreas de preservação (LANNA, 1992).

Apesar da orientação setorial possibilitar a realização do planejamento estratégico da bacia e canalizar recursos financeiros para implantação dos planos no Brasil, o gerenciamento integral das bacias hidrográficas não correspondeu às expectativas, visto que não tratou de forma global todos os problemas, dentre os quais o desenvolvimento e a proteção ambiental (LANNA, 1992).

Diante da problemática enfrentada em relação à quantidade e à qualidade da água, em áreas populosas e de adensamento industrial em determinadas bacias, como por exemplo a do rio Piracicaba, sob a influência do Modelo Sistêmico de Integração Participativa, originado na França, foi criado o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas – CCEIBH, em 1978. Este teve por objetivo a realização de estudos integrados de bacias hidrográficas, monitoramento do uso da água, classificação de seus cursos e coordenação das diversas instituições envolvidas com a água, o que de certo modo veio contribuir para o surgimento do Comitê dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, em São Paulo; o Comitê Executivo dos Rios Sinos e Gravataí, no Rio Grande do Sul (GRASSI, 1994); o Comitê do Rio Paraíba do Sul – CEEIVAP, Rio de Janeiro, e os consórcios entre os municípios que são beneficiados pela bacia hidrográfica do Paraíba do Sul (CUNHA & GUERRA, 1998).

Todavia, somente em 8 de janeiro de 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, deu um grande passo com o sancionamento da Lei nº 9433, a

qual normatiza a água como recurso finito e esgotável que abrange os aspectos que diz respeito a **outorga**, a criação de **Agência de Água** e das figuras do **usuário-pagador** e do **usuário-poluidor-pagador** e determinando que a **bacia hidrográfica** seja a **unidade de planejamento** (ANA, 2001), assim como concede direito para **usos múltiplos**, pois até a década de 90 no Brasil, apenas o setor elétrico comandava o processo de gestão de recursos hídricos superficiais, em prejuízo de outros setores, atualmente vários setores como a pecuária e agricultura já tem acesso a **outorga**.

A Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos oferece ao usuário um instrumento no qual consta a autorização, ou concessão ou ainda, uma permissão para o uso da água superficial e a dos aqüíferos subterrâneos. Com isso, se tem um elemento para o controle racional dos recursos hídricos; o usuário-pagador pagará pelo uso da água, cujo valor dependerá da disponibilidade, da qualidade e da demanda. Por isso, é necessário o Plano Diretor de Recursos Hídricos, que poderá ser elaborado para uma bacia ou conjunto de bacias hidrográficas, organizado de tal forma que permite inserir mudanças ou ajustes futuros, dependendo das necessidades locais.

Os Planos Diretores de Recursos Hídricos fazem parte do Plano Nacional de Recursos Hídricos, e as informações de cada bacia hidrográfica devem ser encaminhadas ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, o qual é encarregado de coletar, organizar, criticar e difundir as informações dos recursos hídricos, seus usos e o balanço hídrico de cada manancial e de cada bacia.

A Lei nº 9433 criou o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e atribuiu à Secretaria dos Recursos Hídricos a função de sua secretaria executiva, determinando que a presidência desse Conselho seja função do Ministro do Meio

Ambiente, reforçando o papel dos Comitês de Bacias Hidrográficas, os quais contam com a participação dos usuários e representantes das prefeituras, da sociedade civil organizada e dos demais níveis do governo (estadual e federal). Também, criou as Agências de Água da bacia (ANA, 2001), com o Projeto de Lei nº 1616/99, que passam a ser designadas como Agências de Bacia, para não confundir com Agência Nacional das Águas – ANA.

As agências de bacia são organismos que devem funcionar com profissionais qualificados que acompanham as atividades nas bacias, assim como gerenciam os recursos financeiros que advirão da cobrança pelo uso da água, sendo, portanto, guias técnicas dos comitês de bacias. As bacias hidrográficas formadas por rios que ultrapassem a fronteira política de um Estado, serão administradas pelo governo federal.

Verifica-se que antes de ser sancionada a Lei nº 9433, vários estados brasileiros já possuíam as suas leis estaduais de recursos hídricos, os quais tiveram que fazer adaptações à nova lei, dentre eles, o estado do Pará, o qual através das leis №s 5.630 de 20 de Dezembro de 1990, 5.793 de 04 de Janeiro de 1994 e 5.887 de 09 de Maio de 1995, em que a primeira trata exclusivamente das nascentes e dos olhos d'água, a segunda da exploração mineral e os recursos hídricos e a terceira da Política Estadual do Meio Ambiente.

Nota-se que apesar dos estados possuírem leis que protegem os mananciais, não há controle no tipo de cargas de produtos altamente contamináveis que são transportadas. Na maioria das vezes, o meio de transporte utilizado não está devidamente equipado para esses tipos de cargas, o que contribui para ocorrência de vários acidentes com a contaminação dos rios. Além disso, segundo Nascimento Filho (1997), cerca de 50 milhões de brasileiros não têm acesso à rede pública de

água potável e cerca de 100 milhões não são beneficiados pela rede pública de esgotamento sanitário. Sabe-se que mais da metade desse esgotamento sanitário é lançado nos rios.

Somado a esses fatores tem-se a utilização desordenada de agrotóxicos. As águas da chuva, ao lavarem o solo contaminado por agrotóxico, transporta os resíduos tóxicos para os rios. Também existe a exploração mineral, clandestina e regulamentada, que não utiliza técnicas corretas na explotação, como no caso do ouro na Região Amazônica, que tem ocasionado a poluição dos rios Tapajós (Santarém -, Pará e Alta Floresta - Mato Grosso) e Madeira (Amazonas) (MALM *et al.*, 1997), cerca de 30% do Lago da Batata, no Rio Trombetas (Pará), provocada pela exploração da bauxita pela Mineração do Rio Norte (COELHO, 2000).

Para que a Lei nº 9433 funcione, realmente, é necessário que as leis de políticas estaduais de recursos hídricos, que normatizam o gerenciamento e o planejamento das várias bacias hidrográficas estaduais, sejam executáveis.

O plano diretor de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica deve contemplar todas as categorias de demandas de água de natureza consuntivo e não consuntivo, com previsões futuras flexíveis que propiciem um gerenciamento que atenda às exigências de todos os atores inseridos na mesma. Para tal faz-se necessário que se realize antes de qualquer medida um diagnóstico dos recursos renováveis e não renováveis da bacia, dando ênfase aos recursos hídricos da bacia, que além de conter a quantidade e a qualidade de água, deve apresentar o comportamento da drenagem da bacia, o qual depende da litologia, da cobertura vegetal, das condições climatológicas e hidrológicas, do tipo e ocupação do solo, da declividade, assim como das condições sócio-culturais e econômicas da população.

2.3. A OCUPAÇÃO DO SOLO E SUAS INFLUÊNCIAS NA GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E NA HIDROLOGIA.

2.3.1 Agricultura, pecuária e estradas.

Os rios que compõem uma bacia hidrográfica funcionam como canais de escoamento, e a alimentação desses canais é proveniente das águas superficiais e subterrâneas.

O espaço por onde escoam as águas desses canais constituem o leito fluvial que de acordo com a freqüência das descargas e a topografia dos canais, podem ser: leito menor, de vazante, maior e maior excepcional, (TRICART [1966] *apud* CUNHA, 1994).

Segundo Cunha (1994), o leito menor é a parte ocupada pelas águas, que impedem o crescimento da vegetação, sendo suas margens bem definidas. O leito maior chamado de leito maior periódico ou sazonal é ocupado pelas águas do rio pelo menos uma vez ao ano durante as cheias, ocorrendo a fixação da vegetação herbácea, enquanto que o leito excepcional é ocupado durante as grandes cheias no decorrer das enchentes. As áreas que compreendem o leito maior e o leito maior excepcional compõem a planície de inundação, chamadas popularmente no Brasil de várzeas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

São essas áreas de várzeas que os pequenos agricultores ribeirinhos, principalmente, na região Amazônica, em especial no estado do Pará, ocupam para desenvolverem a agricultura de subsistência com culturas de ciclo curto com o plantio do arroz, feijão, juta, hortaliças, e outras. Também, é o local onde ocorre a exploração da pecuária extensiva, como o gado de corte nelore e zebu.

A implantação dos projetos agropecuários em 1968, ocupando áreas de 300 mil até 1.500.000 hectares, como o Projeto Jari S/A, instalaram-se em altitudes maiores, correspondentes à terra firme e os baixos platôs (AB' SABER, 1996), ao longo da rodovia Belém-Brasília e dos eixos rodoviários Cuiabá-Santarém e Transamazônica (MINC, 1985**)** grandes fazendas instalaram-se em altitudes semelhantes**.** Ao mesmo tempo ligando-se às estradas - troncos, surgiram as estradas vicinais e as grandes fazendas passaram a ocupar os espaços ao longo das mesmas, e os pequenos agricultores os pequenos espaços vazios entre as grandes fazendas.

Esse tipo de ocupação e exploração econômica é uma característica dos países em desenvolvimento, dentre eles, o Nepal e o norte da Índia, na bacia do Rio Ganges (HINRICHSEN, 1999) que contribui para um grande desmatamento, com grande produção de sedimentos obstruindo os cursos d'água aumentando a incidência de inundações que causam danos.

A densidade da cobertura vegetal é importante para o amortecimento da gota da chuva ao cair sobre o solo, visto que grande parte da chuva fica concentrada no dossel, evapotranspirando e a outra parte escoa pelos troncos e folhas, atingindo o solo com velocidade amortecida, diminuindo a erosão. Se houver muita serrapilheira, as gotas cairão sobre a mesma, decrescendo, ainda mais, a erosão e o escoamento superficial, por isso os solos estão sempre úmidos (COELHO NETO, 1994 e GUERRA, 1994).

Além do mais, o solo das áreas florestadas estão associadas à decomposição das raízes, liteiras, fezes, resíduos de vermes e outros detritos da fauna pedogenética que vão contribuir na formação dos agregados, que ao decomporem

transformam-se em húmus aumentando a estabilidade do agregado e a resistência ao selamento (COELHO NETO, 1994).

A carga de sedimentos produzida pelas atividades humanas tem sido carreada para os rios provocando mudanças em suas morfologias, assoreando os vales dos rios, alargando-os (WOLMAN, 1967; CUNHA, 1994), fazendo desaparecer nascentes e provocando inundações. Isso, constatado por Rezende & Machado (1988) ao verificarem que as enchentes periódicas do rio Acre estão mais freqüentes.

Por outro lado, os nutrientes da terra cultivada são transportados até os cursos d'água comprovado por Derpsch *et al.* (1991), os quais notaram que na época do preparo do solo e da semeadura, a carga de sedimentos encontrada nas águas da represa de Itaipú, apresentou elevados índices de teor de fósforo e nitrogênio. A presença desses nutrientes modifica o pH das águas provocando reações químicas, causando a eutrofização.

A carga acumulada de sedimentos em suspensão aumenta a turbidez das águas diminuindo a penetração da energia solar, prejudicando a vida dos fitoplanctons e zooplanctons e toda cadeia alimentar, provocando a mortandade de peixes. Além do mais, o uso inadequado de agrotóxicos, herbicidas e pesticidas tem provocado a contaminação dos solos e do lençol freático (GORDON, 1995 e ESTEVES, 1998).

2.3.2 Urbanização

Segundo Wolman (1967) e Odemerho (1992), no início da urbanização há uma grande produção de sedimentos, havendo diminuição drástica após a

consolidação dessa urbanização, em que a quantidade de sedimentos transportados pelo escoamento superficial é menor do que os provenientes das áreas florestadas.

A carga de sedimentos provenientes dos solos nus é caracteristicamente de textura grosseira, constituída de areias grossas e cascalhos (72% a 89%); em menores percentagens têm-se a areia fina, o silte e a argila, que compõem a carga em suspensão, jogada nos rios.

Nas cidades com melhor infra-estrutura os pequenos rios são canalizados, passando a escoar em tubulações de concreto. Os rios maiores sofrem processos de canalizações mais sofisticados, modificando o arranjo espacial que o leito apresenta ao longo do seu perfil longitudinal, que poderiam ser retilíneos, anastomosados, meândricos, deltáicos, ramificados, reticulados e outros, (CHRISTOFOLETTI,1980, e CUNHA, 1994) agora, com a canalização passam a ser retilíneos, principalmente nas áreas urbanas, que segundo Brookes (1988), isso acontece porque o espaço para outros tipos de canalização é limitado e o acesso para manutenção é restrito.

Por ocasião das escavações, para aprofundamento do canal, a seqüência natural de "*pools*" e "*riffles*" é retirada, havendo drástica redução na rugosidade, em que o coeficiente de Manning diminui de 0.023 para 0.015, aumentando a velocidade e a capacidade de transporte do canal, com acréscimo de cerca de 80%, melhorando a eficiência do fluxo, onde o gradiente é projetado e o meio ambiente não permite o crescimento de plantas aquáticas (BROOKES, 1988).

Essa melhora da eficiência do fluxo faz-se necessária porque, com a impermeabilidade, há diminuição na infiltração e um grande acréscimo no escoamento superficial. Para Cartier [1961] (*apud* WOLMAN, 1967), o pico do escoamento das áreas impermeáveis pode exceder de 2 a 6 vezes o pico das áreas,

anterior ao desenvolvimento urbano, contribuindo para a vazão máxima e a antecipação do pico dessa vazão. Esse escoamento superficial provoca erosão nos solos nus e nas encostas, surgindo ravinamentos e voçorocas.

Mediante as transformações morfológicas ocorridas nos cursos d' água urbanos, há uma busca de ajustamento dos rios e isso ocorre através do alargamento, aprofundamento, agradação, etc. Esse comportamento provoca inundações, porque o acúmulo de sedimentos urbanos em torno dos pontos de entrada de água e de sedimentos, somados aos depósitos de lixo oferecem resistência ao fluxo, diminuindo a velocidade do mesmo e a eficiência hidráulica, promovendo enchentes tardias (EBISEMIJU,1989).

Nas áreas urbanas brasileiras, a ocupação desordenada da planície de inundação pela população de baixa renda, com habitações inadequadas, sem infra-estrutura utilizando o leito menor como depósito de lixo, de resíduos sanitários e de águas servidas; muitas vezes as águas do leito menor são utilizadas para lavagem de roupa. Essa ocupação desordenada prejudica o escoamento natural das águas, que somada às águas provenientes de cotas mais altas, transforma as mesmas em verdadeiros potenciais a enchentes constantes e catastróficas. Também passam a constituírem locais de proliferação de vetores causadores de doenças como a esquistossomose, leptospirose, dengue, cólera, malária, etc.

As inundações estão a cada dia, mais problemáticas e caóticas, porque o controle das enchentes urbanas, geralmente, leva em consideração a canalização dos trechos críticos, transferindo a inundação para outro local. Isso ocorre porque não foram previstas as conseqüências para toda a bacia.

Verifica-se, também, que os aqüíferos urbanos estão sendo contaminados, principalmente, pelos aterros sanitários e pela infiltração das águas pluviais poluídas

pelo transporte de lixo, sedimentos e lavagem de ruas. Nota-se, que os pequenos rios urbanos no período de estiagem sofrem reduções nas vazões, causadas pela impermeabilização que provoca uma drástica diminuição na infiltração, prejudicando o abastecimento e a capacidade dos aqüíferos, e muitas vezes, o escoamento é devido a esgoto jogado “in natura” ou a ligação clandestina de esgoto no pluvial (TUCCi, 1995; CAMPOS & SANTOS, 2000). Por outro lado, as invasões urbanas nas áreas de periferias ocupando áreas insalubres tornam mais caótica a situação dos corpos de águas.

Para Lombardo (1985), Brandão (2000), e Mendonça (2000), o crescimento da urbanização provoca o aparecimento das ilhas de calor urbano, implicando na variabilidade espacial, temporal e na intensidade das chuvas (SANTOS & SOUZA, 1986; SANT’ANNA NETO, 2000). Essas características das chuvas vão ter influência no aumento considerável do escoamento superficial, que devido às impermeabilizações provoca diminuição na infiltração e na evapotranspiração, com acréscimos na evaporação, modificando o balanço hídrico. No período de estiagem, devido à falta de recarga muitos rios secam, havendo apenas o escoamento das águas residuárias, enquanto que no período chuvoso os picos de enchentes são altos com uma redução do tempo de pico de 8 a 40% (TUCCI & GENZ, 1995).

Essas características da ocupação urbana, assim como aquelas das áreas rurais, vão influenciar na vida dos ecossistemas aquáticos.

2.4. ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS

A flora e a fauna aquáticas dependem para sua sobrevivência da geometria hidráulica, da quantidade e da qualidade d’água.

Variações na forma do canal como as depressões, as soleiras, colos de meandros largos e barreiras de areia criam variações na largura e profundidade dos rios, influenciando na distribuição vertical dos peixes e dos invertebrados bênticos (GORDON, 1995).

Os peixes maiores e algumas espécies de invertebrados bênticos preferem águas profundas, onde as temperaturas são mais baixas, quase sem luz, principalmente se as águas tiverem turbidez. Os peixes menores, a maioria dos invertebrados bênticos, e as plantas aquáticas preferem águas rasas, onde as águas aquecem mais rapidamente e onde há maior penetração da luz beneficiando o processo fotossintético das plantas (ESTEVES, 1999).

O fluxo de corrente é um fator importante no estudo de águas reguladoras, porque há algumas espécies da flora e da fauna que tem uma demanda inata por águas de altas velocidades, com um abastecimento contínuo de nutrientes e oxigênio. Para uma dada temperatura, as taxas metabólicas das plantas e animais são, geralmente, mais altas em águas correntes do que em águas paradas (HYNES, 1970 *apud* GORDON, 1995). Muitas espécies dessas zonas, por não tolerar altas correntes, escapam escondendo-se nas correntes de fundo embaixo de rochas ou construindo abrigos, movendo-se entre pequenas fendas, umas próximas das outras.

O tamanho das partículas orgânicas e inorgânicas que formam o substrato é o maior fator de distribuição dos invertebrados bênticos, assim como, distinções em outras formas de vida aquática. Tem-se como exemplo, as algas crescendo vagarosamente no substrato estável de seixos grandes rolados (GORDON, 1995).

As plantas aquáticas preferem substratos mais finos, por isso existe maior proliferação à jusante, onde ocorre maior concentração de areia fina, silte e argila; aquelas servem de substrato para outros organismos.

Os substratos de silte podem suportar altas populações de animais de toca, principalmente, se o silte é rico em matéria orgânica. A compactação do substrato argiloso dentro do subsolo firme (PENNAC, 1971 *apud* GORDON, 1995)**,** suporta pequenas exceções de encrustamento de algas e lesmas.

Segundo Gordon (1995), existe um grande número de espécies associado em substratos complexos, mistura de partículas grosseiras, formadas por pedras, cascalhos e areia, que compõem as soleiras, um habitat rico de insetos aquáticos, denominados de alimento de peixes.

Os ecossistemas aquáticos dependem diretamente das propriedades físico-químicas da água, tais como:

a) **Temperatura** – geralmente a temperatura d'água aumenta para um ponto onde há um equilíbrio da temperatura dessa água com a temperatura do ar. Essas variações são mais sensíveis em locais onde não há cobertura vegetal. Como muitos animais aquáticos são ectotérmicos, em regra geral, o acréscimo de 1ºC aumenta a taxa de metabolismo desses animais em cerca de 10%, por isso esses animais respiram e comem mais em águas quentes do que em águas frias. Cada organismo tem um máximo e um mínimo de temperatura, entre os quais ele pode sobreviver, esse limite pode mudar em cada estágio da vida. Para os peixes, normalmente, altas temperaturas podem levar à eclosão de doenças, provocando a inibição do crescimento e parando a imigração do mesmo, (PLATTS, 1983 *apud* GORDON, 1995).

A temperatura afeta outras propriedades da água, tais como: a viscosidade, densidade, pressão de vapor e solubilidade de gases. O efeito da temperatura sobre as características químicas d'água está vinculado à influência que a mesma exerce sobre as reações químicas. A cada 10ºC de aumento da temperatura a velocidade da reação química duplica, acelerando as reações bioquímicas (BENETTI & BIDONE, 2000). Assim como, também influencia nas operações de unidades de foculação/ sedimentação, deposição de lodos e estratificação térmica em reservatórios e diminuição da solubilidade de oxigênio, que compõem as Estações de Tratamento de Água (ETA's).

b) **Oxigênio dissolvido** – a concentração do oxigênio dissolvido é maior nas águas do que na atmosfera, essencial para a respiração dos animais aquáticos, principalmente, dos peixes pulmonados (VAL & ALMEIDA-VAL, 1995 *apud* PÁDUA, 1997), bem como um componente importante no ciclo da matéria orgânica dentro de uma corrente. A solubilidade do oxigênio, geralmente decresce com o acréscimo da temperatura, variando de 15,62 mg/l a 0ºC para concentrações nulas de cloreto e a 6.13 mg/l a 30ºC para concentrações de cloreto de 20.000 mg/l.

Quando a matéria orgânica, tal como a água de esgotos ou de detritos sofre decomposição aeróbica, o oxigênio é removido da água. A deficiência do oxigênio pode ser encontrada nos vórtices do fluxo, ou quando o fluxo está totalmente sombreado por plantas aquáticas.

c) **Sais dissolvidos** – a salinidade refere-se às concentrações de íons dissolvidos na água e, normalmente, contribuem para salinidade: os cátions de sódio, magnésio e cálcio, e anions de clorídio, sulfato de carbonato e bicarbonato. Muitas plantas e animais de água doce são incapazes de manter seus balanços internos iônicos em águas salinas. Quando a água salina difunde fora das células,

causa a desidratação ou quando a quantidade excessiva de íons espalha-se dentro das células, produz condições tóxicas (GORDON, 1995).

As enchentes, as dragagens, as canalizações e o escoamento superficial transportando grande carga de sedimentos produzida pela erosão, matéria orgânica, tóxicos e bactérias produzem grande destruição a curto e a longo prazo sobre os ecossistemas aquáticos.

Diante dessas características, o estado dos ecossistemas aquáticos, atualmente, é considerado como um dos métodos para avaliar o grau de deterioração dos cursos dos rios, porque as comunidades biológicas presentes no rio, que dependem 24 horas por dia de sua água para sobreviver, são sensíveis o suficiente para mostrar os efeitos mesmo de uma poluição bastante suave e antiga. Dentre essas, destaca-se a comunidade de fundo do leito dos rios por sua capacidade de refletir o estado de conservação ou degradação do ecossistema (MARQUES & BARBOSA, 2001).

2.5. VEGETAÇÃO

A vegetação influencia no habitat físico do fluxo, fornecendo sombra e alterando a estrutura do canal. A flexibilidade das plantas pode absorver forças erosivas diretas opostas às barreiras do fluxo das correntes de água e dos fluxos de entulhos. A sombra mesclada tem um efeito de camuflagem, ajudando os peixes a se prevenirem da predação.

As árvores e arbustos são importantes para a estabilidade da margem, sombreando as barreiras e fluxos, fornecendo a entrada de nutrientes nas correntes na forma de liteira e são considerados habitats de animais e plantas selvagens. As árvores eretas oferecem buracos para geração e abrigo de aves e animais.

Quando as árvores caem na corrente elas fornecem cobertura para peixes e insetos, e o represamento de paus e outros detritos formam depressões e restringem o movimento de sedimentos em direção à jusante. Arbustos, gramíneas e plantas crescem ao longo dos fluxos, diminuindo a corrente e encorajando a deposição de silte (GORDON, 1995).

Diante do exposto, é importante para o Planejamento ambiental a elaboração de um plano diretor de recursos hídricos de uma bacia, baseado no diagnóstico dos recursos hídricos, porque o mesmo oferece uma base de como a ocupação e as atividades humanas interferem no comportamento dos cursos d'água que compõem a microbacia.

3. MÉTODOS E TÉCNICAS

Para execução da pesquisa foram necessárias atividades de campo, laboratório e gabinete.

3.1- ATIVIDADES DE CAMPO

Para obtenção de dados de alguns parâmetros como chuva e outros, fez-se necessário a instalação de equipamentos, por isso a coleta de dados de campo iniciou-se em Junho de 2002 a Julho de 2003.

3.1.1- Sistema de Posição Global – GPS

Para determinar as coordenadas geográficas dos locais onde se instalaram as réguas linimétricas, pluviógrafo e os medidores de erosão (voçorocas e das margens dos igarapés), recorreu-se ao GPS, marca GARM ETREX rastreado por 14 satélites, as precisões de localizações dos pontos variaram de 6 a 14m.

3.1.2 - Água

A coleta de água dos igarapés para análises bacteriológica e físico-química iniciou-se a partir de novembro de 2002 a junho de 2003, às terças ou quintas-feiras pela parte da manhã. Coletava-se em garrafas de polietileno de 1 litro para determinação do cálcio, potássio, sódio, magnésio, fosfato, alcalinidade, cloretos, dureza, condutividade e matéria orgânica; em garrafas de vidro de 1 litro para obtenção de ferro, óleos e graxas.

Para obtenção do oxigênio dissolvido foram utilizadas garrafas de vidro, emprestadas pelo Laboratório de Hidrogeoquímica, do Centro de Geociências, da

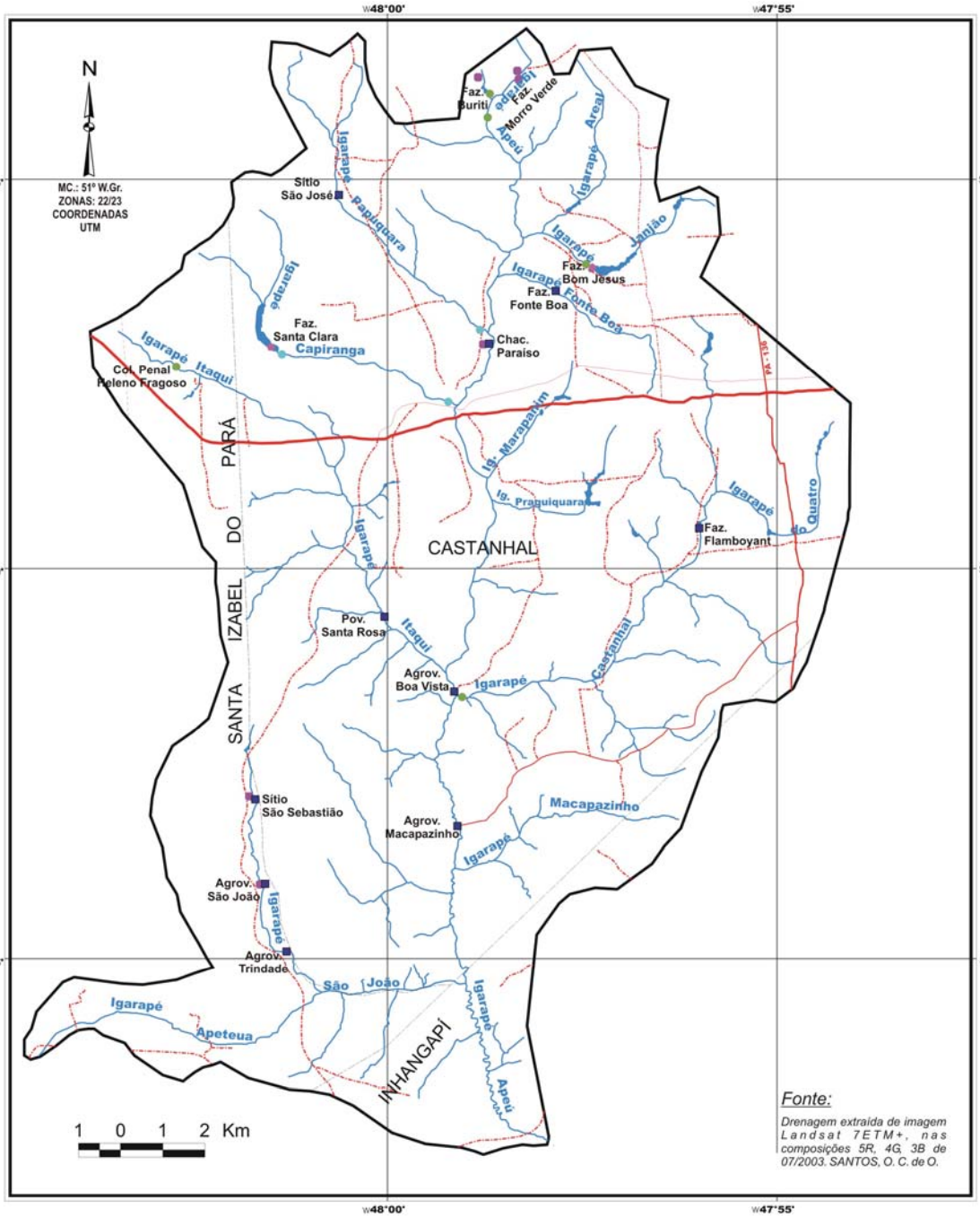
UFPA, dentre as quais oito quebraram-se no transporte, por isso foi necessário um retorno ao campo para outra coleta.

Para a análise bacteriológica, foram utilizadas garrafas de polietileno de 300ml, fornecidas pelo Laboratório de Engenharia Química.

A coleta de água foi realizada bem distante das margens dos cursos d'água e contra-corrente; no caso dos igarapés Apeú, nas agrovilas de Boa Vista e Macapazinho, e Castanhal, na agrovila de Boa Vista, precisou-se de ajuda de barco para fazer a coleta tanto no período menos chuvoso (Junho a Dezembro) como no período chuvoso (Janeiro a Maio). No Igarapé Itaqui (povoado de Santa Rosa) no período chuvoso a coleta também foi feita em barco.

No Igarapé Itaqui a coleta d'água foi realizada no alto curso próximo à nascente perene na Colônia Penal Heleno Fragoso, Penitenciária de Americano, município de Santa Izabel do Pará e no povoado de Santa Rosa, distrito do Itaqui, município de Castanhal; no Igarapé Capiranga a coleta feita próxima à nascente, Fazenda Santa Clara, Município de Santa Izabel do Pará e próximo à jusante, na ponte que faz parte da Rua Augusto Montenegro, Distrito do Apeú; nos Igarapés Castanhal e Pacuquara as coletas foram realizadas no médio curso e a jusante, também se realizaram coletas nos médios cursos do Janjão (Fazenda Bom Jesus) e Fonte Boa (Fazenda Fonte Boa). Com relação ao Igarapé Apeú coletou-se a água no alto curso (Fazenda Morro Verde e Chácara Paraíso) e médio curso (Agrovilas de Boa Vista e Macapazinho), município de Castanhal; no Igarapé São João a coleta foi feita no alto curso (Sítio São Sebastião) e no médio curso (Agrovilas de São João e Trindade), município de Santa Izabel do Pará (Figura 2).

FIGURA 2 - MAPA DE DRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ APEÚ



LEGENDA

Limite da bacia	Réguas linimétricas, medições de descargas e coleta de água
Limite de Município	Medidores de erosão
BR-316	Coleta de água
PA-422 / PA-136	Régua linimétrica
Estrada vicinal pavimentada	Medições de descargas e coleta de água
Estrada vicinal não pavimentada	Lago
Igarapés	

Devido à falta de recursos financeiros a coleta de água nos igarapés foi realizada duas vezes: uma, em 2002, nos meses de novembro (Apeú, São João, médio curso do Itaqui, Fonte Boa, Pacuquara, Capiranga, baixo curso Castanhal) e em dezembro (médio curso do Castanhal e baixo curso do Pacuquara); e a outra, em 2003, nos meses de abril (Apeú, São João, médio curso do Itaqui, Capiranga, jusante do Castanhal, Fonte Boa e Papuquara), maio (Janjão, médio curso do Castanhal, alto curso do Itaqui).

Para conservar as características das águas coletadas para determinação do sódio, potássio, magnésio, cálcio, condutividade, alcalinidade, cloretos, dureza, ferro, óleos e graxas colocou-se dois ml de hipoclorito (HCL) em cada litro de água.

Nas amostras coletadas para determinação do oxigênio dissolvido (OD) colocou-se em cada amostra 1,0ml da solução sulfato manganoso (MnSO4) e 1ml da solução azida sódica, que foram tampadas e agitadas, para que houvesse a homogeneização.

Nas amostras para análise bacteriológica, fosfato e acidez não se colocou nenhum reagente.

As amostras eram acondicionadas num isopor com gelo até os laboratórios, quando eram retiradas e colocadas na geladeira até a ocasião das análises; com exceção das amostras para determinação do OD que eram imediatamente analisadas.

A temperatura da água foi observada por um termômetro, o pH medido por um aparelho pH330i/SET-WTW, calibrado para os pH's 4.0 e 7.0 e a turbidez determinada pelo aparelho ORBECO-HELLIGE, da Orbeco Analytical Systems, INC, todos esses parâmetros observados por ocasião da coleta da água (Figuras 03 e 04).

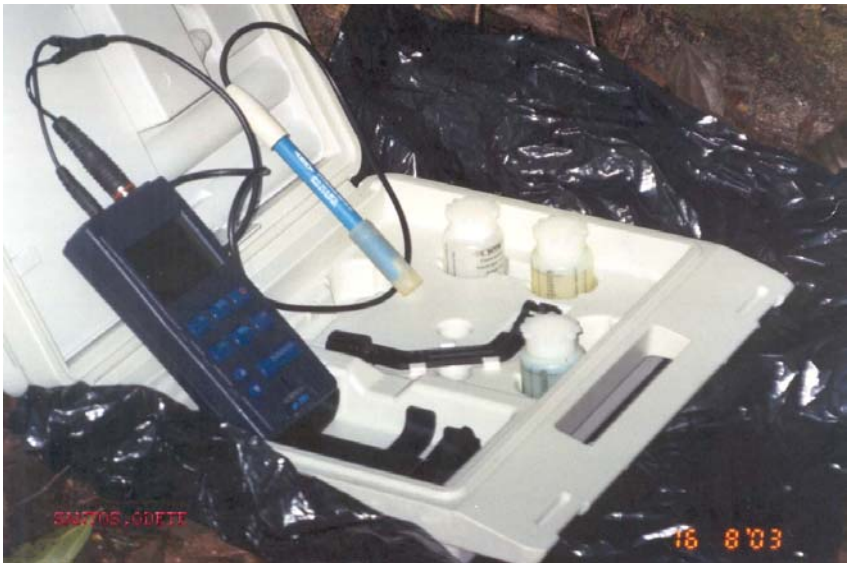


Figura 03 – Medidor de pH das águas.

Figura 04 – Medidor de turbidez.

3.1.3 - Erosão

3.1.3.a - Marginal

A erosão marginal foi medida ao longo do igarapé Apeú por ser o principal formador da microbacia e atravessar tanto as áreas rural e urbana, nas nascentes do igarapé Castanhal por estar sofrendo entulhamento proposital, e no igarapé São João por atravessar apenas a área rural, desse modo obteve-se o comportamento da erosão nos três igarapés, que representam o modelo de uso da bacia.

Para determinação da erosão marginal recorreu-se as seguintes metodologias: Pinos de erosão – (WOLMAN, 1959; FERNANDEZ, 1990; CUNHA, 1996; MOTA 2001): é uma metodologia em que se usa pedaços de vergalhões de 5.16mm de diâmetro, que são inseridos no barranco, deixando-se uma ponta para fora, de preferência pintada. Nessa ponta coloca-se um número para facilitar a sua identificação. Para essa pesquisa o comprimento dos vergalhões foi de 60cm de comprimento, sendo inserido 55cm no barranco ficando para fora os 5cm restantes, onde era pintado o número dos pinos (Figura 05) posicionados horizontalmente ao longo dos igarapés. A quantidade de pinos foi determinada de acordo com a altura da margem em relação ao nível d' água conforme (Tabela 01).

Figura 05 – Amostra do tipo de pino colocado no interior das margens dos igarapés para monitoramento da erosão.

Tabela 01- Distribuição dos pinos no interior das margens ao longo dos Igarapés

Tamanho das matrizes	Igarapé Apeú	Igarapé Castanhal	Igarapé São João
2X4	Chácara Paraíso e Agrovila Macapazinho	-	Agrovila São João
2X3	-	-	Agrovila Trindade
1X3	-	Nascente do igarapé	-

Elaborada por Santos, O.

As distâncias entre os pinos que compunham as colunas foram de 1.5m e as distâncias entre as linhas de 45cm no igarapé São João e no igarapé Apeú foram de 80cm. Não foi possível instalar mais matrizes ao longo dos igarapés porque as áreas eram de fácil acesso à população, facilitando a retirada dos pinos.

Os pinos da nascente do igarapé Castanhal, após a leitura do dia 8/11/02, desapareceram. No igarapé Apeú, na chácara Paraíso, só foi possível fazer a leitura

no dia 25/10/02, porque o proprietário da chácara resolveu fazer uma obra a partir de dezembro sem comunicar perdendo-se assim os pinos. Na agrovila de Macapazinho fez-se a leitura dos pinos em 25/10/02; a partir de janeiro de 2003 os pinos ficaram cobertos pelas águas até por volta de 25/07/03, sendo retirados por um adolescente que tomava banho no igarapé segundo os moradores da agrovila.

Estacas de madeiras - (HUGHES, 1977; FERNANDEZ, 1990; MOTA 2001): utilizada nas margens muito arenosas e de fácil desmoronamento, cujo recuo da borda em relação à estaca, é medido com uma trena, e os resultados anotados em uma caderneta.

Esta metodologia foi usada nas nascentes dos olhos d'água, no interior da Fazenda Morro Verde onde foram instaladas 16 estacas com distâncias entre elas de 1.5m, porque havia muita erosão às margens do igarapé (Figura 06).

Figura 06 – Instalação das estacas, Fazenda Morro Verde, Município de Castanhal. PA. Setembro de 2002.

3.1.3.b - Encosta

A erosão da encosta foi medida obedecendo a metodologia descrita por Guerra (1996), através de estacas de madeiras.

Escolheu-se cinco voçorocas nas encostas da bacia, para serem monitoradas, instalando-se estacas ao longo das mesmas. A estaca com uma largura de 5cm por 50cm de comprimento, foi enterrada até 40cm; os 10cm restantes ficaram acima do solo, onde foi colocada a numeração para facilitar o reconhecimento por ocasião da medição do recuo da borda em direção à estaca. A distância da estaca em direção à borda da ravina ou voçoroca é de preferência de 5m, todavia na Fazenda Morro Verde foi de 9m a 10m. A distância entre estacas é de 1,5m, mas devido à presença de tocos de árvores ou devido à compactação do solo, chegou até 1.70m; mas nas fazendas Buriti e Morro Verde, devido ao comprimento das voçorocas essas distâncias foram ultrapassadas. Entre cada estaca e a borda foram posicionadas três estacas de 30cm, obedecendo a seguinte disposição: uma foi colocada entre a estaca principal e a borda, e as outras duas restantes ficaram em posições entre a borda e a estaca principal, formando um ângulo de mais ou menos de 45º, isso porque poderia haver erosão nessas direções; enterrou-se 25cm e os 5cm restantes foram usados para numeração (Figura 07).

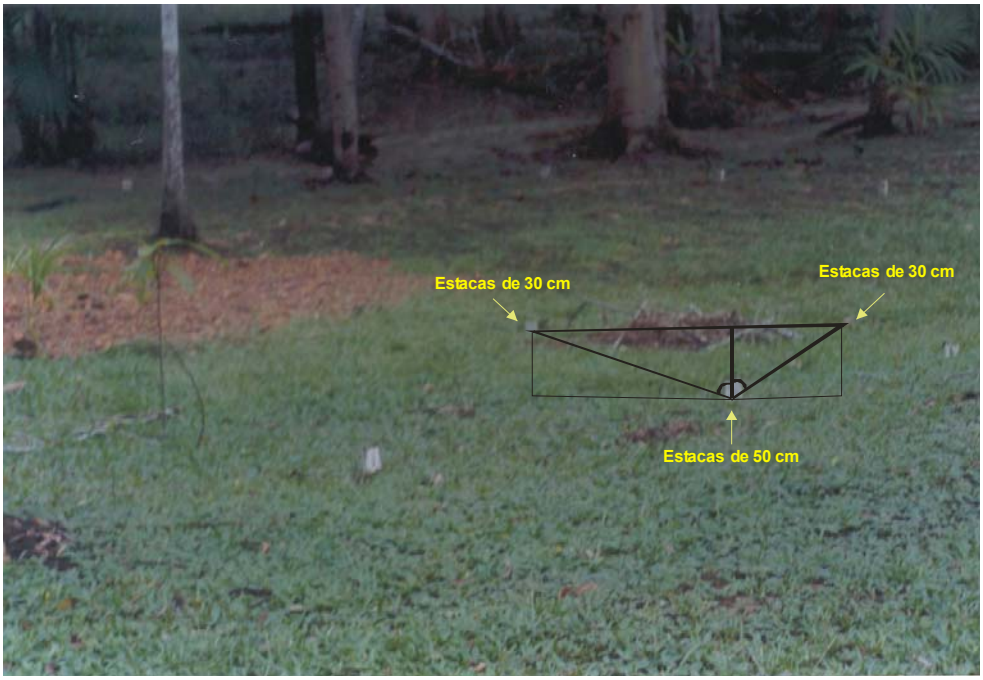


Figura 07 – Distribuição de estacas para monitoramento de uma voçoroca, na chácara Paraíso, Município de Castanhal Agosto de 2002.

As medições de erosão tiveram início em outubro de 2002 em todos os locais, perdurando até 30/07/03.

Na Fazenda Morro Verde, Sítio São Sebastião e Chácara Paraíso as estacas foram conservadas em suas posições iniciais, todavia nesta última o proprietário mandou aterrar a ravina em fevereiro de 2003 e na 1ª quinzena de junho plantou gramínea (Figura 08).

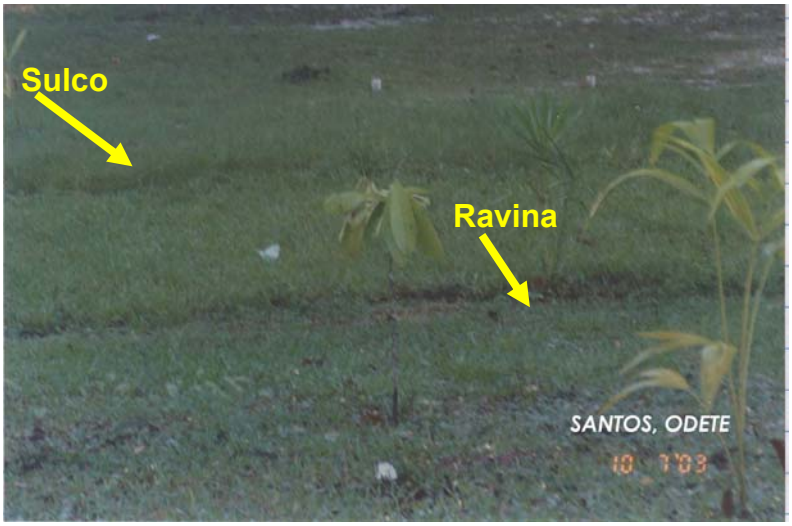


Figura 08 – Gramínea plantada sobre o aterro da cicatriz voçoroca Chácara Paraíso, município de Castanhal (PA).

Na agrovila de São João foram instaladas 27 estacas, mas ao longo da pesquisa a partir de abril de 2003 foram retiradas as estacas 11, 14, 15, 16 e 18 por algum morador da agrovila. Na Fazenda Buriti das 14 estacas instaladas desapareceu apenas a estaca de número 14.

Foi coletado sedimentos das voçorocas em sacos plásticos identificados (local e data), para análises físico-químicas.

3.1.3.c - Experimento em áreas degradadas

Na busca de soluções para reverter a situação de áreas degradadas, tentou-se recuperar o estado de duas áreas (20m X 20m) degradadas, na Fazenda Buriti, perto de uma barragem adubando o solo com 6.3 gramas(g) de nitrogênio, 6.3g potássio e 6.3g de fósforo e plantando açaizeiros, no dia 16/02/2002, sob os cuidados do Sr. Elsion, técnico responsável naquela oportunidade pela parte agrícola da fazenda. Apesar do mesmo ter sido despedido em julho de 2002, continuou-se assessorando o experimento; em 07/07/2002, fez-se limpeza no terreno e nos trechos em que a erosão estava se processando colocou-se palha de feijão (Figura 09), cobrindo-se com areia, e novamente sobre a areia colocou-se outra camada de palha de feijão.

Figura 09 – Cobertura do solo degradado com palha de feijão, Fazenda Buriti, Município de Castanhal (PA). Setembro de 2002.

As áreas apesar de próximas apresentavam variações de altitude de 1,20m, onde foram plantadas 929 mudas de açaí na parte mais alta e 993 mudas na parte mais baixa.

3.1.4 - Instalação do Pluviógrafo.

Por falta de informações de chuvas na área de pesquisa instalou-se na Fazenda Buriti um pluviógrafo semanal marca HIDROMEC. Isso foi possível porque um funcionário da fazenda (Sr. João) comprometeu-se em fazer a troca semanal do pluviograma, diagrama onde se registra a quantidade de chuva, (Figura 10). Para isso foi necessário ensinar-lhe como manipular o pluviógrafo para que aprendesse a trocar o pluviograma corretamente, permitindo a coleta de informações a partir de 7/06/02 até 30/07/03.

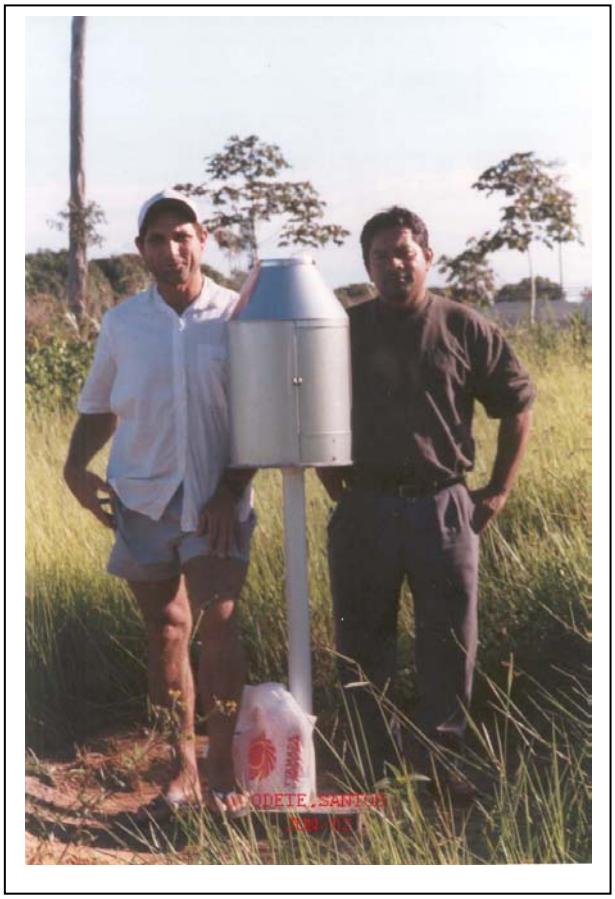


Figura 10 – Instalação do pluviógrafo na Fazenda Buriti, Município de Castanhal. Junho de 2002.

3.1.5 - Instalação de Réguas Linimétricas.

Para conhecer os níveis de água alcançados pelos igarapés nos períodos menos chuvoso e chuvoso ao longo do período da pesquisa, instalou-se réguas linimétricas. Todavia para instalá-las levou-se em consideração a localização de fácil acesso e a presença de pessoas da agrovila ou povoado que estivessem interessadas em fazer a leitura das réguas como trabalho voluntário diariamente às 7:00 e 17:00, conforme normas da Organização Meteorológica Mundial -OMM, obedecidas pela Agência Nacional das Águas – ANA. Por isso as réguas foram instaladas nos seguintes igarapés: Apeú – Chácara Paraíso, Agrovilas de Boa Vista e Macapazinho; Castanhal – Fazenda Flamboyant; Capiranga – Fazenda Santa Clara; Fonte Boa – Fazenda Fonte Boa; Itaqui – povoado de Santa Rosa; Janjão – Fazenda Bom Jesus; Papuquara – Sítio São José; São João - Sitio São Sebastião, agrovilas de São João e Trindade (Figura 11).

Figura 11 – Instalação da régua linimétrica, igarapé Capiranga, Fazenda Santa Clara, Município de Santa Izabel do Pará (PA). Setembro 2002.

Para instalação das réguas linimétricas utilizou-se o nível topográfico marca SOKKIA - modelo C41, emprestado pela Companhia de Pesquisas em Recursos

Minerais – CPRM. Baseando-se nas informações dos moradores das localidades foram instaladas duas réguas na Chácara Paraíso, Agrovila Boa Vista, Fazenda Santa Clara, Sítio São José, Sítio São Sebastião, São João e Trindade; três réguas na Agrovila Macapazinho, Fazenda Fonte Boa e no povoado de Santa Rosa. Ao longo da pesquisa verificou-se que seria necessário apenas duas nos dois últimos retirando uma, o mesmo aconteceu na Fazenda Bom Jesus onde se instalou quatro réguas inicialmente, depois verificou-se que somente duas eram suficientes.

As réguas começaram a serem instaladas de julho até novembro de 2002. As leituras da régua linimétrica no igarapé de Castanhal iniciaram-se em outubro de 2002 perduraram até fevereiro de 2003, quando a responsável pelas leituras mudou-se para o município de Igarapé Açu.

3.1.6 - Seções Transversais e Medições de Vazões.

A seção transversal corresponde a uma seção plana perpendicular à direção do escoamento, baseando-se nas medidas de profundidade e largura da mesma, obtida no campo, fixou-se os elementos necessários para determinar outros parâmetros como profundidade média, área molhada, perímetro molhado e o raio hidráulico necessários ao conhecimento da morfologia e hidrometria da bacia.

Os locais das seções transversais nem sempre ficaram na mesma posição das réguas linimétricas, porque não eram retilíneos ou eram muitos perturbados. Somente as seções transversais dos igarapés Fonte Boa, Papuquara, Castanhal e Apeú (Boa Vista) foram posicionadas ao longo das réguas linimétricas e as demais ficaram entre 4,0 a 100,0m de distância.

As seções transversais foram divididas em pontos eqüidistantes de 1m em 1m, com exceções do igarapé Castanhal que foi de 3m em 3m e do igarapé Apeú, que

no período chuvoso as seções transversais nas agrovilas de Boa Vista e Macapazinho, foram divididas de 2m em 2m. Medindo-se a profundidade de cada ponto das seções transversais dos igarapés, usando a haste do molinete.

As vazões que correspondem ao volume de água que flui num ponto por unidade de tempo (m/s) foram medidas pelo molinete. Esse aparelho mede a velocidade do curso d'água baseado no número de revoluções da hélice quando colocado em contato com a água em movimento.

Os igarapés da área de estudo apresentam variações na profundidade de poucos centímetros a vários metros, como na agrovila de Macapazinho o igarapé Apeú atingiu 3,0m, e o molinete a vau pôde ser utilizado até 5,0m de profundidade, por isso se trabalhou com esse tipo de medidor. Todavia, no período chuvoso por causa do grande volume de águas nos igarapés Apeú (Agrovilas Boa Vista e Macapazinho) e Itaqui (povoado de Santa Rosa) recorreram-se também ao uso de barco para fazer as medições.

O igarapé Apeú próximo à jusante atinge cerca de 12m de profundidade, como não se conseguiu por empréstimo o molinete de medição a cabo não foi possível a medição de vazão nesse ponto.

As medições de vazões iniciaram-se em novembro de 2002 até a 1ª quinzena de dezembro (meses que fazem parte do período menos chuvoso) e março, abril e maio de 2003 (meses do período mais chuvoso). Como as águas do Apeú só começaram a abaixar em agosto de 2003, fez-se a medição de vazão no igarapé Apeú, nos pontos das Agrovilas de Boa Vista e Macapazinho, nos primeiros dias de agosto de 2003. As medições foram feitas a 10%, 40% e 80% de profundidades dos igarapés em cada ponto da seção transversal.

3.1.7 - Coleta dos Sedimentos de Fundo.

Por ocasião das medições de vazão foram coletados sedimentos de fundo com uma draga (Figura 12), acondicionados em sacos plásticos identificados e datados, e transportados para o Laboratório de Solos do CPATU/ EMBRAPA.

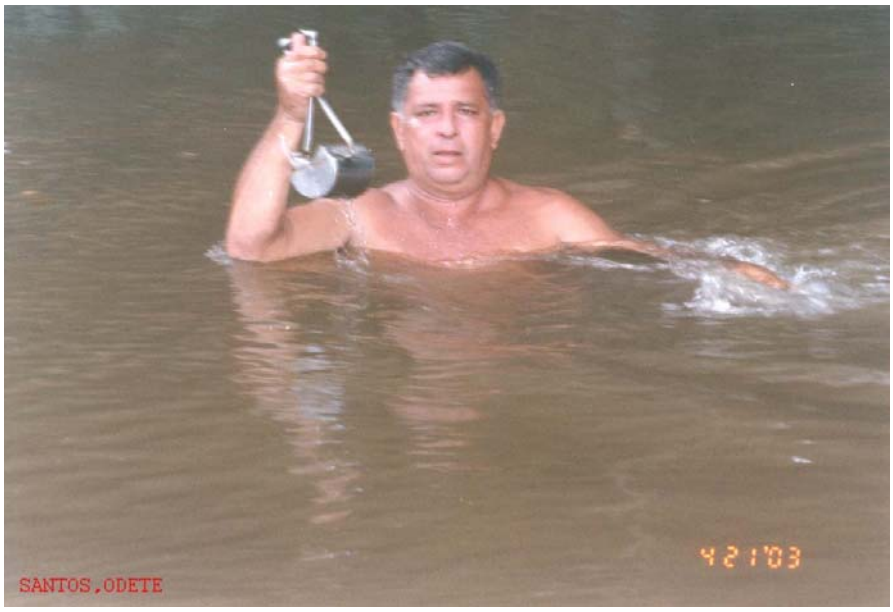


Figura 12 – Draga usada para coleta de sedimentos

3.1.8 - Levantamento Sócio-Econômico

Para conhecer as condições sócio-econômicas e de saneamento básico das populações que vivem na Microbacia Hidrográfica do Apeú empregou-se um questionário com 40 perguntas, (Anexos), que abrangiam os assuntos relacionados com as condições de escolaridade, trabalho, tipo de habitação e sanitários, tamanho da família, renda familiar e as relações com os igarapés. Para aplicar esses questionários foi realizada uma reunião com os moradores e representantes das comunidades, orientando quanto a finalidade da pesquisa. Na distribuição e preenchimentos dos formulários, representantes das agrovilas, agentes de saúde e professores colaboraram, principalmente no município de Inhangapi em que a

Secretaria de Saúde e Meio Ambiente deu todo apoio. O preenchimento feito pelos próprios moradores.

Após conversar com os representantes das agrovilas Boa Vista e Macapazinho (Apeú) e agrovilas São João e Trindade (São João), concluiu-se que mais perguntas deveriam ser adicionadas nos questionários versando sobre os tipos de doenças mais comuns nos períodos chuvoso e menos chuvoso, antes que fossem distribuídos em outras agrovilas.

Foram distribuídos 100 questionários em cada agrovila, todavia somente os moradores das agrovilas do Itaqui e Trindade responderam em quase sua totalidade: 98 questionários a primeira e 86 a segunda.

Baseando-se nas respostas foi elaborado outro questionário (Anexos) para ser preenchido pelos agricultores, que infelizmente só pôde ser empregado nas agrovilas de São João e Trindade.

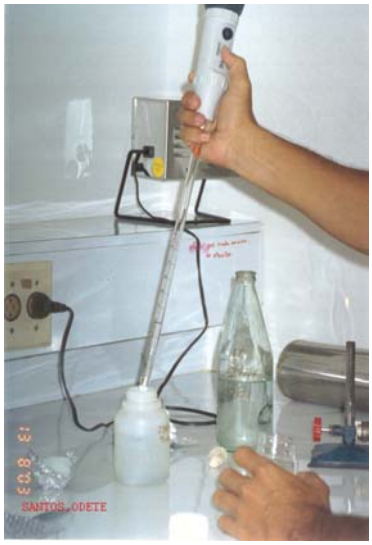
3.2 - ATIVIDADES DE LABORATÓRIO

3.2.1 - Qualidade da água

A análise bacteriológica das amostras de água dos igarapés foi realizada no Laboratório de Engenharia Química, da Universidade Federal do Pará, optando-se pelo Número Mais Provável de Bactérias Coliformes (NMP), porque as bactérias coliformes são microorganismos que estão presentes em grande número nos intestinos do ser humano, podendo causar a contaminação das pessoas que utilizam a água na qual haja a concentração dessas bactérias, são de fácil identificação e podem ser contadas em um laboratório de poucos recursos (BRANCO, 1999).

Os coliformes fecais foram detectados pelo método dos Tubos Múltiplos (CETESB, 1978), os coliformes totais e Escherichia Coli, pelo método Cromogênico (STANDARD METHODS 9223, 1995) (Figuras 13 **A** e 13 **B**).

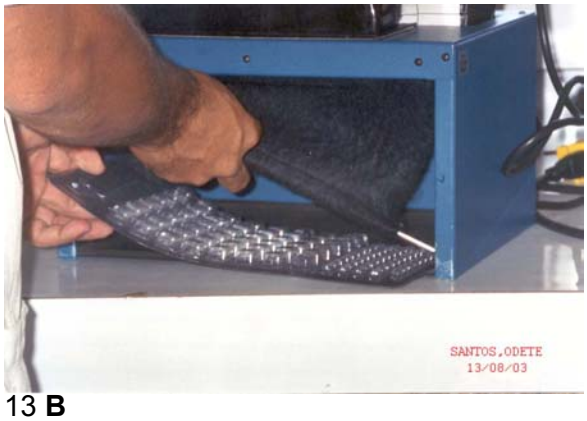
Figura 13 **A –** Assepsia do material de Laboratório para receber o material de campo para determinação dos coliformes totais.



13 **B**

13 **B**

13 **B**



13 **B**

Figura 13 **B –** Passos para determinação dos coliformes totais e Escherichia Coli.

As características físico-químicas foram determinadas pelos Laboratórios de Química, do Departamento de Química, do Centro de Ciências Naturais, e Hidroquímica e Absorção Atômica, do Centro de Geociências, todos da UFPA (Figura 14), usando-se vários métodos conforme descritos a seguir:

Figura 14 – Interior do Laboratório de Hidrogeoquimica do Centro de Geociências, da UFPA.

Partição Gravimétrica, empregando um solvente orgânico (Hexano), como extrator antrópico e natural extrai do meio aquoso o conteúdo de óleos e graxas.

Modificado de Winkley, consiste na oxidação do carbono orgânico pelo dicromato de potássio ($K_2CR_2O_7$), em excesso em meio fortemente ácido. O excesso de dicromato é titulado através de uma solução padrão de sulfato ferroso amoniacal $(NH_4)Fe(SO_4)_2 6H_2O$, que indica o grau de poluição por matéria orgânica, tanto de origem antrópica como natural.

Complexometro: este método para determinar a dureza emprega como titulante uma solução padrão de ácido etileno de amino tetracético dissódico (Na_2 – EDTA).

Volumetria ácido básico: método usado para determinação da alcalinidade, cuja solução titulante manipulada foi a solução padrão de ácido sulfúrico e como indicadores as soluções de fenolftalenia e vermelho de metila.

Volumetria de precipitação: utilizado para determinar a quantidade de sais (cloretos), a solução titulante usada foi a solução padrão nitrato de prata ($AgNO_3$) e como indicador o cromato de potássio ($K_2 CrO_4$).

Colorimétrico ácido ascórbico: usado para detectar a presença de fosfato nas águas. Esse método baseia-se na reação da solução combinada, solução ácida (ácido sulfúrico + ácido nítrico), a fenolftalina, posteriormente o ácido ascórbico. O fosfato é determinado pela comparação da coloração azul desenvolvida nas amostras padrões, devido à formação de um complexo conhecido como azul de molibidênio.

Espectrometria de absorção atômica (EAA): por esse método determinou-se as concentrações de cálcio, magnésio, potássio e sódio, o qual consiste em dois processos fundamentais: 1 - a dissociação de compostos em seus constituintes

atômicos; 2 - a excitação dos átomos livres devido à absorção de uma radiação de energia procedente de uma fonte externa.

Antes de submeter as amostras de 10ml à EAA, para determinação do teor de cálcio e magnésio, colocou-se 1ml da solução strôncio (Sr) e nas amostras para determinação das concentrações de potássio e sódio colocou-se 1ml da solução cezium; esses reagentes foram adicionados para eliminar as interferências químicas.

Fotocolorimétrico: usado para determinação das concentrações de ferro total nas amostras; esse método baseia-se na reação de Fe^{2+} com a ortofenantolina, depois que todo o Fe^{3+} foi reduzido a Fe^{2+} com o cloridrato de hidroxilamina.

Winkler modificado pela azida sódica: determinou-se os teores de oxigênio dissolvido (OD).

3.2.2 - Sedimentos de fundo e das voçorocas.

As análises físico-químicas dos sedimentos foram executadas no Laboratório de Solos, do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Úmido – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, CPATU/EMBRAPA, obedecendo às técnicas descritas em Guimarães *et al*., 1970; EMBRAPA, 1997 e Silva, 1999.

As amostras foram colocadas em tabuleiros de madeira de 40X60X8cm para secagem ao ar livre. Posteriormente pesada, procedeu-se o destorroamento, separando as frações mais grosseiras, depositando-se a amostra destorroada em duas peneiras, uma com malha de 20mm em cima e a outra, de 2mm, embaixo.

Para análise física do solo determinou-se a granulometria através do processo do densiômetro. Numa proveta de 600ml colocou-se 250ml de água, 8.925g da solução de hexametafosfato de sódio (Hexa) e 1,075g de carbonato de sódio anídrio; essas soluções foram colocadas para ocorrer uma boa dispersão das

partículas, ficando em repouso por 24 horas. Em seguida colocou-se a amostra num copo da coqueteleira (Figura 15), agitando por 15 minutos a fim de dispersar a argila. Após depositar o material do copo numa peneira de 0,053mm, este foi lavado com água destilada dentro de uma proveta de 1000ml para retirada de toda a argila, completando-se com água destilada. Posteriormente, agitou-se com um bastão por 1' e 45" para separar ainda mais a argila, deixando o material em repouso por 3h e 30'. Através de uma pipeta retirou-se 5cm da solução, sendo coletado 25ml que foram depositados no cadinho, previamente pesado, anotando o seu peso. Em seguida colocou-se o cadinho em uma estufa a 105°C para secar, obtendo-se assim a quantidade de argila.

Figura 15 – Coqueteleiras onde as amostras dos sedimentos de voçorocas eram chaqualhados para separação da argila.

O material que ficou na peneira após ter sido lavado, foi depositado num cadinho e levado para uma estufa a 105°C por um período de 24 horas, até a

secagem completa. Após se espalhou o material numa peneira de 0.2mm para obter areia grossa; o que passou vai para a peneira de 0,053mm, o que ficou na peneira é a areia fina e o que passou é o silte.

Através da análise química determinou-se as concentrações de fósforo (P), o potássio (K^+), o sódio (Na^+), cálcio + Magnésio (Ca^{++} Mg^{++}), alumínio (Al^{++}), matéria orgânica (MO) e o pH.

As concentrações de fósforo assimilável foram determinadas pelo método espectrofotometria de absorção molecular, o qual se fundamenta nas medidas da intensidade da coloração azul obtida pelo produto de redução heteropoliácido molibdofosfórico, formado pela reação dos fosfatos do solo com o molibdato de amônio, na presença de um catalisador correspondente ao sal de biomuto, tendo como agente redutor o ácido ascórbico.

Os teores de sódio e potássio foram determinados pelo método de fotometria de chama, o qual se baseia na seleção e medição da intensidade da radiação monocromática emitida por um grande número de elementos químicos quando excitados por ação térmica.

Os teores de cálcio + magnésio ($Ca^{++}Mg^{++}$) foram obtidos pelo método complexométrico, usando como indicador o sal sódico do ácido etilendíamino tetracético (Na – EDTA).

A presença do alumínio (Al^{++}) foi determinada pelo método complexométrico que consiste na utilização da solução normal de KCl na amostra, agita-se, deixando em repouso por 17 horas, em seguida coloca-se 3 gotas da solução indicadora azul de bromotimol titula-se com a solução de hidróxido de sódio (NaOH), com uma concentração de 0.25N até atingir a coloração de amarelo para azul.

As concentrações de matéria orgânica (carbono orgânico) detectadas pelo método Tiurin, que se fundamenta na ação oxidante do dicromato de potássio e o sulfato de prata em pó como catalizador, como solução indicadora tem-se a difenilamina e como solução de titulação 0.1N de sulfato ferroso amonical, até que a cor azul desapareça cedendo lugar à verde.

O pH medido pelo potenciômetro com eletrodo combinado calibrado para pH's 4.0 e 7.0, para tal medida pesou-se 10g de terra fina seca ao ar (TFSA) e colocou-se num copo plástico de 100ml.

3.3 - ATIVIDADES DE GABINETE

3.3.1 - Delimitação da Microbacia.

No Laboratório de Geoprocessamento – LAGEOP, Departamento de Geografia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, fundamentando-se nos divisores de águas constantes nas cartas da Diretoria do Serviço Geográfico DSG – 1978, Folhas SA–22–X–D-III-MI-384 e SA. 23-V-C-IMI-385, escalas 1:100000, delimitou-se a microbacia hidrográfica do igarapé Apeú. Com o auxílio de um planímetro determinou a área da bacia e com um curvímetro o comprimento dos igarapés.

3.3.2 - Sócio-econômicas

Foram processadas as informações oriundas dos questionários aplicados nos habitantes das agrovilas de Americano, Apeú, Boa Vista, Itaqui, Macapazinho, Pacuquara, São João e Trindade, e nos pequenos agricultores das duas últimas agrovilas, determinando-se percentagens, obtendo-se desse modo, uma visão das características sócio-econômicas e das relações dos pequenos agricultores com os órgãos financiadores e com os órgãos de assistência técnica.

3.3.3 - Erosão

Foram analisadas os dados de erosão e para se ter uma visualização do avanço do processo erosivo das voçorocas, foram traçados gráficos usando os softwares EXCEL e ARCVIEW; com o auxílio deste software plotou-se no mapa as coordenadas dos locais escolhidos para o estudo da erosão (Figura 2).

Foram analisados os resultados laboratoriais físicos e químicos dos sedimentos provenientes da erosão e dos sedimentos de fundo dos igarapés para ter-se uma compreensão da influência desses na colmatagem dos igarapés.

3.3.4 - Clima.

Por causa da falta de dados meteorológicos não foi possível analisá-los para classificar o clima da área porque a estação climatológica da EMBRAPA, que havia no município de Castanhal, foi desativada em 1989. A Estação Meteorológica da Escola Técnica Agrícola de Castanhal começou a funcionar somente em março de 2003 e como a estação automática localizada no campus experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) não estava funcionando não foi possível conceder os dados.

Foram analisados os dados de chuvas, correspondente ao período de 07 de Junho de 2002 a 31 de Julho de 2003, calculando-se os totais pluviométricos mensais, observando-se os eventos de chuvas e os tempos de duração desses eventos, obtendo-se desse modo, os eventos mais fortes e os mais fracos e os eventos de maior e de menor duração. Confeccionou-se um histograma contendo a distribuição mensal das chuvas. E, baseando-se em informações de outros autores como SUDAM (1984), apresenta-se uma descrição das características climáticas do nordeste paraense onde está inserida a bacia.

3.3.5 - Hidrologia.

Como só foi possível medir ao longo do período de estudo apenas uma vazão no período menos chuvoso e uma no período chuvoso na maioria dos igarapés, não foi possível traçar as curvas chaves dos mesmos.

Analisou-se os dados diários dos níveis das águas dos igarapés obtidos nas leituras das réguas linimétricas, determinou-se a média entre as leituras das 07:00 horas e 17:00 horas, obtendo-se a cota diária, traçando-se gráficos que representam o comportamento médio diário dessas cotas.

Baseando-se nas medidas obtidas nas seções transversais foi possível calcular algumas variáveis morfológicas e hidrológicas como:

Profundidade média ($\overline{H}$) – somou-se todas as profundidades obtidas para a seção transversal em metros e dividiu-se pelo número total de profundidades (N).

$$\overline{H} = \frac{\Sigma H}{N}$$

Fundamentando-se nas profundidades e largura da seção transversal traçou-se o perfil molhado da seção, visualizando-o, e através do mesmo calculou-se a área molhada.

Área molhada da seção transversal – como os vales das seções transversais apresentaram formas de polígonos irregulares; cada seção foi dividida em vários polígonos, e com à área de cada polígono determinada, somaram-se as áreas de todos os polígonos, calculando desta forma a área da seção transversal.

Perímetro molhado da seção transversal – obteve-se somando o perímetro de todos os polígonos que compuseram a seção transversal.

Raio Hidráulico (Rh) – correspondendo ao quociente entre a área molhada (Am) e o perímetro molhado (Pm) da seção transversal.

$$Rh = \frac{Am}{Pm}$$

A velocidade (V) calculada pela expressão:

$$V = 0.3 \frac{R}{T}$$

R= número de revoluções;

T = tempo, expresso em segundos;

0.3 = constante do molinete.

Foi determinada a velocidade para cada ponto nas três profundidades, calculou-se a média para cada ponto, somando-se em seguida todas as velocidades médias dos pontos, dividiu-se pelo número de velocidades, obtendo-se assim a velocidade média da seção transversal. Traçaram-se gráficos para a visualização das variações de velocidades apresentadas nas seções transversais por ocasião das medições de descargas.

Levando-se em conta a velocidade média (V) e a área molhada total da seção transversal calculou-se a **vazão média** (Q) da seção;

$$Q = V.Am.$$

Para conhecer a forma da bacia determinou-se o **índice de compacidade** (Kc), o qual indica o grau de irregularidade, conforme a fórmula abaixo:

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

P= Perímetro da Bacia

A= Área da Bacia

Como não foi possível determinar todos os cursos d'água intermitentes, que no período chuvoso voltam a ter cursos normais, determinou-se as **densidades dos rios** (Dr) e de **drenagem** (Dd) baseando-se nas cartas do DSG, escala 1:100.000 e na imagem de satélite de julho de 2003, obedecendo as fórmulas abaixo, de acordo com CHRISTOFOLETT (1980).

A = área da bacia N= número de rios Lt = comprimento total dos rios

$$Dr = \frac{N}{A} \qquad Dd = \frac{Lt}{A}$$

Revisou-se a hierarquização da bacia realizada por FERREIRA (1994), utilizando a ordenação proposta por STRAHLER [1952] apud (CHRISTOFOLETTI,1980; CUNHA,1994; COELHO NETO,1996). Determinou-se o número de rios inicialmente utilizando as cartas do DSG de 1978 na escala de 1:100.000, e posteriormente na que foi reconhecida na imagem de satélite.

3.3.6 - Solos

Diante das informações dos tipos de solos obtidas em imagem de satélite LANDSAt 5, 1995 no levantamento executado pelo Setor de Solos/CPATU/EMBRAPA, dos municípios de Castanhal e Inhangapí, (VALENTE, *et al., 2001)* e do município de Santa Izabel do Pará (VALENTE, *et al., no prelo)*; concluído em 2000, discriminadas em mapas de escala 1:100.000, identificou-se os tipos de solos que compõem a micro bacia e utilizando o software ARCVIEW preparou-se o mapa de solos da microbacia na escala 1:100.000, quantificando-os através da planimetria.

3.3.7 - Cobertura vegetal e uso da terra

Ainda o Setor de Solos/CPATU/EMBRAPA, baseando-se na imagem de satélite LANDSAT 5, de julho de1995, determinou o tipo de cobertura vegetal e de uso da terra dos municípios de Castanhal, Inhangapí (VALENTE, *et al., 2001)* e Santa Izabel do Pará (VALENTE, *et al., no prelo)* na escala de 1:100.000. Baseando-se nessas informações classificou-se os tipos de usos, preparou-se o mapeamento da microbacia para escala de 1:100.000, quantificando esses tipos de usos.

Para conhecer a evolução do uso da terra na área da microbacia conseguiu-se no Setor de Sensoriamento Remoto, do CPATU/ EMBRAPA, uma imagem de satélite LANDSAT 7 - ETM+, composição das bandas 3B, 4G e 5R, do dia 12 de Julho de 2003, escala de 1:100:000, usando o software ARCVIEW classificou-se e delimitou-se o uso da terra na área da microbacia para escala de 1:100.000 para esse ano, quantificando-os.

3.3.8 - Declividade da Microbacia

Para visualizar as feições geomórfológicas da microbacia e melhor compreensão da erosão que ocorre na mesma determinou-se a hipsometria e a declividade.

Para preparação do mapa de declividade da microbacia recorreu-se às cartas do DSG de 1978, escala 1:100.000, todavia ao traçar o mapa hipsométrico verificou-se que a hidrografia não se encaixava corretamente porque a eqüidistância das curvas de níveis era muito grande, sendo necessário interpolá-las, por isso recorreu-se ao Programa Global Mapper, da NASA, quadrante 6.0, 02º S 48º W e 02º S 49º W, do link South America que contém as curvas de níveis de 10m em 10m. Usando o software ARCVIEW, traçou-se o mapa hipsométrico. Posteriormente, recorreu-se ao Software SPRING 4.0 e através do Modelo Numérico do Terreno (MNT), traçou-se a grade triangular usando como amostra os pontos cotados, as curvas de níveis e as linhas de quebra correspondente à drenagem, calculando a declividade. Recorreu-se ao fatiamento utilizando o intervalo de classe de 1% em 1% obteve-se o mapa temático da declividade.

4. ÁREA DE ESTUDO

A microbacia hidrográfica do igarapé Apeú, com área de 309,73 km², formada pelo igarapé Apeú, um curso de águas claras com 39km de percurso, regime perene. Nasce na Fazenda Buriti, a 1º 13' 3,8" S e 47º 58' 46,5" W , sendo navegável durante todo ano por barcos a remo e voadeiras, a partir da ponte velha, trecho da BR-316, até a sua desembocadura no rio Inhangapí, no município de Inhangapí, com variações de profundidade ao longo de seu percurso; segundo informações pessoais do Engenheiro Agrimensor Raimundo Adalberto, na foz atinge 12 m, essa microbacia faz parte da bacia hidrográfica do rio Guamá, cujo o rio principal é o Guamá.

O rio Guamá banha a cidade de Belém, capital do Estado do Pará, indo desaguar na baia do Guajará, a influência de marés é notada desde a sua foz até cidade de Ourém, a 110km em linha reta (Menezes,1999), fazendo parte da região hidrográfica Costa atlântico nordeste.

No médio e baixo curso do igarapé Apeú, a partir de outubro a dezembro, meses que compõem o período menos chuvoso, nota-se a influência da maré, o mesmo ocorrendo no baixo curso do igarapé São João, afluente do igarapé Apeú.

Para os habitantes ribeirinhos muitos igarapés deixam de ser navegáveis no período de vazante, o próprio trecho navegável do igarapé Apeú, nos últimos anos, tem apresentado problemas à navegação por causa do assoreamento do seu canal.

4.1 - CARACTERÍSITCAS FÍSICAS DA BACIA

4.1.1 - Geologia

A área da bacia é constituída por terrenos terciários da Formação Barreiras, composta por arenitos grosseiros e finos, siltitos e argilitos cauliníticos e por sedimentos recentes do quaternário, representados por cascalhos, areias e argilas inconsolidadas que ocorrem nas faixas estreitas e descontínuas, acompanhando os cursos d'água (MME - RADAM, 1974).

A Formação Barreiras, aflorando no Terciário Superior, apresenta uma excepcional variedade de tipos litológicos que variam de argilito a conglomerados. As camadas apresentam-se ora perfeitamente estratificadas e laminadas, e ora maciças. Geralmente predominam arenitos finos e siltitos (MME - RADAM, 1974).

Segundo Sá (1969), a Formação Barreiras no nordeste paraense, é subdividida em Grupos Barreiras e Pós-Barreiras, dando origem aos solos autóctones e alóctones.

De acordo com Rossetti *et al*. (1989), os Grupos Barreiras e Pós-Barreiras no nordeste paraense, compreendem treze fácies definidas em função da presença e ausência de estruturas sedimentares e aspectos texturais**,** Souza Jr. *et al. (1992),* acrescentando o conteúdo fossilífero, observaram fácies presentes no município de Castanhal que caracterizam parte da área da micro bacia:

- Fácies arenosas com estratificação cruzada tangencial, que se caracterizam por arenitos friáveis e ferruginosos possuindo granulaçôes fina e média, bem selecionados, gradação normal, grãos subangulosos, com a presença de grânulos e seixos de quartzo e quartzito. Os arenitos são constituídos por quartzos e pequena quantidade de moscovita, possuindo uma fração de argila e silte em torno de 20%.

Os arenitos friáveis encontrados no Distrito do Apeú e os ferruginosos, na Agrovila de Macapazinho.

Nessas fácies, Fernandes *et al.* (1992) detectaram a presença de ophiomorfa[1], uma evidência fossilífera da ictiofauna nos sedimentos do Grupo Barreiras, cujas estruturas primárias estão mascaradas pelo processo de laterização nos arenitos da Agrovila de Macapazinho, definindo, desse modo, no Município de Castanhal um ambiente transacional flúvio-marinho associado à planície de maré.

- Fácies argilosas com laminação plano-paralela formadas por argilitos finamente laminados, coloração avermelhada com leves tons lilás e esbranquiçadas, em função da lixiviação do ferro e dos pequenos tubos que indicam a presença da ictiofauna fossilífera das ophiomorfas. A quase destruição das estruturas primárias dessas fácies é provocada pelo desenvolvimento laterítico; a espessura delas varia de um afloramento para outro de 60cm até próximo à superfície.

- Fácies de intercalação areno-argilosa com estratificação de maré constituída por intercalações centimétricas, de argilitos e arenitos. Os argilitos são friamente laminados, de coloração avermelhada com tons esbranquiçados bioturbados e os arenitos são quartzosos de granulações finas a médias, coloração amarelada a avermelhada com tons esbranquiçados, contendo grânulos de quartzo dispostos caoticamente. A espessura dessa fácies variando de 3 a 6m, apresenta-se preenchendo canais.

- Fácies conglomerática com seixos de argila, composta por conglomerados de seixos de argila maciça e laminada, laterizada ou não, com diâmetro variando em média de 4 a 6cm, podendo obter dimensões em torno de 30cm. Os seixos de 1 a 3cm têm formas subarredondadas e a subangulosos. Possui uma matriz constituída

[1] Espécie de gastrópodes.

por areias quartzosas de granulação média a grossa e argilosa. A coloração é avermelhada com tons amarelados e esbranquiçados.

- Fácies arenosas com estratificação cruzada sigmoidal caracterizando-se por apresentar arenitos de granulação fina e média bem selecionados, apresentando gradação normal, que contém localmente seixos de argila e grânulos de quartzo disperso, coloração amarelada com tons esbranquiçados. Presentes nas áreas de exploração de pedras.

- Fácies arenosa com estratificação cruzada *climbing ripple,* constituída por arenitos quartzosos friáveis de granulação fina a média, bem selecionados, apresentando gradação inversa, coloração branca amarelada com tons lilás e intensamente bioturbado.

- Fácies arenosa com estratificação cruzada acanalada composta por arenitos de granulação média a grossa, gradação normal, moderadamente selecionada, com grãos de quartzos subarredondados, podendo apresentar clastos de argila na base. De coloração avermelhada com tons amarelados, a espessura pode exceder a 4m. Apresenta estratificação cruzada acanalada de grande porte na base, passando gradativamente para acanalada de médio porte em direção ao topo, até tornar-se incipiente.

- Fácies conglomerática com seixos de quartzo e quartzito composta por esses tipos de seixos alongados, subarredondados a subangulosos; a matriz é arenosa, granulação média e sustenta os seixos.

- Fácies areno-argilosa maciça ou com estratificação incipiente, constituída por arenitos argilosos friáveis de granulação fina a média, moderadamente selecionados, apresentando localmente grânulos de quartzos subangulosos, seixos de argila maciça e níveis descontínuos de concreções ferruginosas. Possui

coloração avermelhada com tons amarelados, contendo horizontes de arenitos ferruginizados, ao longo da estratificação plano paralela incipiente.

A espessura dessa fácies pode ultrapassar 6m, o contato inferior é gradativo com fáceis arenosa com estratificação cruzada acanalada**,** o contato superior ocorre de maneira erosiva com fácies constituída por fragmentos de arenitos e argilitos ferruginizados.

- Fácies areno-argilosa maciça formada por sedimentos areno-argilosos, apresentando grânulos de quartzo e de concreções ferruginosas com 1,5cm de diâmetro dispostos aleatoriamente. Cerca de 76,10% da fração arenosa é constituída por material quartzoso de granulação média a fina, mal selecionado e subanguloso, e o restante 23,90% correspondem à argila e ao silte. A lavagem da fração argilosa por ácidos húmicos do Pós-Barreiras deixou a fração arenosa com coloração branca compondo os areais, encontrada, principalmente, na parte noroeste da micro bacia.

- Fácies constituída por fragmentos de arenito e argilitos ferruginizados , composta por blocos e fragmentos de arenitos e argilitos ferruginizados, que se destacam mesmo nos afloramentos intensamente alterados. Apresenta matriz arenosa ou angulosa, localmente ferruginizada; os fragmentos que a constituem podem apresentar sua estrutura original preservada. Por vezes, esta fácies pode formar crostas ferruginosas, chamadas de *stones lines,* isto é, linhas de pedras. Quando esta fácies encontra-se recoberta pela fácies areno-argilosa maciça recebe a denominação de paleopavimento, correspondente a uma antiga superfície erosiva que se estende desde o litoral até as porções mais internas do continente (SÁ, 1969).

A Unidade correspondente a Sedimentos atuais constituída por sedimentos proveniente da erosão ocorrida nos terrenos dos Grupos Barreiras e Pós-Barreiras (ACKERMANN, 1966), ocorre ao longo das planícies fluviais, corresponde ao relevo de agradação, constituído por aluviões e extensas planícies argilosas.

Os aluviões são compostos por materiais arenosos, seixos de laterito e de quartzo, com menores proporções de argila. Sua distribuição está condicionada às áreas de agradação (SOUZA JR., 1992), localizadas principalmente na parte norte-centro da Bacia do Igarapé Apeú. As extensas planícies argilosas constituídas por sedimentos argilosos de coloração cinza esbranquiçada com leves manchas avermelhadas e amareladas devido à oxidação do ferro, contendo matéria orgânica aparentemente maciça e intensa atividade biológica (SOUZA JR., 1992) situam-se ao longo do Igarapé Apeú, a partir da Agrovila de Boa Vista até a confluência do Rio Inhangapi, município de Inhangapí.

4.1.2 - Geomorfologia

A geomorfologia da bacia caracteriza-se pela presença de colinas de topos aplainados e moderadamente dissecados, compondo um dos setores do Planalto Rebaixado Amazônico e a planície sedimentar do Pleistoceno e Holoceno (MME - RADAM, 1974).

O Planalto Rebaixado Amazônico correspondendo ao pediplano Neoplestocênico, o Pd1, surgiu devido à degradação lateral da superfície do Pd2. Segundo Bigarella et *al.* (1965, p. 140 e 141), o Pd2 foi elaborado no Terciário Médio, sua degradação ocorreu por causa das alterações das condições climáticas entre períodos úmidos e de semi-aridez que ocorreram no Quaternário, provocando

a erosão linear por rios e a dissecação dos pediplanos, sendo o pd1 a mais recente das extensas superfícies de erosão brasileiras.

Portanto, o Planalto Rebaixado Amazônico está esculpido em litologia plestocênica do grupo Barreiras, em geral laterizadas e em coberturas detríticas aluvio- coluviais neoplestocênicas parcial ou totalmente pedogeneizadas, apresenta-se conservado e modelado em extensos tabuleiros e terraços, correspondendo à região de Terra firme (SEICOM, 1995).

A unidade geomorfológica referente à planície sedimentar denominada de planície Amazônica (BARBOSA apud SEICOM, 1995) corresponde a região ambiental de várzeas compreendendo dois níveis de acumulação sedimentar aluvial: o nível mais alto que compreende a várzea alta, e o nível mais baixo que correspondem a várzea baixa e aos igapós, permanentemente alagados.

A várzea alta circunda os rios sob forma de diques marginais, ou próximo à terra firme, após a várzea baixa, é inundada apenas periodicamente, composta por argilas inconsolidadas de cor cinza azulada, com mosqueamento de óxidos de ferro pelo impedimento da drenagem e variação do lençol freático. Muitas vezes, apresenta-se encharcado simplesmente pela elevação do lençol freático, sem que ocorra o transbordamento do talvegue (SEICOM, 1995, p. 69).

A várzea baixa e os igapós estão mais afastados das margens dos cursos d'água, separados desses cursos pela várzea alta, formando uma rampa aluvial inclinada em direção à terra firme, ou aparecem a partir da margem dos cursos d'água, elevando suavemente até atingir a várzea alta; quando esta não existe, estão ligados diretamente à terra firme. São áreas inundadas diariamente pelas águas das chuvas, depositando uma sucessão de argilas ricas em matéria orgânica (SEICOM, 1995, p. 67).

Na parte norte da microbacia, o Planalto Rebaixado Amazônico atinge as maiores altitudes, cerca de 69m e se apresenta mais plano; a partir da BR-3l6 em direção ao sul, o mesmo torna-se mais ondulado apesar das altitudes serem mais baixas, onde os tabuleiros atingem a cota de 15m e os terraços com cotas em torno de 6m. A planície sedimentar, no sul da microbacia, torna-se mais ampla, predominando, altitudes máximas de 5m e as mais baixas na área do deságüe do igarapé Apeú no rio Inhangapí.

4.1.3 - Clima

Estudos climáticos realizados no nordeste paraense apresentam como o tipo climático característico dessa área, segundo a classificação de Thornthwaite-Mather (1955), é **B4 r A' a'**, que corresponde ao clima úmido com pequena ou nenhuma deficiência de água, megatérmico. A temperatura máxima média anual fica entre 31º a 32º C e a temperatura mínima média anual, entre 22º a 23ºC (SUDAM, 1984), refletindo o predomínio de temperaturas altas, com pouca variação ao longo do ano. A umidade relativa média anual variando de 80% a 85%, é uma conseqüência da alta evapotranspiração reinante sobre a área.

Os valores pluviométricos médios anuais variam de 2.500mm a 30.00mm, os quais estão concentrados, principalmente, no período do verão e outono austral, quando se tem sobre a Região Amazônica a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), associada aos sistemas frontais do Hemisfério Sul e aos movimentos convectivos locais. Essa composição sinótica que provoca chuvas intensas e de longa duração, notabilizando assim o período chuvoso, pode sofrer grande variação devido à influência do fenômeno El Niño (SANTOS & SOUZA, 1986). Essas características confirmadas ao se analisar os valores pluviométricos

mensais obtidos ao longo da pesquisa, (Figura 16), observou-se que a partir de junho a novembro de 2002, que corresponde ao período menos chuvoso, os valores foram baixos alcançando 21mm no mês de outubro. A partir de dezembro de 2002 até maio de 2003 houve um aumento nesses valores pluviométricos atingindo 492.4mm no mês de março.

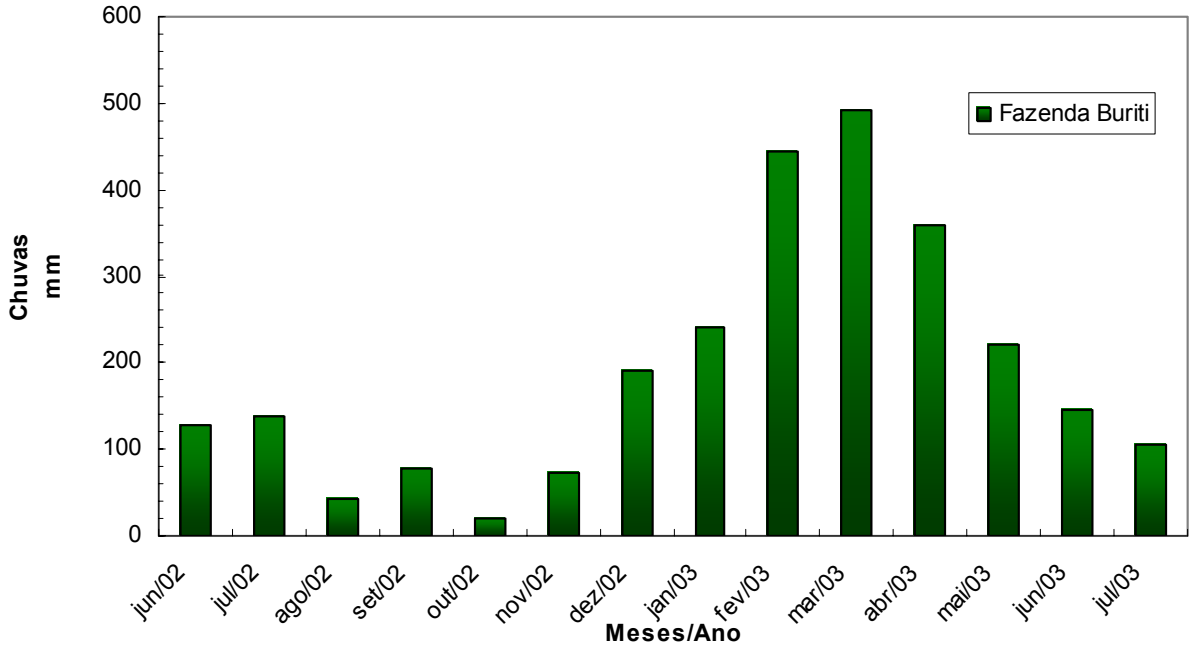


Figura 16 - Distribuição das chuvas, Fazenda Buriti, município de Castanhal. Período: Junho de 2002 a Julho de 2003. Elaborado por SANTOS, O. C. de O.

No período chuvoso, a chuva diária é composta por vários eventos de chuva e no período menos chuvoso, a chuva diária pode ser constituída apenas por um evento de chuva, tal como ocorreu no dia 10 de Novembro de 2002.

O maior evento de chuva no período menos chuvoso ocorreu no dia 10/11/02, alcançando 45.6mm, (Tabela 2), com uma duração de 3,25 horas, pela configuração sinótica existente na imagem de satélite observa-se que o evento foi causado pelo aquecimento local, (Figura 17).

Tabela 2 – Características das chuvas na fazenda Buriti município de Castanhal, período junho de 2002 a julho 2003. Elaborado por SANTOS, O. C. de O.

Mês	Dias com chuvas	Dia do mês da maior chuva diária	Maior chuva Diária (mm)	Duração da chuva diária em horas	Maior evento de chuva diária (mm)	Duração do maior evento em horas
Junho/02*	17	30	35,1	2,25	35,1	2,25
Julho	19	28	27,0	3,08	26,5	2,17
Agosto	20	29	22,1	3,58	22,1	3,58
Setembro	21	21	27,9	3,08	27,9	3,08
Outubro	8	1	6,9	3,5	2,3	0,67
Novembro	11	10	45,6	3,25	45,6	3,25
Dezembro	22	12	39,5	4,33	27,5	1,0
Janeiro/03	22	12	58,5	7,17	45,5	4,00
Fevereiro	25**	28	52,2	17,13	50,4	12,5
Março	25**	20	61,3	15,07	52,7	1,33
Abril	25	18	55,5	2,10	55,2	1,05
Maio	26	15	29,8	15,58	10,0	1,08
Junho	22	22	27,0	1,5	27,0	1,5
Julho	23	4	23,8	4,33	23,8	4,33

* instalação do pluviógrafo. ** dias incompletos.

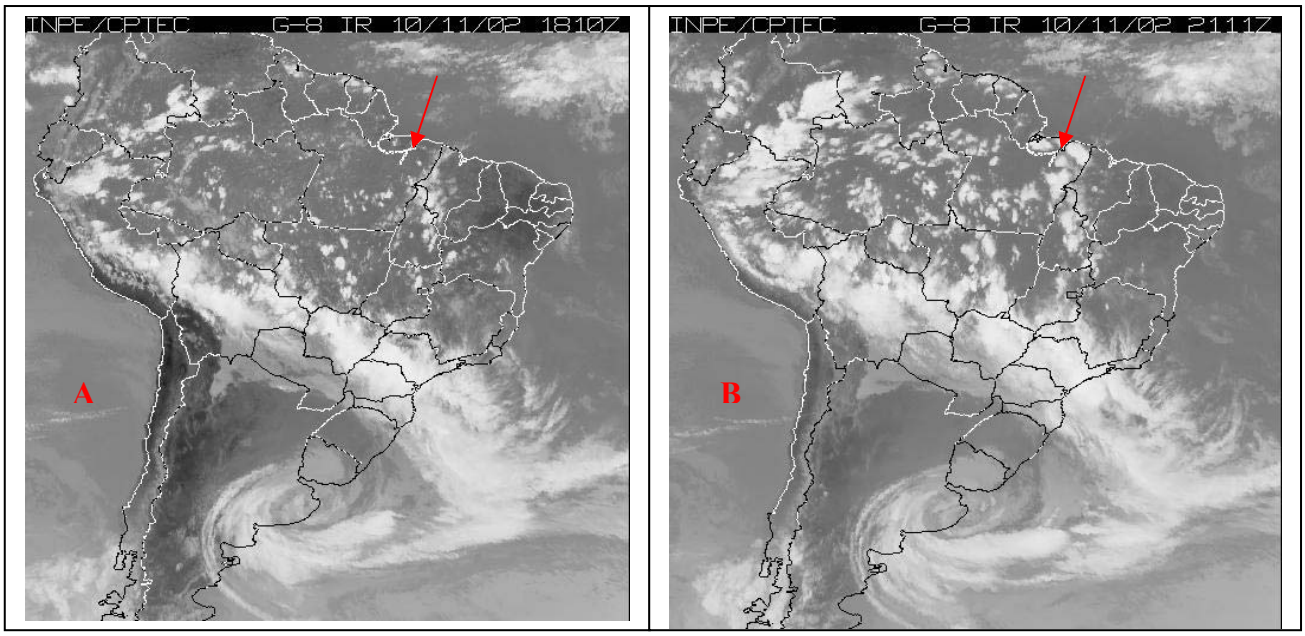


Figura 17 - Configuração sinótica por ocasião da chuva em 10/11/2002. Fonte INPE, 2002. Elaborado por SANTOS, O. C. de O.

O evento máximo de chuva do período chuvoso aconteceu no dia 20/03/03, com 61,3mm com uma duração total de 15,07 horas, todavia cerca de 52,7mm se precipitaram em 1,33 horas. O comportamento sinótico desse dia mostra a presença

da ZCIT sobre a região Amazônica, (Figura 18), influenciando nas chuvas, pois tornaram-se mais intensas e com maiores durações, (Tabela 2).

Essas características climáticas vão influenciar no balanço hídrico da área e na alimentação dos rios ao longo do ano.

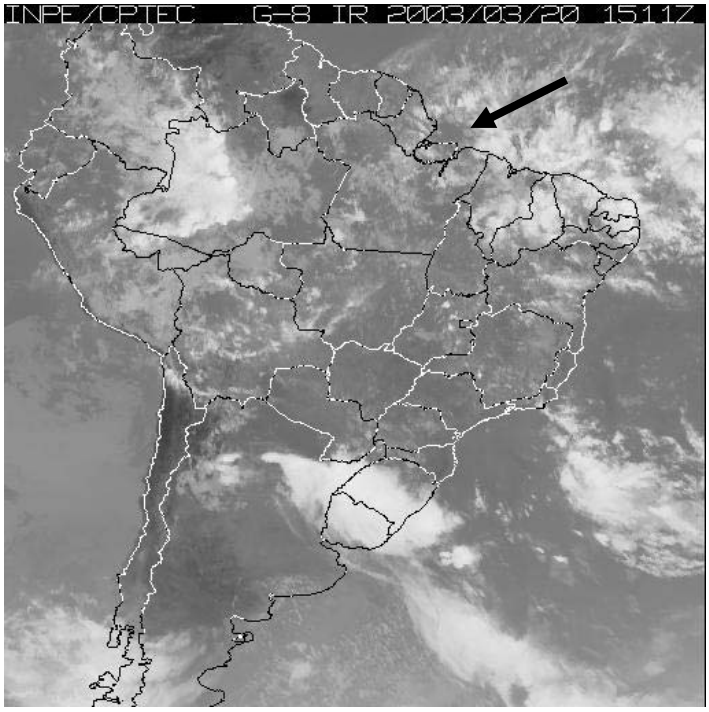


Figura 18 – Configuração sinótica por ocasião da chuva em 20/03/2003 onde se visualiza a ZCIT.
Fonte INPE, 2003.

4.1.4 - Drenagem

A microbacia hidrográfica do Igarapé Apéu com 309,73km², corresponde a uma hierarquia fluvial de 3ª grandeza (Figura 19), quando se baseia apenas nas inforrmações da Carta do DSG -1978, na escala de 1:100.000, concordando desse modo com Ferreira (1994), todavia ao se complementarem as informações dessa carta com a análise da imagem de satélite determinou-se para essa bacia a 5ª ordem (Figura 20). Ao todo conta com cerca de 80 cursos d' água de 1ª ordem Tabela 3, que perfazem um percurso total de 225.6km. Levando em conta o número

desses de igarapés obteve-se uma densidade de drenagem de 0.73km/km² e uma densidade de cursos da ordem 0.26/km².

Tabela 3 - Número de canais por Hierarquia Fluvial.
Elaborado por SANTOS, O. C. de O.

	ORDEM				
Quantidade de canais	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.
	80	24	5	2	1

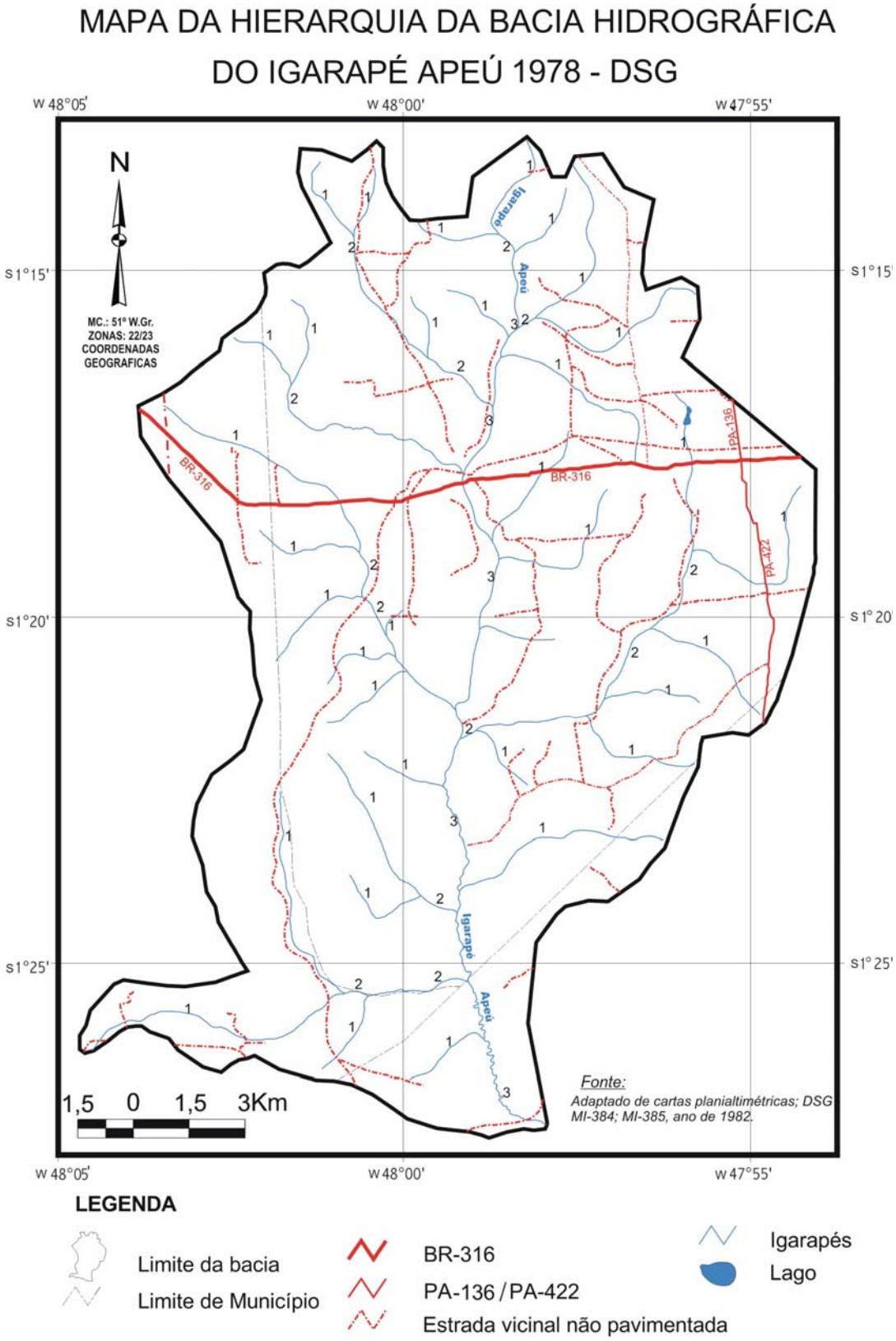


Figura 19 - Mapa da Hierarquia da Bacia Hidrográfica do Igarapé Apeú, 1978

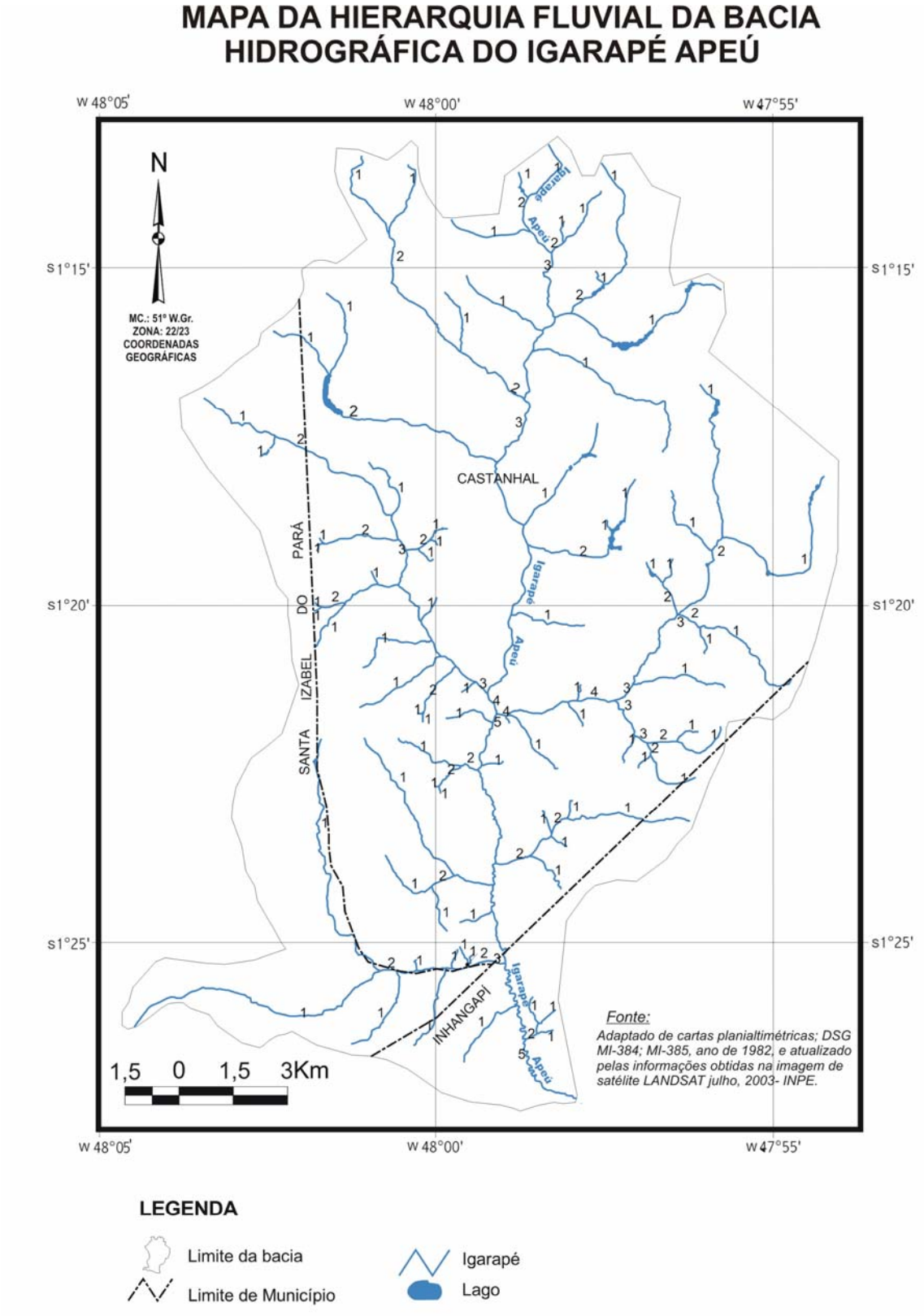


Figura 20 - Mapa da Hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do Igarapé Apeú, 2003

A distribuição dos principais afluentes discriminados na Tabela 4.

Tabela 4 – Distribuição dos principais afluentes de percurso tendo por base as Cartas da Diretoria do Serviço Geográfico (DSG), Escala 1.100.000.

Margem Esquerda	Comprimento (km)	Margem Direita	Comprimento (km)
Igarapé Castanhal	12.0	Igarapé sem nome	2,2
Igarapé Macapazinho	6.0	Igarapé sem nome	2.5
-	-	Igarapé Papuquara	9,0
Igarapé Janjão	6.0	Igarapé Capiranga	9.2
Igarapé Fonte Boa	6.0	Igarapé Itaqui	11.5
Igarapé Praquiquara	5.0	Igarapé sem nome	2.5
Igarapé sem nome	2.0	Igarapé sem nome	9.3
Igarapé sem nome	2.2	Igarapé São João	10.9
Igarapé Marapanim	3.7	Igarapé sem nome	2.5

Fonte: Elaborado por SANTOS, O. C. de O. 2001

De acordo com Christofoletti (1980), o comportamento hidrológico das rochas reflete na densidade de drenagem. Rochas que dificultam a infiltração contribuem para o escoamento superficial, favorecendo a esculturação de canais. Segundo Rizzi [1999] (*apud* TRENTIN, 2004) bacias com densidade de drenagem com índices de 0.5km/km² correspondem a bacias com drenagem pobre, e aquelas que apresentam índices

3.5km/km², ou mais, são excepcionalmente bem drenadas. Portanto, a microbacia do Igarapé Apeú está mais para uma microbacia de drenagem pobre, todavia no período chuvoso verificou-se um grande escoamento superficial.

O comportamento da rede hidrográfica, baseando-se a linha geral do escoamento dos cursos d'água em relação à inclinação das camadas geológicas, apresenta uma classificação que vai compor o padrão de drenagem, o qual corresponde ao arranjo espacial desses cursos d'água, que poderão sofrer influências em sua morfogenética pelas características naturais da área, como:

disposição das camadas rochosas, resistência litológica variável, diferenças de declividade e evolução geomorfológica (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A microbacia hidrográfica do igarapé Apeú apresenta um padrão de drenagem em treliça, cujas drenagens obedecem a um forte controle estrutural.

Segundo Vilela & Mattos (1975), Christofoletti (1980), e Garcez & Alvarez (1988), a forma da bacia é importante para se conhecer o tempo necessário que a precipitação gasta para deslocar-se do ponto mais afastado da bacia e o seu exultório (tempo de concentração), que se pode determinar, tendo por base o coeficiente de compacidade que determina a circularidade de uma bacia e o fator de forma, que mostra quando a bacia é quadrada, alargada ou alongada.

O coeficiente de compacidade e o fator forma calculado para a microbacia do Igarapé Apeú foram da ordem de 1,47 e de 0,23, diante desses valores, a bacia apresenta forma retangular e alongada, portanto não muito sujeita a enchentes.

4.1.5 – Declividade

A declividade considerada como uma representação do relevo, por representar a variável do desnível, isto é, a diferença de altitude entre o ponto mais alto e o mais baixo de uma área unitária de análise (LIBAULT, 1975, p. 333), pode ser um dos indicadores geomorfológicos para avaliar a sustentabilidade ambiental (CHRISTOFOLETTI, 1996).

Para De Biasi (1992) ao tratar a declividade em classes de declividades nota-se a ampla finalidade que a mesma apresenta, principalmente quando se trata de usos e ocupação do espaço seja de caráter urbano ou agrícola.

Ao analisar as diversas classes de declividades obtidas para a área da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú, observou-se que: cerca de 43,79% dessa

área apresentam valores de declividades de 0 a 1%, abrangendo maiores áreas no norte da bacia, e também, distribuídos ao longo de toda a microbacia intercalados por outros intervalos de declividades; 22,16% da superfície da microbacia correspondem a declividades de 1 a 2%; 13,76% possuem declividades entre 2 a 3%; 8,84% apresentam declividades de 3 a 4%; 4,88% correspondem as declividades de 4 a 5%; 2,93% e 1.93% da área correspondem as declividades de 5 a 6% e 6 a 7%, respectivamente, os demais intervalos de declividades totalizam 1,71% da área da bacia (SANTOS, 2005), (Figura 21).

De acordo com esses resultados, verifica-se que mais da metade da microbacia apresenta-se como grande tabuleiro com algumas ondulações, essas ondulações são mais presentes a partir do centro para o sul da microbacia.

MAPA DE DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ APEÚ

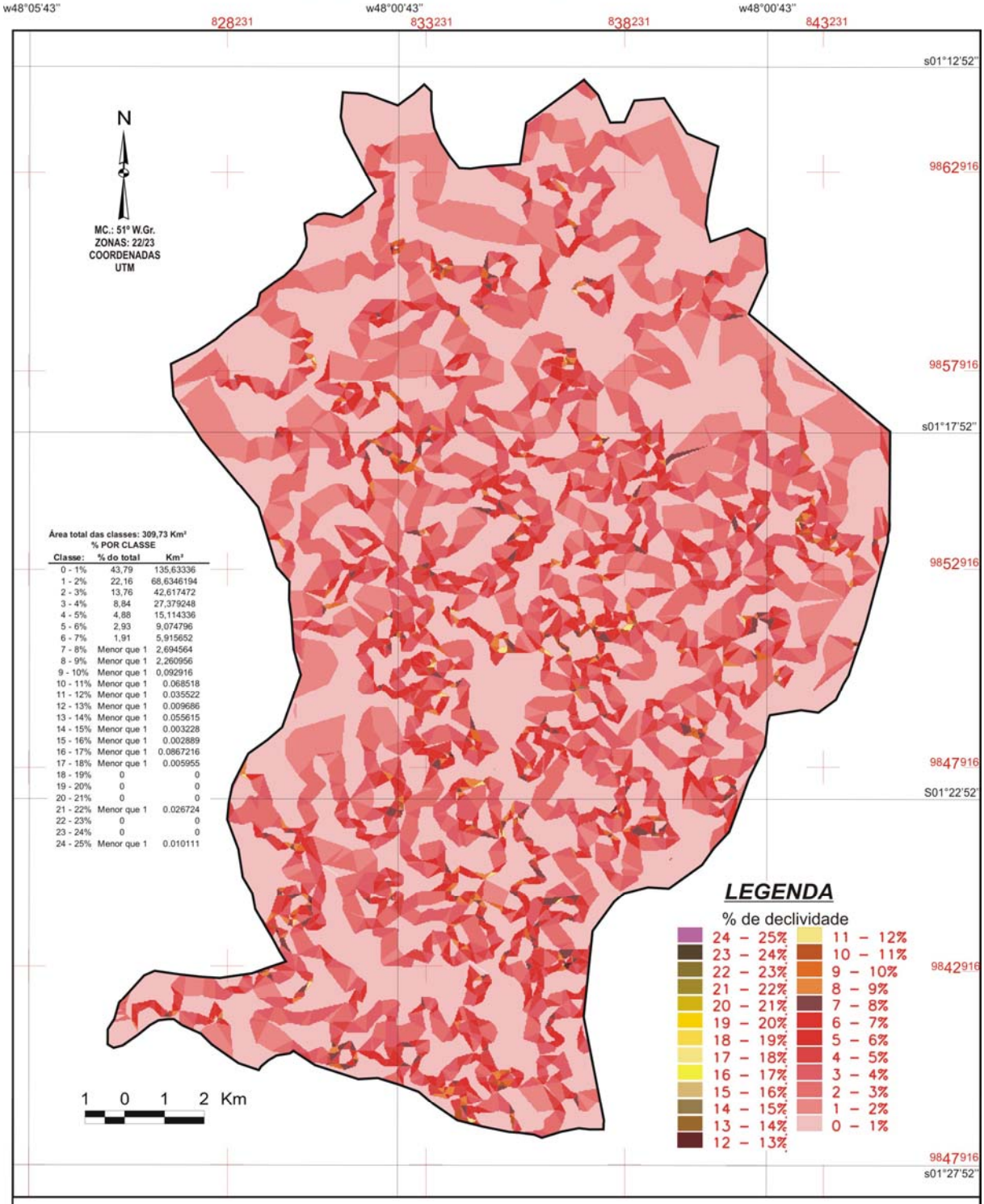


Figura 21 - Mapa temático de declividade da bacia hidrográfica do igarapé Apeú.

4.1.6. - Solos

Analisando os mapas de solos dos municípios de Castanhal (VALENTE *et al.* 2001), Inhangapí (VALENTE *et al.* 2001) e de Santa Isabel do Pará (VALENTE *et al.* no prelo) reconheceu-se para a microbacia várias classes de solos, (Figura 22), ocupando faixas diferenciadas conforme a Tabela 5.

Tabela 05 - Área e porcentagem das diferentes Classes de solos que compõem a microbacia hidrográfica do igarapé Apeú.

Classes de solos	Área km²	Porcentagem %
Argissolo Amarelo (PAd)	197,43	63,74
Argissolo Vermelho - Amarelo (PVAd)	76,22	24,6
Gleissolo Háplico (GXbd)	18,52	6,0
Neossolo Flúvico(RUbd)	16,58	5.35
Latossolo Amarelo (LAd)	0.78	0.25
Espedossolo Ferrocárbico (ESg)	0.2	0.06

Elaborado por SANTOS, O. C. de O. 2004.

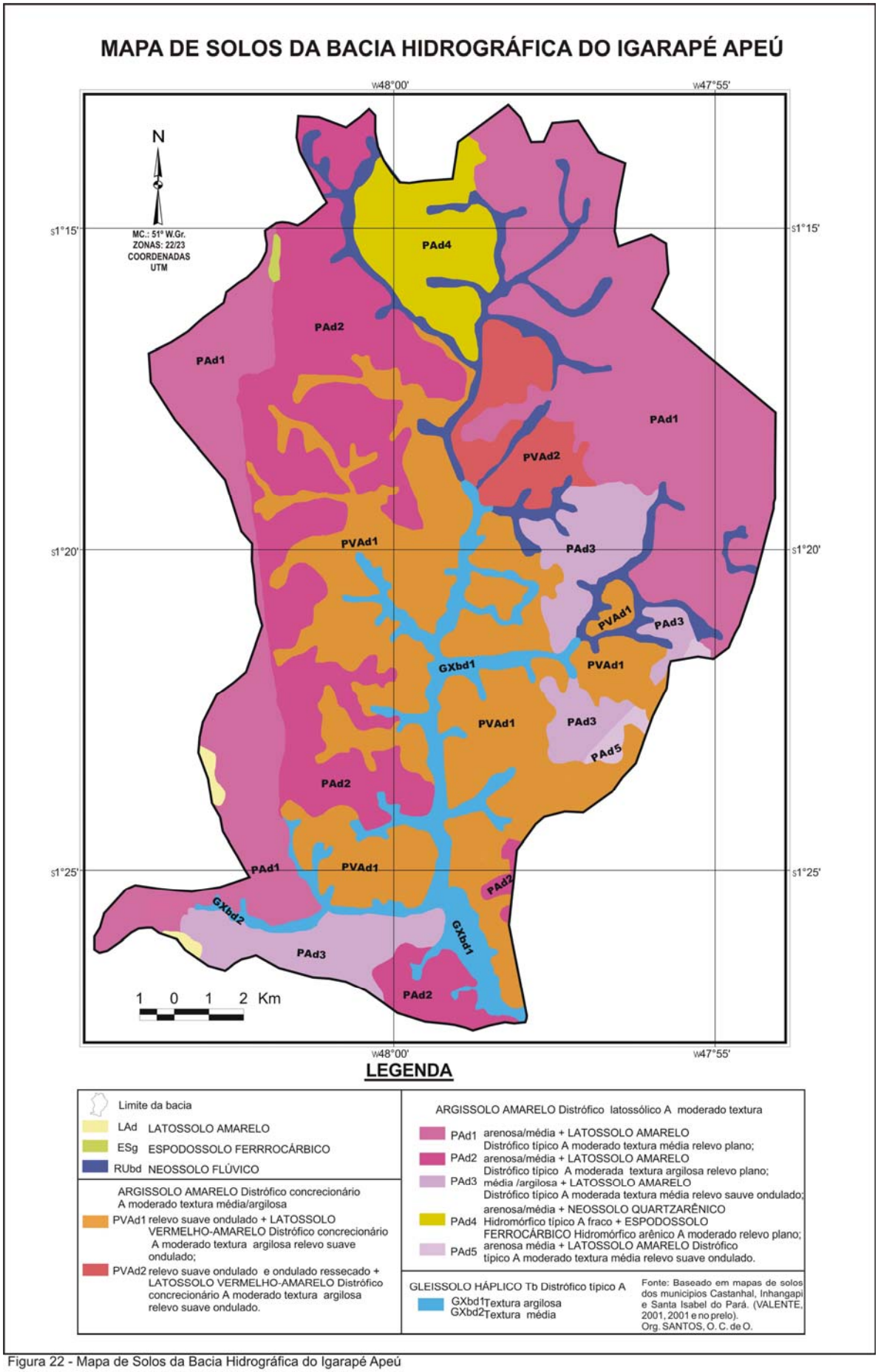


Figura 22 - Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé Apeú

De acordo com (VALENTE *et al.* 2001), as classes de solos que constam na Tabela 4, caracterizam-se por:

Argissolo Amarelo (PAd) – Solo mineral, profundo bem drenado, pouco estruturado, com textura binária arenosa/média, com horizontes ***A, Bt*** e ***C*** em seqüência. As cores variam de bruno-escuro, bruno-amarelado-escuro, amarelado-brunado e bruno-forte. A principal característica desse tipo de solo é a alta relação textural decorrente da diferença marcante no conteúdo dos horizontes ***A*** e ***B.*** Não há uma nítida evidência de argila movimentando-se ao longo do perfil, portanto não apresenta cerosidade. Solo de baixa fertilidade química, forte a moderadamente ácido, cujos valores do pH variam de 4.6 a 5.8; os valores de alumínio trocável (Al^{+++}) são relativamente baixos, ocorrendo apenas traços de fósforo assimilável. Essa classe de solo corresponde a 63,74% da área da microbacia, compreendendo as seguintes subclasses:

PAd1 - Argissolo Amarelo Distrófico latossólico A moderado, texturas arenosa e média, associado ao Latossolo Amarelo Distrófico típico A moderado textura média, relevo plano. Essa subclasse caracteriza-se por não apresentar limitações de emprego de máquinas e implementos agrícolas modernos e nem riscos de susceptibilidade à erosão, corresponde a 27,26% da área da microbacia;

PAd2 - Argissolo Amarelo Distrófico típico A moderado, texturas arenosa e média, associado ao Latossolo Amarelo Distrófico típico A moderado, textura argilosa, relevo plano;

PAd3 - Argissolo Amarelo Distrófico típico A moderado, texturas arenosa e média, associado ao Latossolo Amarelo Distrófico típico A moderado, textura média, relevo suave ondulado;

PAd4 - Argissolo Amarelo Distrófico típico A moderado, texturas arenosa e média, associado ao Neossolo Quartzarênico e ao Espodossolo Ferrocárbico, excessivamente arenoso, relevo plano apresenta drenagem interna imperfeita, impróprio para a agricultura, corresponde a 4,11% da área da microbacia;

PAd5 - Argissolo Amarelo Distrófico típico A moderado, texturas arenosa e média, associado ao Latossolo Amarelo Distrófico típico A moderado, textura média, relevo suave ondulado.

As subclasses PAd2, PAd3 e PAd5 são tipos de solos que não apresentam limitações ao emprego de máquinas e implementos agrícolas, porém caracterizam-se por moderado risco de susceptibilidade à erosão. Essas subclasses correspondem a 32,37% da área da microbacia.

Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAd) – solo mineral, medianamente profundo, bem drenado, textura média / argilosa, com os horizontes ***A, Bt*** e ***C*** em seqüência. Caracteristicamente de cor avermelhada, possui baixa fertilidade química, com valores de pH indicando acidez forte à moderada. Essa classe corresponde a 24,6% da superfície da microbacia hidrogáfica, compreendendo duas subclasses:

PVAd1 - Argissolo Vermelho - Amarelo Distrófico concrecionário A moderado, texturas média e argilosa associado ao Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico concrecionário A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado.

PVAd2 - Argissolo Vermelho - Amarelo Distrófico concrecionário A moderado, texturas média e argilosa, relevo suave ondulado e ondulado dissecado, associado ao Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico concrecionário A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado e ondulado.

As subclasses PVAd1 e PVAd2 são solos medianamente profundos, bem drenados, de baixa fertilidade química, com grande concentração de concreções

ferruginosas, com limitações ao emprego de máquinas e implementos agrícolas, com risco moderado e forte susceptibilidade à erosão, classificado como aptidão regular para pastagem plantada. Na visita de campo observou-se, além da pecuária e da agricultura de subsistência, a exploração de pedras e piçarras.

Gleissolo Háplico (GXbd) – corresponde a 6% da área da microbacia; é um solo mineral hidromórfico, pouco evoluído e profundo, com baixa permeabilidade, de textura argilosa. É desenvolvido a partir de sedimentos recentes do quaternário, sob forte influência do lençol freático próximo à superfície. Possui cor acinzentada com mosqueamento decorrente dos processos de redução e oxidação dos compostos de ferro que ocorre em meio anaeróbico. É de baixa fertilidade química e ocorre em áreas de relevo plano, acompanhando as margens dos cursos d'água sob vegetação natural de Floresta Equatorial Higrófila de Várzea, onde ocorre grande concentração de espécies de palmeiras como o açaizeiro (*Euterpe olerácea, Mart.)* e a buritiana (*Mauritias oculeata, H.E.K*). Nos limites da microbacia encontram-se duas subclasses a saber:

GXbd1 – Gleissolo Háplico Tb distrófico típico A moderado, textura argilosa, associado ao neossolo flúvico Tb Distrófico típico A moderado, textura argilosa, relevo plano;

GXbd2 – Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico A moderado, textura média, associado ao Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico A moderado, textura indiscriminada, relevo plano.

Neossolo flúvico (RUbd) - solo mineral hidromórfico com alto teor de material orgânico pouco evoluído, constituído de sedimentos aluviais, recentes, depositados periodicamente durante as inundações nas margens dos rios e igarapés. Apresenta perfil com o horizonte ***A***, sobrejacente às camadas estratificadas, sem relação

pedogenética entre si, com características físico-químicas diversas em decorrência da heterogeneidade dos sedimentos depositados em épocas diferentes. Com textura argilosa e siltosa, as camadas de sedimentos possuem cores cinzentas e escuras e não apresenta estrutura. Encontrado ao longo das margens dos rios e igarapés, nas áreas com grande concentração de espécies de palmeiras como o açaizeiro (*Euterpe olerácea, Mart*.) e buritirana (*Mauritia aculeate, H.B. K*). Corresponde a 16,58% da área da microbacia hidrográfica.

Latossolo Amarelo (LAd) – solo mineral com horizonte B latossólico, fortemente intemperizado, profundo, bem drenado, poroso e permeável, com horizontes A, BW e C em seqüência, com baixa relação textural e pouca diferenciação entre os horizontes . Os teores de argila variam de 110 a 270g/kg de solo no horizonte A e de 240 a 390 g/kg de solo no horizonte BW. Solo de baixa fertilidade química e fortemente ácido, o pH varia de 3.3 a 5.1 e a saturação por alumínio 69% a 87%. Os teores de matéria orgânica decrescem com a profundidade variando de 4.82 a 0.19g/kg de solo e os teores de fósforo muito baixos, ocorrendo apenas traços. Solo que no seu estado natural classifica-se em muito fraco a fraco em relação a risco de erosão, quando utilizado exige o uso de técnicas simples e intensivas no controle a erosão. Corresponde a 0.25% da área da microbacia.

Espedossolo Ferrocárbico (ESg) – solo mineral, excessivamente arenoso, pouco profundo a profundo, mal drenado, com perfil pedogenético bem diferenciado, onde o horizonte eluvial (álbico), extremamente lavado de coloração esbranquiçada, passa de forma abrupta para o horizonte **B**, espódico escuro de acumulação iluvial de húmus, composto de alumínio e ferro, duro quebradiço e com baixa permeabilidade, condicionando a encharcamento na época chuvosa (VIEIRA & SANTOS, 1987). Solo de baixa fertilidade química, fortemente ácidos, com

saturação de bases muito baixas e elevada saturação por alumínio. Constituí cerca de 0.06% da superfície da microbacia hidrográfica, atualmente, explorado para fornecimento de areias à construção civil, todavia sem planejamento de reconstrução ambiental, conforme observado em campo.

Segundo Valente *et al.* (2001) os solos GXbd e RUbd são aqueles que não apresentam riscos de erosão, mas são adequados para conservação de recursos naturais, indicados para proteção ambiental apesar no primeiro poder se dedicar a culturas de ciclo curto desde que adaptadas ao hidromorfismo do solo, enquanto que o segundo é inapto para agricultura.

Portanto, de um modo geral apenas os tipos de solos PAd1 e LAd, que correspondem a 27,51% da superfície da microbacia hidrográfica, são adequados para o uso agropecuário sem grandes tendências para erosão, desde que se utilizem técnicas adequadas de conservação de solos.

4.1.7. Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal corresponde à floresta ombrófila densa, de climas quentes úmido e superúmido, onde existe acentuada diminuição de chuvas no período mais seco. Caracteriza-se pela presença de árvores de grande porte com mais de 50m de altura, sobressaindo ao estrato arbóreo onde alcança de 20 a 60m, com a presença de palmáceas. Bastante modificada pelas atividades antrópicas, mas preservada ao longo de alguns trechos dos igarapés por alguns fazendeiros e pequenos agricultores, como por exemplo, alguns trechos ao longo do igarapé Apeú, da Agrovila de Boa Vista até a sua foz. As espécies de árvores mais encontradas são: castanha do Pará (*Bertholetia Excelsa*), bacuri (*Platonia insignis Mart.*), samaumeira (*Ceiba pentandra*), corticeira (*Pterocarpus Amazonicum Hub*), buriti

(*Mauritia flexuosa*), açaí (*Euterpe olerácea* Mart.), mamorana (B*ombax Paraensis Ducke*), paxiúba (I*riartea exorrhiza, Mart II Wendel*), escada de jabuti (*Bauhima sp*),ucuuba (*Virola surinamensis – Rol Warb*), andiroba (*Carapa Guianensis Hub*), pajeú (*Coccoloba latifólia*), jauari (*Astrocaryuni jauar Marti*), bambu (*guadua soderst*), aguapé (*Nymphas Nelumbo*) (FERREIRA, 1994; VALENTE, no prelo).

A fauna foi bastante destruída pela caça e pesca pedratória, mas ainda é possível encontrar-se nas áreas com resíduos de florestas, tamanduá, tatu e cobras diversas. Ainda, há muitas aves como: tucano, pica-pau, curió, sabiá, capitão do mato e outras, conforme se comprovou por ocasião das visitas ao campo.

Dentre as espécies de peixes presentes na bacia tem-se: peixes de escamas (traíra, piranha, jacundá, acará, aracu ou piau, pacu, pescada cachorro); peixes de pele (jandiá, surubim e arujá) aparecem, principalmente, no período chuvoso, que servem de alimento às comunidades ribeirinhas.

5 - OCUPAÇÃO HUMANA E SUA REPERCUSSÃO NA COBERTURA VEGETAL

5.1 - AGRICULTURA E PECUÁRIA

Segundo Ferreira *et al.,* (1994), a ocupação, ao longo do igarapé Apeú, iniciou-se por volta de 1883, com ao assentamento dos trilhos da via férrea que ligaria os municípios de Belém a Bragança, ambos no Estado do Pará.

Ainda, de acordo com Ferreira *et al.,* (1994), antes da construção da Belém – Brasília, os agricultores que habitavam a área da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú exportavam a sua produção por meio da Estrada de Ferro Belém – Bragança, cujos trilhos cortavam áreas dos municípios de Castanhal e Santa Izabel do Pará, e o núcleo colonial do atual município de Inhangapi estava ligado a essa estrada no km 75, por uma estrada de 3km de extensão que dava acesso à Vila de Castanhal, e também, pelo curso do Igarapé Apeú, confirmado pelos antigos moradores das Agrovilas de Boa Vista e Macapazinho.

A exploração agrícola em pequenos sítios de cultivos como o café, mandioca, arroz, milho e feijão, estava associada à exploração extrativista do açaí, castanha do Pará, seringueira, etc. e a avicultura de subsistência.

A construção da BR-316, em 1960, a aprovação dos primeiros projetos agropecuários a partir de 1968 pela ex-SUDAM e a liberação de recursos financeiros do Fundo de Investimentos da Amazônia - FINAM contribuíram para a vinda de grandes empresas agropecuárias que se instalaram na área rural, provocando o fortalecimento da agricultura temporária e permanente, da pecuária de corte e leiteiro, e da avicultura na área da microbacia.

De acordo com as informações do Engenheiro Agrimensor Raimundo Adalberto Torres, que executou as delimitações das fazendas instaladas na área da

microbacia do igarapé Apeú, as dimensões das mesmas variam de 300 a 900ha, todas com pastagens plantadas.

As propriedades com áreas de 20 a 100 hectares refletem o processo inicial de ocupação em lotes oficiais de 25 hectares, enquanto o aparecimento com lotes com menos de 20 hectares resultam do processo de desmembramento entre famílias, ou dos assentamentos constituídos durante a década de 90. Esses estabelecimentos, por tratarem de unidades camponesas, são responsáveis pela geração de trabalho e renda para a maioria das pessoas do setor agropecuário. Nessas propriedades, predomina a mão-de-obra familiar, que utiliza baixa mecanização (SARMENTO *et al.,* no prelo).

Segundo as pesquisas de campo, verificou-se que há presença de assentamentos provocados pelas invasões no campo, como por exemplo na agrovila de São João, pois cerca de 7,1% das propriedades provêm desse tipo de assentamentos, assim como há propriedades provenientes de herança; cerca de 57,2% dessas propriedades ocorrem na agrovila de São João e 45,5% na agrovila de Trindade às margens do igarapé São João.

Essas pequenas propriedades dedicam-se, principalmente, às culturas temporárias, que são: mandioca, feijão e milho. Todavia, com o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF e o apoio da Empresa de Assistência Técnica e Expansão Rural do Estado do Pará – EMATER-PA, esses pequenos agricultores estão se unindo em associações e diversificando os tipos de cultivo como é o caso da Associação de Boa Esperança, em Vila Trindade, composta pelos agricultores que vivem ao longo do Igarapé São João e do Igarapé Apeteua, cujos agricultores além de se dedicarem às culturas acima mencionadas e

as perenes, como o cupuaçu, banana e coco, aumentaram as áreas de cultivo do açaí e o seu extrativismo.

Nas fazendas agropecuárias e agro-industriais com os financiamentos do Fundo Constitucional de Financiamento do Norte – FNO Rural, também houve uma diversificação de culturas temporárias e permanentes, além do feijão, mandioca e milho, atualmente, têm-se o arroz; nas permanentes introduziram acerola, maracujá, laranja, cacau, manga, cupuaçu, dendê, graviola, malva, melancia, etc. Com relação à pecuária, a mesma tem abastecido o mercado produzindo leite, carne, fornecendo couro, carcaça e sebo para as indústrias de transformação, e a avicultura (SARMENTO *et al.,* no prelo).

A avicultura é a que tem mais crescido nos três municípios, e a produção anual, em 1999, em Inhangapí, foi de 135.500 cabeças, em Santa Izabel de 616.420 cabeças e em Castanhal de 672.000 cabeças (IBGE, 2000).

Essas modificações na exploração agropecuária contribuíram para mudanças na paisagem da microbacia, como o aumento da área de capoeira baixa + cultura temporária + pastagem. Baseando-se nas informações de Valente (2001), *ib idem* e Valente *et al.,* (no prelo)*,* delineou-se e quantificou-se essas mudanças, conforme a Tabela 6 e a Figura 23.

Tabela 6 - Distribuição das paisagens na área da microbacia do Igarapé Apeú.

Classes	Área km²	Porcentagem %
Área urbana	16,18	5,22
Capoeira baixa+cultura temporária +pastagem	67,57	21,82
Capoeira baixa +pastagem	53,48	17,27
Capoeira média +pastagem	9,44	3,05
Pastagem	25,12	8,1
Cultura do dendê	61,26	19,78
Floresta ombrófila densa de planície aluvial	39,18	12,65
Capoeira alta	12,28	3,96
Capoeira média	6,65	2,15
Capoeira baixa	13,12	4,24
Macega	0,26	0,08
Psicultura	1,17	0,38

Elaborado por SANTOS, O. C. de O. 2004.

Essas mudanças refletiram na distribuição da população rural dos municípios. Em 1980 a população rural do distrito do Apeú (município de Castanhal) era de 1.407 habitantes, no distrito de Americano (município de Santa Izabel), cuja uma parte desse distrito pertence à bacia do igarapé Apeú, a população era de 1.200 habitantes e no município de Inhangapí cerca de 6.725 habitantes, (IBGE, 1980). Em 2000 a população rural passou para 2.912 habitantes no distrito do Apeú, 3.524 habitantes no distrito de Americano e no município de Inhangapí para 5.645 (IBGE, 2000), portanto houve um aumento nas populações rurais de 65,9 % no distrito de Americano e 51,68% no distrito do Apeú, e no município de Inhangapí houve uma diminuição de 0,19%.

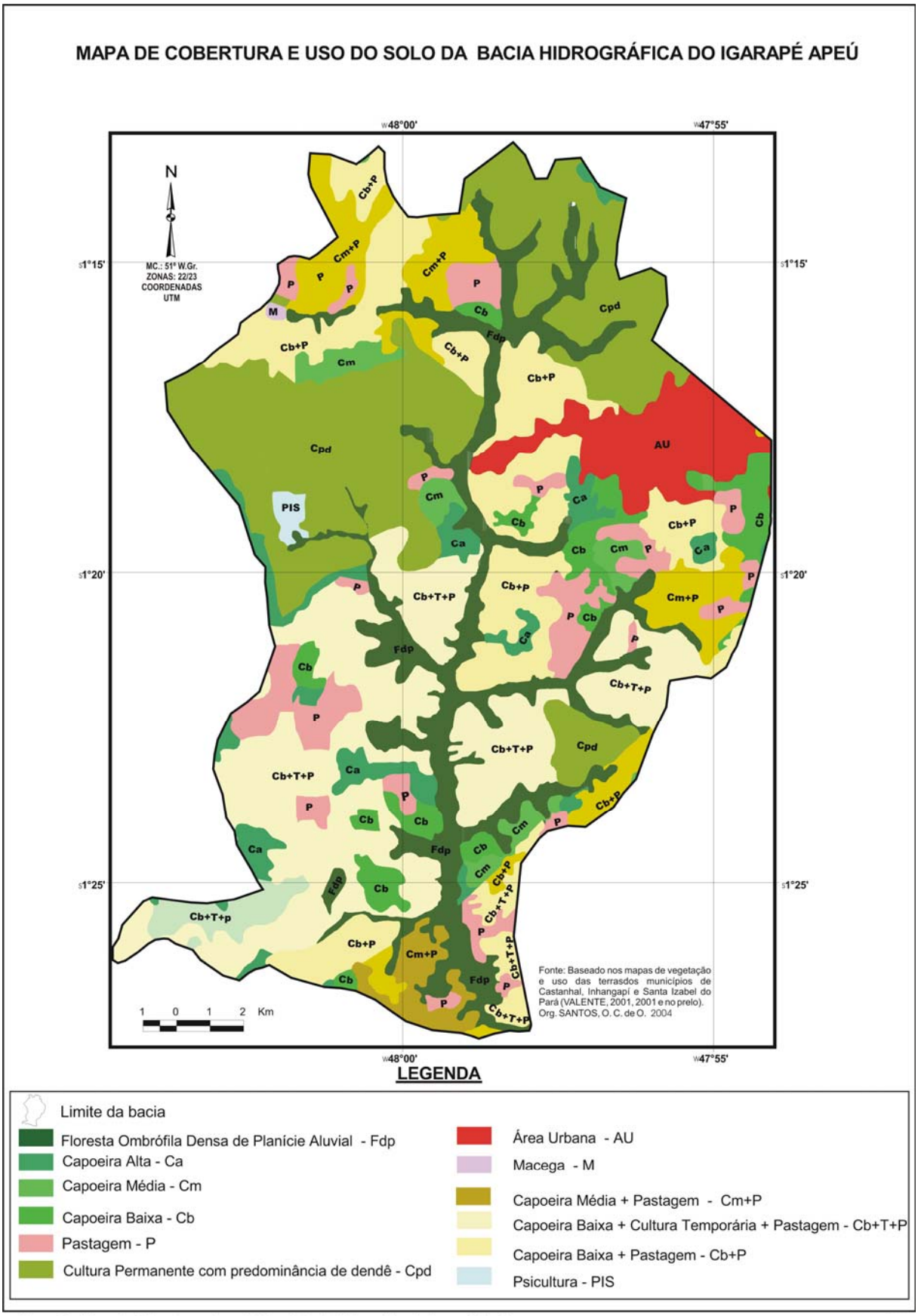


Figura 23 - Mapa de Cobertura e Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do Igarapé Apeú

De acordo com os resultados da Tabela 6, nota-se além da capoeira baixa + cultura temporária + pastagem, uma grande área de cultivo de dendê que sobrepõe as demais classes, e visualiza-se uma urbanização.

Ao analisar a imagem de satélite LANDSAT 7- ETM+ verificou-se a presença da capoeira entremeando áreas cultiváveis e pastagens assim como a exploração de areais e aumento da área de Urbanização, conforme a Tabela 7 e a Figura 24.

Tabela 7 - Tipos de uso da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú. Imagem LANDSAT 7 – ETM^+. Período Julho 2003.

Classes	Área km²	Porcentagem %
Floresta ombrófila densa e aluvial	16,81	5,43
Capoeiras+áreas cultivadas	118,67	38,31
Pastagem	118,91	38,39
Área urbana	31,89	10,30
Solo exposto	20,31	6,56
Areal	1,0	0,32
Lagos	1,40	0,45
Nuvem	0,31	0,1
Sombra	0,43	0,14
Total	309,73	100%

Elaborado por SANTOS, O. C. de O. 2004.

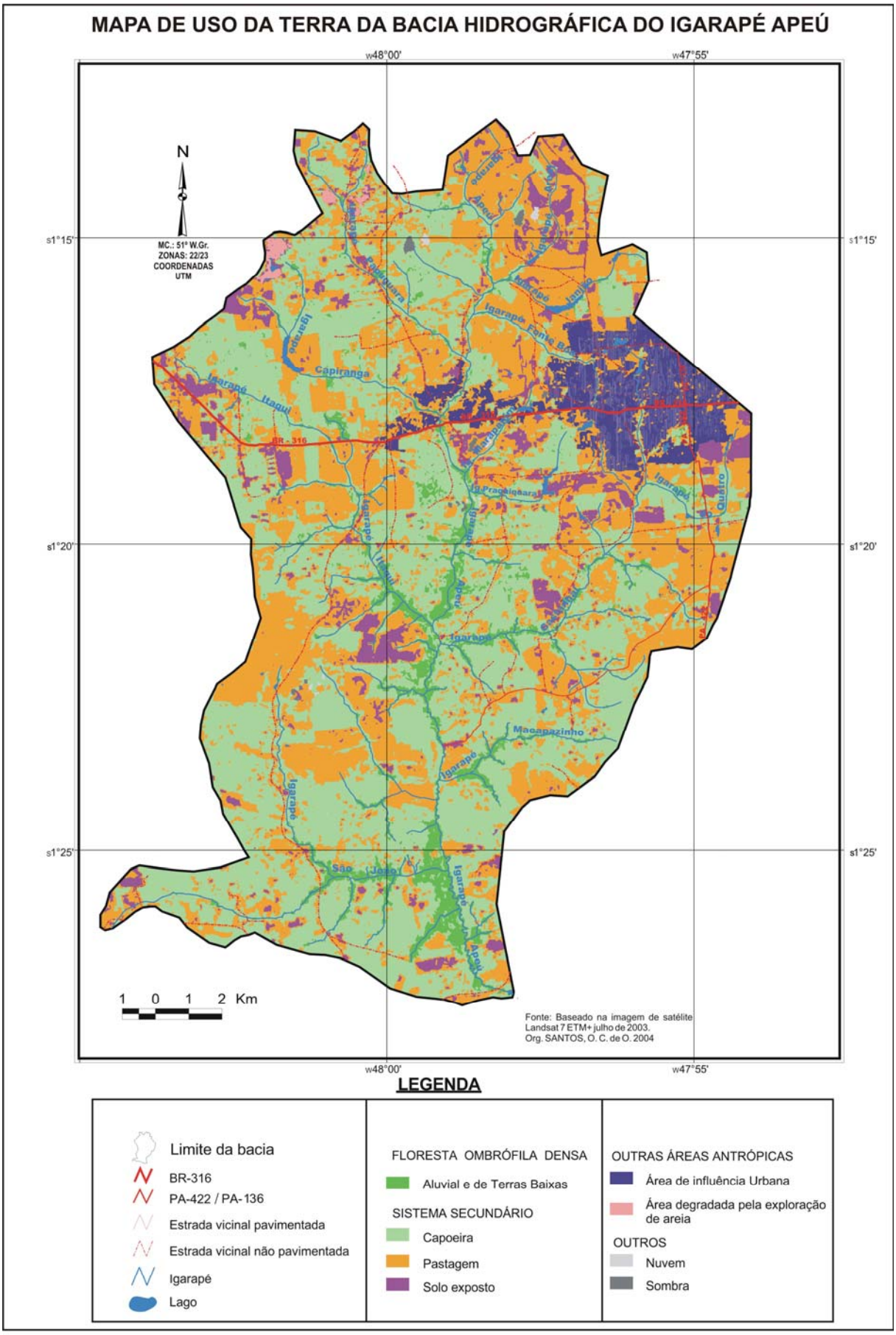


Figura 24 - Mapa de Uso da terra da Bacia Hidrográfica do Igarapé Apeú

Ao comparar os dados das Tabelas 6 e 7, notou-se que as áreas de floresta reduziram em 43% entre 1995 e 2003, havendo um grande avanço das pastagens e capoeiras + áreas cultivadas, ocupando cerca de 76,70%.

Não se detectou nenhum plantio de grande envergadura da cultura do dendê na imagem de satélite de 2003, o que se observou foi pastagem, solo desnudo, capoeira e áreas cultiváveis e areal, etc, paisagens comprovadas por ocasião do trabalho de campo.

A expansão das pastagens está vinculada aos financiamentos do Fundo Constitucional de Financiamento do Norte – FNO aos grandes e médios fazendeiros, e aos problemas financeiros enfrentados pelos pequenos agricultores que, desestimulados, são obrigados a venderem suas propriedades aos fazendeiros ampliando, desse modo, as áreas de pastagens.

Nem todos os agricultores têm o título de propriedade de terra, conforme se pode averiguar na analise dos questionários (Anexos) distribuídos entre os pequenos agricultores da sub-bacia do igarapé São João, Tabela 08, e por isso não têm acesso aos financiamentos do FNO. Aqueles que conseguiram empréstimos comentaram que os mesmos não foram concedidos em espécie, mas em forma de adubos e mudas. Segundo esses agricultores, as mudas são de culturas com as quais não estão familiarizados, isto é, habituados a plantá-las e a manejá-las, e de difícil comercialização, visto que não são procuradas pela população, e o escoamento da produção é prejudicado pelo alto custo do frete cobrado para transportá-las, principalmente no período chuvoso, quando as estradas vicinais tornam-se quase intrafegáveis.

Tabela 8 - Distribuição dos pequenos agricultores em relação título de propriedade da terra. Sub-bacia do Igarapé São João. Julho de 2003.

Agrovilas	Possuem %	Não Possuem %	Protocolo %	Total %
Apeteua	66,7	33,3	-	100
São João	57,2	42,8	-	100
Trindade	63,6	18,2	18,2	100
Outras	100	-	-	-

Elaborado por SANTOS, O. C.de O. 2004.

Verificou-se que a maioria dos agricultores desconhece o tipo de solo de suas propriedades, logo se crê que isso interferiu no manejo adequado do adubo para as culturas, implicando na baixa e perda da produção das mesmas, advindo daí prejuízos na produção e a falta de recursos financeiros para saldar suas dívidas em dia com o Banco da Amazônia S/A. Por isso, esses pequenos produtores voltaram a dedicar-se às culturas temporárias, que são: mandioca, feijão e milho, e a criação de aves e suínos.

Para contornarem a má situação financeira, alguns agricultores resolveram se reunir em associações, diversificando os tipos de cultivo, como é o caso das associações de: Desenvolvimento Rural de Macapazinho (igarapé Apeú) e de Boa Esperança; esta já mencionada anteriormente, cujos agricultores além de se dedicarem às culturas acima mencionadas e as perenes como o cupuaçu, banana e coco, aumentaram as áreas de cultivo do açaí e o seu extrativismo. Outros produzem e vendem carvão, ou trabalham nas fazendas como diaristas, ou trabalham nas carvoarias, enquanto que suas esposas e filhos menores ficam trabalhando nas propriedades.

De modo geral, parte da população das agrovilas ganha menos de um salário mínimo, com exceção dos moradores da agrovila do Itaqui e distrito do Apeú cuja faixa salarial da população está em torno de 2 a 3 salários mínimos.

Alguns agricultores que fazem parte do Programa Nacional de Agricultura Familiar estão descontentes com a atuação do mesmo, mas não explicaram o porquê.

As pastagens são todas plantadas, distribuídas ao longo de toda microbacia hidrográfica, concentradas, principalmente, nas nascentes do igarapé Apeú e dos seus afluentes Fonte Boa e Janjão e do subafluente Areal, (Figura 24).

Grande parte das fazendas dedica-se ao gado de corte, algumas ao gado de corte e de engorda, de bovino e caprino como a Fazenda Morro Verde, outras, a produção de leite e gado de corte, e ainda há fazendas que além do gado de corte dedicam-se ao cultivo do feijão, mandioca, milho, banana e melancia, atualmente estão introduzindo arroz, e culturas permanentes como: acerola, cacau, cupuaçu, graviola, laranja, manga, maracujá, dendê, malva. Existem fazendas que, além do gado de corte bovino e caprino, desenvolvem a avicultura e estão executando reflorestamento visando a venda de madeira e de tinta, utilizando espécies locais como a pariquara, mogno e a uma espécie asiática chamada teca, como por exemplo a Fazenda Flamboyant.

As pastagens geralmente seguem até cerca de 5 m das margens dos igarapés, ou até às margens dos igarapés e, em muitas fazendas, a vegetação rasteira é destruída, sendo preservada apenas as árvores maiores, permitindo a presença do gado no seu interior, proporcionando espaços para chegarem até os igarapés para dessedentação.

O solo exposto corresponde a áreas preparadas para cultivo ou para pastagem, ou de exploração de mineral, ou ainda terrenos destinados, para construção de conjuntos habitacionais.

5.2 - MINERAÇÃO

A mineração na área é representada pela exploração de pedras, piçarra e areia.

O areal explorado em uma área de solos Espedossolo e Argissolo Amarelo (PAd1, PAd2 e PAd4), ocupada por uma capoeira, a qual está sendo desmatada, para possibilitar a exploração de areias, principalmente nas sub-bacias dos igarapés Capiranga e Papuquara. A exploração mineral é realizada no interior das fazendas, (Figura 25 **A**), ou em propriedades de pequenos agricultores que alugam essas áreas para explorarem o areal e posteriormente plantarem mandioca, segundo informações obtidas em campo com o agricultor Zé Marinho, proprietário de um desses lotes (Figura 25 **B**).

Figura 25 (**A**) e 25 (**B**) – Exploração do areal na fazenda (A) e na pequena propriedade (B), agrovila de Pacuquara, município de Castanhal. Julho de 2002.

A exploração é realizada pela iniciativa privada e pelas prefeituras dos municípios como a de Castanhal, sem licença da Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Pará – SECTAM. Até 2004, somente a Empresa Importadora e Exportadora Oceano, situada no Município de Santa Izabel do Pará, havia solicitado licenciamento para exploração à SECTAM, mas não foi apresentado nenhum projeto

de recuperação da área. Por isso não se tem idéia em números da produção de areia desses areais.

Observou-se também que esses areais são explorados sempre que possível até atingir o lençol freático e posteriormente abandonados, proporcionando o escoamento do lençol freático em direção aos igarapés, como no caso do Papuquara, Figura 26.

Figura 26 - Surgimento do lençol freático devido à exploração de areia, sub-bacia do Igarapé Papuquara, município de Castanhal – PA.

Ao analisar os sedimentos do areal explorado e abandonado devido ao aparecimento de argila, no interior de uma fazenda, localizada na sub-bacia do igarapé Papuquara, verificou-se uma variação na textura dos sedimentos entre 0,20m e 1,0m, cuja areia fina e o silte predominaram na profundidade de 1,0m Tabela 9.

Tabela 9 - Textura dos sedimentos a 0,20 e 1,0m de profundidade do areal. Novembro de 2002, Município de Castanhal.

Profundidade (m)	Textura g/kg			
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
0,20	530	400	30	40
1,0	440	470	70	20

Elaborado por SANTOS, O.C.de O. 2004.

Em ambas profundidades ficou comprovada a textura arenosa, e foram realizadas as análises de fertilidade para ter-se a proporção de matéria orgânica porque, segundo alguns pequenos produtores, após a exploração das areias em suas propriedades, quando são abandonadas, plantam mandioca.

De acordo com os resultados das análises, Tabela 10 verificou-se que as concentrações de cálcio, cálcio+magnésio e alumínio são semelhantes aos encontrados nos sedimentos das ravinas e voçorocas das áreas pesquisadas. A quantidade de matéria orgânica encontrada é quase nula.

Tabela 10 - Fertilidade do solo na área do areal, sub-bacia do Papuquara, Município de Castanhal. Novembro de 2002.

Profundidade (m)	Elementos químicos									
	pH	N %	MO %	P mg/dm³	K^+ mg/dm³	Na^{++} mg/dm³	Ca^{++} cmol/ dm³	$Ca^{++}+Mg^{++}$ cmol/ dm³	Al^{++} cmol/ dm³	H+Al cmol/ dm³
0,20	5,9	0,2	0,002	1,0	2,0	0	0,4	0,6	0,2	0,165
1,0	5,6	0,2	0,002	1,0	2,0	0	0,4	0,6	0,3	0,165

Elaborado por SANTOS, O.C.de O., 2004.

A pequena quantidade de argila e a quase falta de matéria orgânica contribuíram para grande lavagem das concentrações de cátions trocáveis, resultando nas baixíssimas concentrações desses cátions trocáveis.

5.3 - ESTRADAS

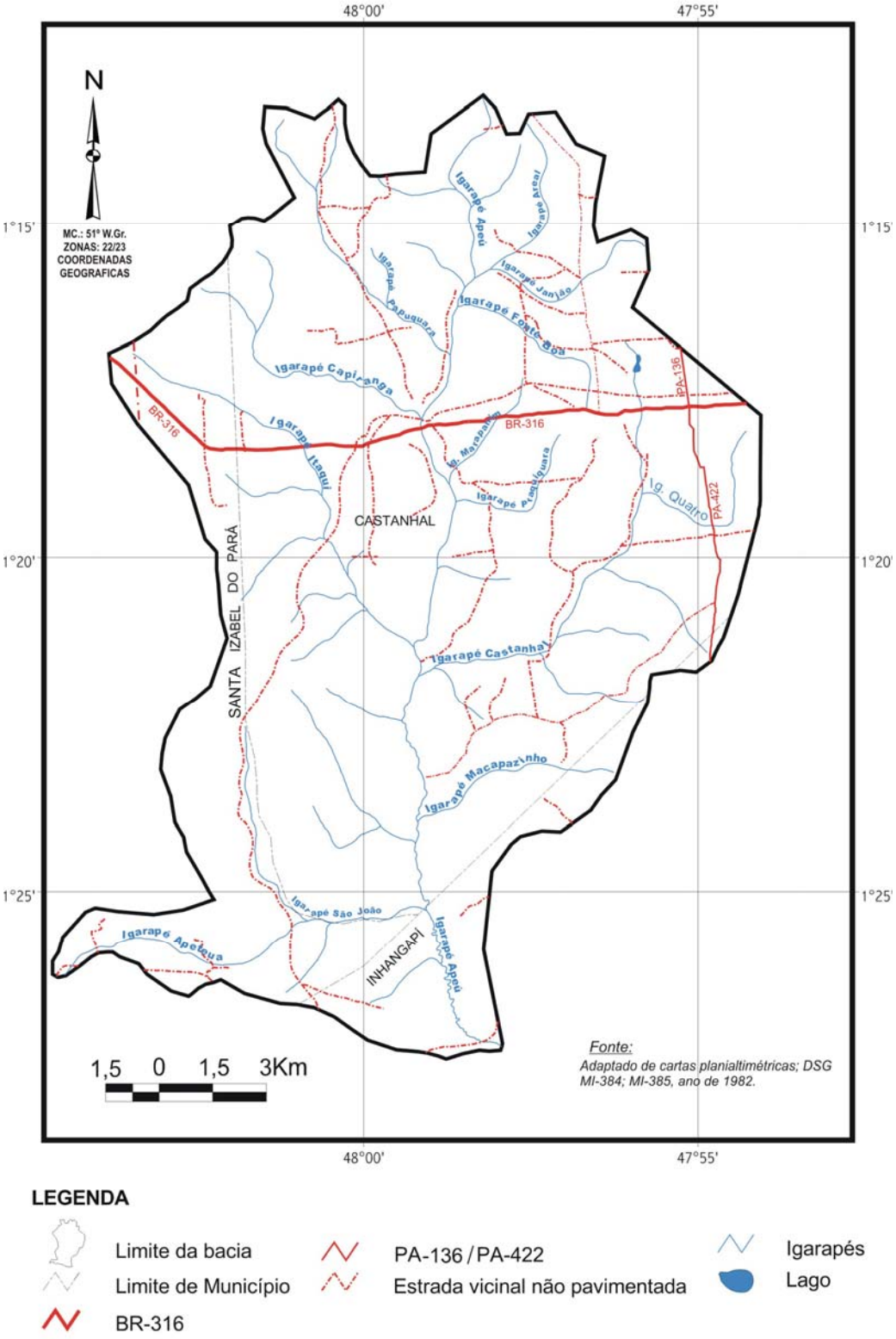
Para o transporte, tanto da produção mineral como dos produtos agrícolas, várias estradas vicinais foram construídas por volta da década de 70.

Ao comparar o traçado atual das estradas com as que constam nas cartas do DSG de 1978, escala 1:100.000 (Figura 27), verificou-se que não houve modificações, apenas as PA - 136 e 422, as vicinais Transapeú e a que liga a agrovila de Macapazinho a PA - 422 que foram pavimentadas. Dessas, apenas a Transapeú apresenta canaletas em seu percurso, as demais vicinais continuam em

piçarras com a presença de erosão, como a que liga o distrito do Apeú a Agrovila de Pacuquara (Figura 28), e outras em forma de caminhos.

As estradas em forma de caminho levam os agricultores a transportarem, em sacos, os produtos agrícolas hora à pé, hora em carrinhos de mão, ou em lombo de cavalos até alcançarem a estrada onde há tráfego normal. No período chuvoso, essas estradas em forma de caminho, pelo acúmulo de água, tornam, ainda mais caótico o deslocamento desses pequenos agricultores.

No período chuvoso, as estradas vicinais sem canaletas, isto é, sem ter obras especificas para drenagem, usadas para o tráfego normal, por causa da maior freqüência e da maior intensidade das chuvas, e do transporte pesado de caçambas transportadoras de areia, piçarra e pedra, e dos caminhões transportadores de gado, transformam-se em lamaçais, prejudicando o deslocamento de veículos pequenos como camionetes, kombis, etc. Os próprios caminhões transportadores de gado ficam atolados, sendo auxiliados pelos tratores das fazendas para saírem dos atoleiros, conforme se pode averiguar por ocasião das visitas de campo. O frete nesse período fica mais caro, e têm-se dificuldades em obter condução para deslocar-se até as agrovilas e povoados.



LEGENDA

Limite da bacia
Limite de Município
BR-316
PA-136 / PA-422
Estrada vicinal não pavimentada
Igarapés
Lago

Figura 27 – Mapa com o traçado das estradas localizadas na microbacia hidrográfica do Apeú

Figura 28 – Estrada vicinal de ligação do Distrito do Apeú a Agrovila de Pacuquara, município de Castanhal – PA, apresentando erosão.

Para recomposição dessas estradas, as prefeituras dos municípios retiram geralmente do entorno das estradas, piçarras dos tabuleiros e terraços que compõem o relevo da área da microbacia conforme se comprovou por ocasião das visitas ao campo durante a pesquisa (Figura 29)

Figura 29: Apresenta a técnica usada pelas prefeituras dos municípios na recuperação das estradas vicinais.

5.4 - URBANIZAÇÃO

A urbanização nos municípios que ocupam a área da microbacia hidrográfica aumentou, principalmente nos municípios de Castanhal e Santa Izabel. De acordo com o censo demográfico de 1980 IBGE (1980), a população urbana no município de Castanhal era de 53.324 habitantes, dos quais cerca de 1.595 moravam no Distrito do Apeú; no município de Santa Izabel do Pará foi de 14.244 habitantes, sendo que 1.447 desses habitantes viviam no Distrito de Americano; em 2000 a população urbana de Castanhal era de 121.249 habitantes, sendo que 2.912 ocupavam o Distrito do Apeú, em Santa Izabel a população urbana passou para 33.078 habitantes, dos quais 3.498 estão no Distrito de Americano IBGE (2000).

Desse modo, cerca de 90,14% e 96% das populações de Castanhal e de Santa Izabel do Pará, respectivamente, estão localizada na área urbana e apenas 26,50% dos habitantes do município de Inhangapí ocupam a área urbana, todavia, não se tem contabilizado quanto dessa população urbana está fixada sobre a microbacia hidrográfica do Apeú. Vale salientar que desses municípios que compõem a microbacia, apenas o de Castanhal possui parte da zona urbana dentro da microbacia.

Baseando-se nas informações de Valente *et al*. 2001, *ib idem*, e Valente *et al*. (no prelo), ao delimitar a área urbana na microbacia hidrográfica obteve-se de 5,22% em 1995 conforme consta na Tabela 6, e de acordo com a imagem de satélite LANDSAT de 2003 a área delimitada foi de 10,30% mostradas anteriormente na Figura 24 e Tabela 7. Portanto, o aumento da população urbana fez-se sentir sobre a área da microbacia, o exemplo disso é que os igarapés Fonte Boa e Castanhal, atualmente têm as suas nascentes dentro da área urbana; cerca de 5,8km do Igarapé Castanhal dentro da cidade de Castanhal é canalizado, Figura 30 .

Figura 30 - Trecho do Igarapé Castanhal canalizado na área urbana do município de Castanhal – PA.

O aumento da população urbana está associado à desativação da estrada de ferro Belém-Bragança, em 1960, e a construção da BR364, contribuíram para que muitos agricultores abandonassem a área rural de Castanhal, indo em direção à faixa urbana, visto que sem a estrada de ferro houve o encarecimento do transporte para o escoamento da produção; além do mais, a abertura da rodovia Belém-Brasília facilitou a vinda de grandes empresas agropecuárias, que se instalaram na área rural. Por outro lado, em 1965, tem-se a instalação da Indústria de Produtos Alimentícios S/A – IPASA, atualmente, chamada de Hiléia e a Companhia Têxtil de Castanhal (1966), e em 1983 a Mariza Indústria e Comércio da Amazônia Ltda, fábricas de móveis, etc. que absorveram uma pequena parte da mão-de-obra proveniente da zona rural em serviços gerais, porque não possuíam qualificação adequada para desempenhar outras funções nessas empresas.

As instalações de indústrias e fábricas fortaleceram a presença de serviços como bancos, comércio, etc., favorecendo a vinda não só dos habitantes rurais, mas de pessoas de outros municípios e estados.

O aumento que vem ocorrendo na população urbana do Distrito do Apeú está relacionado à pavimentação da estrada vicinal Transapeú, a qual dá acesso à

BR316 e ao centro da cidade de Castanhal; à transferência das instalações Mariza Indústria e Comércio da Amazônia Ltda em 1997 para o Distrito; à instalação de fábricas de móveis e de outras firmas prestadoras de serviços.

Desse modo, observa-se que houve uma grande mudança na cobertura vegetal da microbacia hidrográfica em que apenas 5,43% da área correspondem a Floresta ombrófila densa e aluvial.

A evolução da população urbana na microbacia hidrográfica do Igarapé Apeú preocupa porque, apesar da população dos municípios de Castanhal e Santa Izabel do Pará ser superior a 20.000 habitantes, os municípios não possuem Plano Diretor.

O Plano Diretor é um conjunto de princípios e regras orientadoras da ação dos atores que produzem e se apropriam do espaço urbano. Deve ser simples, de fácil entendimento para facilitar as discussões, a fim de ser apropriado e defendido por toda a população, formado por regras básicas, que unam a ação dos agentes públicos e privados, produtores do espaço urbano. A população deve assumi-lo e ultrapassar a hierarquia administrativa, porque o mesmo é o instrumento da reforma urbana, garantindo inteiramente o desenvolvimento das funções sociais da cidade e a completa realização de função social da propriedade (ROLNIK et al, 1990).

De acordo com Constituição de 1988, no capítulo destinado à Reforma Urbana (GUIMARÃES & ABICALIL, 1990; RIBEIRO, 1990), toda cidade com mais de 20.000 habitantes deve ter um Plano Diretor, que norteie as suas atividades, para que os seus administradores tenham acesso a recursos financeiros federais, para a implantação de políticas públicas que visem melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes.

A maneira de utilização da microbacia hidrográfica do Apeú tem implicado na atuação de processos erosivos, logo é necessária a criação de um Plano Diretor

para as cidades dos municípios que compõem essa microbacia hidrográfica, e um planejamento mais racional para as atividades econômicas que se desenvolvem na área rural.

6 – EROSÃO

6.1 – FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A EROSÃO

Dentre os fatores que contribuem para o aparecimento dos processos erosivos têm-se a declividade que influencia na velocidade do escoamento superficial.

De acordo com as declividades existentes na microbacia (Figura 21), observou-se que cerca de 65,95% da microbacia apresentam valores de declividades de 0 a 2% , 22,6% correspondem a declividades de 2% a 4%, 4,88% correspondem a declividades de 4 a 5%, 2,93% e 1,93% da área correspondem às declividades de 5 a 6% e 6 a 7%, respectivamente. Outros intervalos declividades totalizam 1,71% área da microbacia. Conforme Cooke & Doornkamp (1974), declividades no intervalo de 0 a 2% permitem todos os usos, dentre eles, agricultura mecanizada e desenvolvimento urbano, sendo crítico apenas para pistas de aeroporto internacional, e de 2 a 4% é crítico para transporte ferroviário de carga e passageiros, veículos comerciais, pistas de aeroporto local, plantio e cultivo livre. As restrições surgem a partir das declividades de 4 a 5%, todavia para construções de rodovias principais. Os problemas de riscos de erosão do solo começam a ocorrer somente quando as declividades são superiores a 5%. No caso da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú apenas 6,49% de sua superfície corre esse risco e cerca de 0,08% estão sujeita, além da erosão, a ocorrerem deslizamentos.

Portanto, de acordo com a declividade existente na microbacia hidrográfica do igarapé Apeú cerca de 93,43% da área dessa microbacia não possui restrições de uso e ocupação do solo, logo o relevo da microbacia não favorece a erosão, mas as

características dos tipos de solos, as condições hídricas e a ação do homem sobre a área da microbacia são responsáveis pela ocorrência da erosão na microbacia.

Cerca de 32,37% dos solos da microbacia são moderadamente susceptíveis à erosão, 28,71% fortemente susceptíveis à erosão, 11, 35% adequados para projetos de proteção ambiental, todavia a ocupação da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú com a agricultura inicialmente do cultivo extensivo, e depois o cultivo comercial da pimenta do reino e nas três últimas décadas a pecuária, isto é, a criação de gado não levou em consideração essas limitações, contribuindo para que os processos erosivos se desencadeassem.

A retirada da cobertura vegetal, para a preparação do solo o deixa desprotegido à ação da chuva, porque a densidade da cobertura vegetal é importante para o amortecimento da gota ao cair sobre o solo, por outro lado grande parte da chuva fica retida nas folhas das árvores, cerca de 80%, contribuindo para evapotranspiração.

A utilização das queimadas para limpeza do terreno tem também contribuído para a aceleração da erosão. As queimadas, também prejudicam o solo provocando mudanças geomórficas, afetando a complexa interação entre o solo, a hidrologia, clima, a vegetação e a vida microbiana do solo. Por causa das altas temperaturas que o solo atinge, que podem chegar a mais de 100 ºC, ocorre uma alta percentagem de perda do solo, provocada pela erosão, que sempre ocorre após a queimada (INBAR *et al.,* 1998), causando a perda da sua bio-estrutura (PEREIRA & ALMEIDA, 1998).

Por isso que Wolman (1967), ao comparar as erosões entre áreas florestadas e uma área de agropecuária de Gundpowder Falls, M D, em Piedmont de Maryland,

Estados Unidos, verificou que as primeiras alcançaram 100t/km² ano, enquanto que na segunda atingiu 800t/km² ano.

Os ravinamentos e voçorocamentos estão presentes por toda área da microbacia, Figura 31. As voçorocas monitoradas nas Fazendas Buriti e Morro Verde se desenvolveram num tipo de solo PAd4, que não é indicado para atividades agrícolas e sim pecuária, e realmente nessas fazendas predomina a criação de gado, todavia, na fazenda Buriti, há alguns cultivos perenes e temporários.

Figura 31 - Erosão no interior do pasto, Fazenda Bom Jesus, município de Castanhal –PA.

A maior perda de solo na voçoroca monitorada na Fazenda Buriti ocorreu no período de 23 de outubro a 26 de novembro de 2002, cerca de 2,29m, Tabela 11, e na direção da estaca 14 entre a borda da voçoroca, atingindo cerca de 2,07m (Figura 32); essa perda foi grande porque o solo estava muito seco e o gado passava entre a borda da voçoroca e a estaca 14. Ao longo do período das medições a voçoroca apresentou uma perda de solo de 6,03m.

Tabela 11 - Avanço das voçorocas, nas Fazendas Buriti e Morro Verde, em metros. Município de Castanhal, PA. Período Outubro 2002 a Julho de 2003.

Local	Período								
	2002	2002/03	2003						
	23/10 a 26/11	26/11 a 21/01	21/01 a 15/02	15/02 a 26/03	26/03 a 17/04	17/04 a 30/05	30/05 a 19/06	19/06 a 30/07	Total
Fazenda Buriti	2,29	0,14	0,24	1,22	0,36	0,97	0,54	0,27	6,03
Fazenda Morro Verde	2,43	1,3	1,58	4,37	2,22	1,55	0,0	0,0	13,45

Elaborado por SANTOS, O.C.de O. 2004.

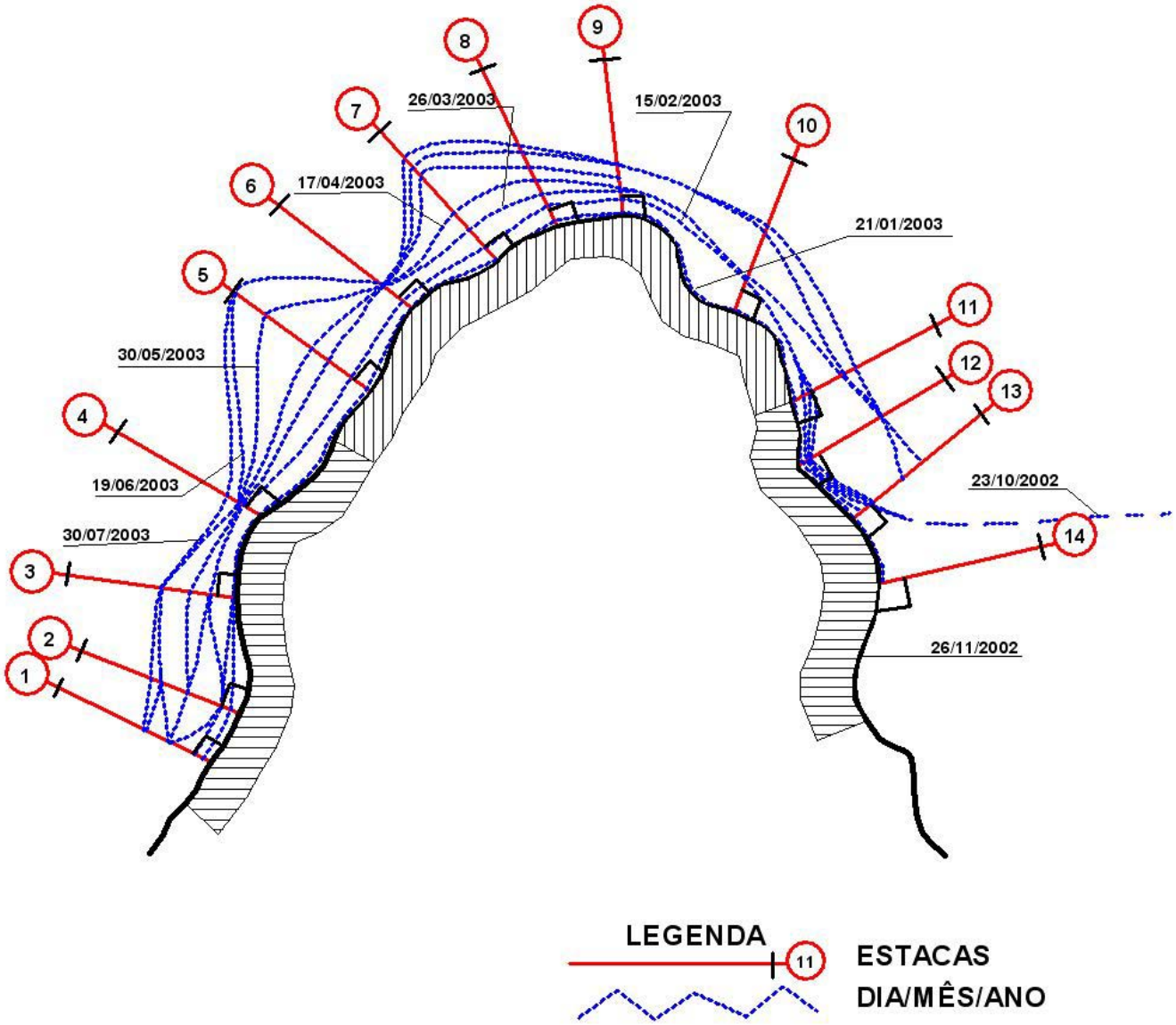


Figura 32 – Evolução da perda de solo da voçoroca em metros, na fazenda Buriti, município de Castanhal. Período de Outubro de 2002 a Julho de 2003.

Nessa fazenda houve uma construção para diminuir o avanço da voçoroca em direção à drenagem do igarapé Apeú, Figura 33.

Figura 33 - Construção para obstruir o avanço da voçoroca no interior da Fazenda Buriti, município de Castanhal – PA.

Na fazenda Morro Verde observou-se que entre o mês de outubro a novembro de 2002, da borda da voçoroca em direção a todas as estacas houve perda de solos, (Figura 34); a quantidade total de erosão de outubro de 2002 a julho de 2003 foi da ordem de 13,89m, Tabela 11. Ao longo do período da pesquisa, verificou-se o afloramento de vários “olhos d’água” no interior da voçoroca (Figura 35A), iniciando a formação de um lago, (Figura 35B). Observou-se, também, que nas paredes da voçoroca outras formas erosivas existem como alcova de regressão, filetes de escoamento, quedas de torrões, etc., (Figura 35C).

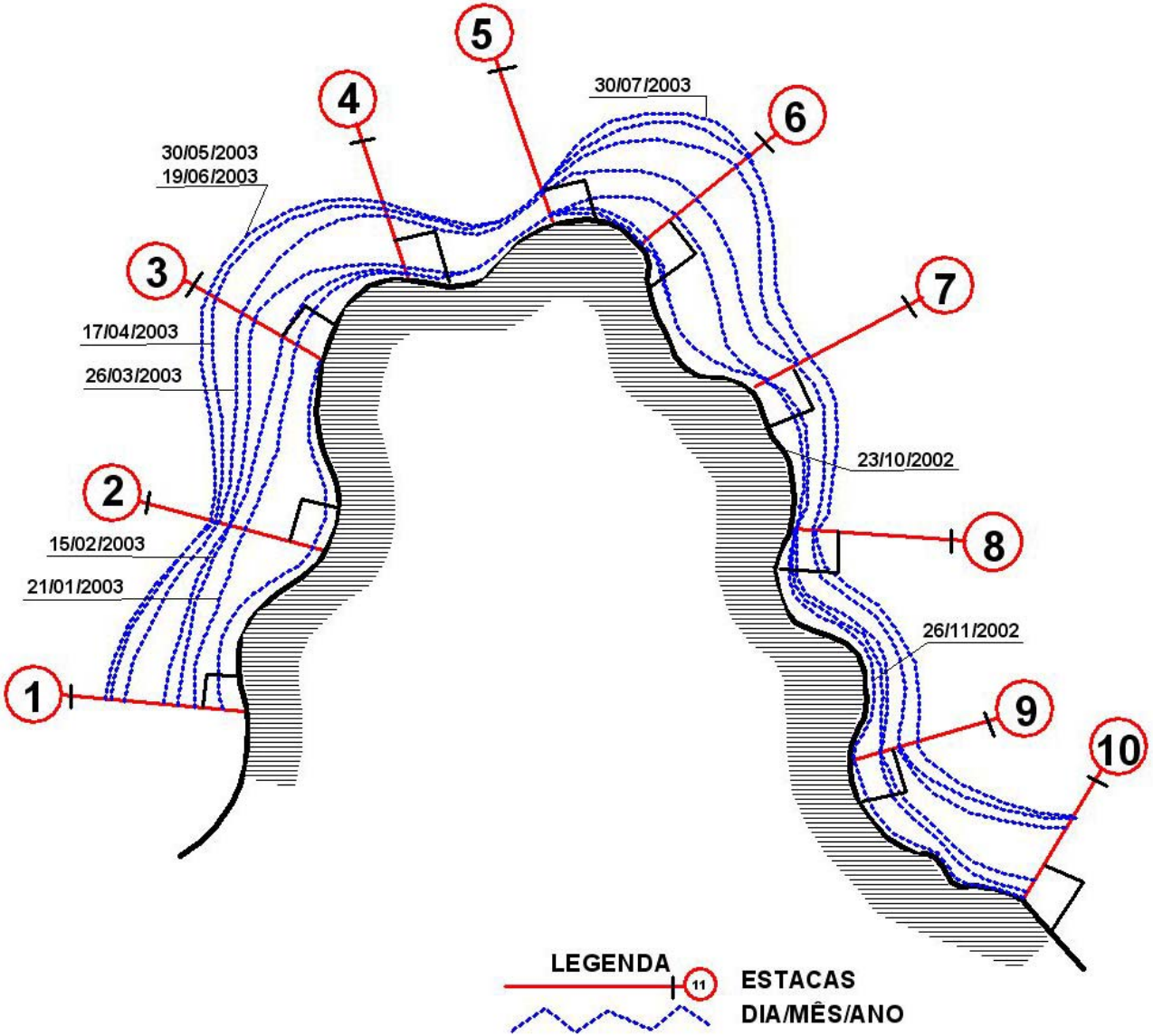


Figura 34 – Monitoramento da voçoroca em metros, na fazenda Morro Verde, município de Castanhal. Outubro de 2002 a Julho de 2003

Figura 35 - (A) Interior da voçoroca com o aparecimento do lençol freático; (B) Surgimento do lago; (C) Alcova construída no paredão da voçoroca, fazenda Morro Verde, município de Castanhal.

De acordo com as análises físicas dos sedimentos das voçorocas estudadas nas Fazendas Buriti e Morro Verde (Tabela 12), nota-se que há predominância de areias, enquanto que o silte e a argila estão presentes em pequenas concentrações, ocorrendo pouca cerosidade, por isso a textura dos sedimentos é arenosa. Na Fazenda Buriti as concentrações de silte foram maiores do que na Fazenda Morro Verde, e as concentrações de argila foram mais altas na Fazenda Morro Verde do que na Fazenda

Buriti, todavia há predominância das areias, desse modo se comprova a fragilidade dos solos em ambas fazendas.

Tabela 12 - Característica textural dos sedimentos da voçoroca nas Fazendas Buriti (1) e Morro Verde (2), município de Castanhal. Período Novembro de 2002 a Fevereiro de 2003.

Período	Textura g/kg							
	Areia grossa		Areia fina		Silte		Argila	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Nov/02	470	570	440	350	70	40	20	40
Jan/03	590	440	340	460	30	20	40	80
Fev	380	560	450	360	70	20	100	60

Elaborado por SANTOS, O. C. de O., 2004.

Ao analisar os dados de fertilidade desses sedimentos (Tabela 13), observou-se que as concentrações de potássio são maiores do que as dos outros elementos; as maiores concentrações dos elementos químicos ocorrem no mês de novembro, logo após as queimadas. Segundo Sanchez (1981), depois da queimada, os cátions básicos da cinza produzem aumento nos níveis de cálcio, magnésio e potássio trocáveis, seguindo uma diminuição gradual durante o período de cultivo, por causa da absorção das plantas e da lixiviação.

Tabela 13 - Fertilidade das amostras dos sedimentos da voçoroca na Fazenda Buriti, município de Castanhal. Período Novembro 2002 a Fevereiro de 2003.

Período	Elementos químicos							
	ph	MO %	P mg/dm³	K^+ mg/dm³	Na^{++} mg/dm³	Ca^{++} cmol/dm3	Ca^{++}+Mg^{++} cmol/dm3	Al^{++} cmol/dm3
Nov/02	5,9	-	8,0	34,0	18,0	0,5	1,0	0,2
Jan	5,8	0,4	1,0	17,0	8,0	0,5	0,9	0,2
Fev	5,9	0,2	1,0	27,0	11,0	0,6	1,0	0,2

P = Fósforo trocável; K = potássio trocável; Na = sódio trocável; Ca = Cálcio trocável; Ca+ Mg = cálcio + magnésio trocável; Al = alumínio trocável.
Elaborado por SANTOS, O. C. de O. 2004.

Nota-se baixíssima concentração de matéria orgânica presente nos sedimentos. A matéria orgânica é importante na coesão das partículas do solo e mantém a sua estabilidade estrutural. Solos com níveis de menos de 2% de matéria orgânica são estruturalmente instáveis (HEATWAITE et al., 1990), portanto não há formação de agregados necessários para que o solo torne-se mais resistente à erosão.

Observou - se que as concentrações de potássio foram maiores do que as concentrações dos outros elementos químicos analisados, (Tabela 14), esse comportamento é semelhante ao das concentrações encontradas na Fazenda Buriti.

Tabela 14 - Fertilidade dos sedimentos da voçoroca na Fazenda Morro Verde, município de Castanhal. Período Novembro de 2002 e Fevereiro de 2003.

Período	Elementos químicos							
	ph	MO %	P mg/dm³	K^{+} mg/dm³	Na^{++} mg/dm³	Ca^{++} cmol/dm3	$Ca^{++}+Mg^{++}$ cmol/dm3	Al^{++} cmol/dm3
Nov/02	5,9	-	1,0	20,0	10,0	0,6	0,9	0,2
Jan	5,3	2,12	2,0	27,0	8,0	0,5	1,0	0,2
Fev	5,7	1,8	8,0	19,0	4,0	0,5	0,9	0,2

P = Fósforo trocável; K = potássio trocável; Na = sódio trocável; Ca = Cálcio trocável; Ca+Mg = cálcio + magnésio trocável; Al = alumínio trocável.
Elaborado por SANTOS, O. C. de O., 2004

Verificou-se que as concentrações de matéria orgânica estiveram acima de 2% no mês de janeiro, acredita-se que esse comportamento esteja associado ainda às cinzas das queimadas, enquanto que o decréscimo em fevereiro pode ter ocorrido por causa da lixiviação.

As variações nas concentrações de fósforo e potássio nas fazendas Buriti e Morro Verde estão também associadas, possivelmente, ao processo de adubagem que são realizadas nas duas fazendas com potássio, fósforo e nitrogênio.

A voçoroca que estava localizada na Chácara Paraíso desenvolveu-se no tipo de solo RUbd, que é recomendado para preservação ambiental. Na área da bacia em que há a predominância desse tipo de solo, parte da cobertura vegetal foi destruída para construções de várias chácaras e balneários, conservando apenas algumas árvores de maior porte, e a vegetação rasteira foi toda retirada.

A voçoroca em 15 de agosto de 2002 tinha 24m de comprimento e a largura da cabeceira 2,8m. Por volta de 15 de fevereiro de 2003, a voçoroca foi aterrada com piçarra, areia e seixos (Figura 7); a maior perda de solo ocorreu no período de 21de janeiro a 15 de fevereiro de 2003, da ordem de 5,28m (Tabela 15) e na direção da estaca 15 houve a maior perda cerca de 1,25m (Figura 36). A partir da 1ª quinzena de Junho de 2003 foram plantadas gramíneas na área da voçoroca, mesmo assim verificou-se, em Julho, o desenvolvimento de pequenos sulcos (Figura 8).

Tabela 15 - Perda de solo da voçoroca em metros, na Chácara Paraíso município de Castanhal (PA). Período de 15 de Agosto de 2002 a 10 de Julho de 2003.

Local	Período				Total (m)
	15/08/02 a 08/11/02	21/01/03 a 15/02/03	15/02/03 a 19/03/03	19/03/03 a 10/07/03	
Chácara	3,8	5,28	1,93	6,83	17,84

Elaborado por SANTOS, O. C. de O., 2004

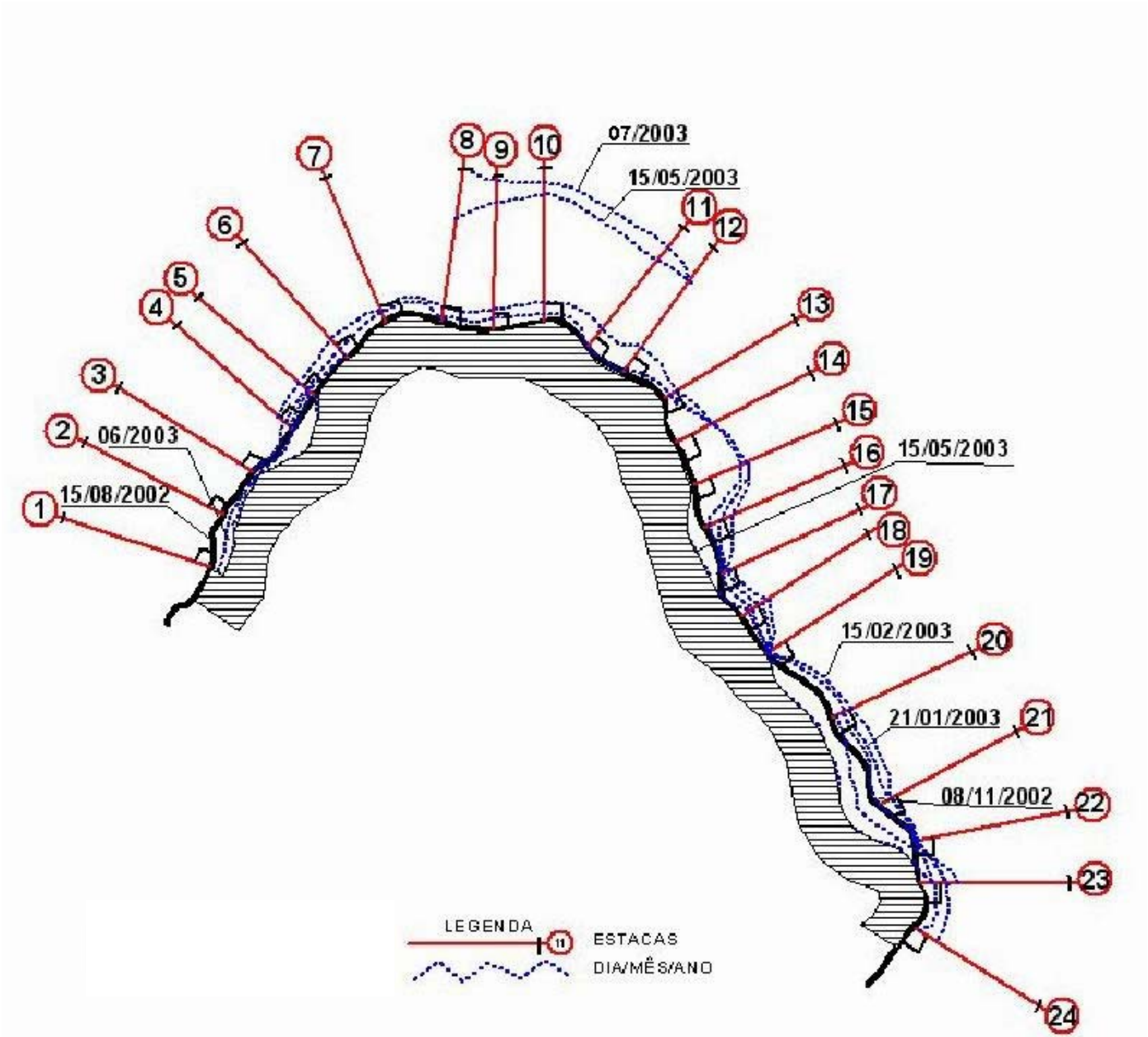


Figura 36 – Evolução da voçoroca em metros na chácara Paraíso, município de Castanhal – PA. Período: Agosto de 2002 a Julho de 2003

Segundo Dias *et al*. (1991), ao estudar a erosão na área do Lago do Utinga, um dos locais de abastecimento de água da cidade de Belém, observaram que as gramíneas e as leguminosas de baixo porte não se mostraram capazes de deter o processo erosivo, apresentando um volume de sedimentos arrastados de 52,55m³, apesar de não ocuparem uma área de expressão no conjunto da microbacia.

Ao analisar a textura dos sedimentos dessa voçoroca, verificou-se que houve uma grande variação nos valores das concentrações de areia grossa, areia fina, silte e argila, entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003 (Tabela 16); conseqüência do aterramento, influenciando na classificação da textura dos sedimentos. De acordo com a classificação de solos da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, a textura dos sedimentos em novembro de 2002 foi arenosa, e a partir de fevereiro passaram a ser classificados como textura areia franca, por causa da diminuição de areias e o aumento do silte e argila.

Tabela 16 - Textura dos sedimentos da voçoroca na Chácara Paraíso, município de Castanhal. Período Novembro de 2002 e Fevereiro de 2003.

Período	Textura g/kg			
	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
Nov/02	870	110	0	20
Fev/03	250	490	120	140

Elaborada por SANTOS,O. C. de O.,2004.

A análise da fertilidade das amostras de sedimentos da voçoroca apresentou concentrações muito diferenciadas de potássio e sódio (Tabela 17); acredita-se que seja em decorrência do aterramento.

Tabela 17 - Fertilidade dos sedimentos da voçoroca na Chácara Paraíso, município de Castanhal. Período Novembro de 2002 e Fevereiro de 2003.

Período	Elementos químicos							
	ph	MO %	P mg/dm³	K^+ mg/dm³	Na^{++} mg/dm³	Ca^{++} cmol/dm3	$Ca^{++}+Mg^{++}$ cmol/dm3	Al cmol/dm3
Nov/02	6,2	-	1,0	4,0	4,0	0,4	0,7	0,1
Fev/03	5,2	0,8	1,0	37,0	15,0	0,7	1,1	0,5

P = Fósforo trocável; K = potássio trocável; Na = sódio trocável; Ca = Cálcio trocável; Ca+Mg = cálcio + magnésio trocável; Al = alumínio trocável.
Elaborada por SANTOS, O.C.de O., 2004.

Verifica-se que a matéria orgânica encontrada nas amostras foi menor que 2%, portanto quantidade insuficiente para formação de agregados.

Portanto, nos sedimentos provenientes da erosão da encosta, ao longo do igarapé Apeú, ocorre maior concentração de potássio e sódio, acredita-se que isso ocorra por causa da calagem que é realizada nas fazendas; com relação à Chácara Paraíso isso tem a ver com a colmatagem realizada na voçoroca.

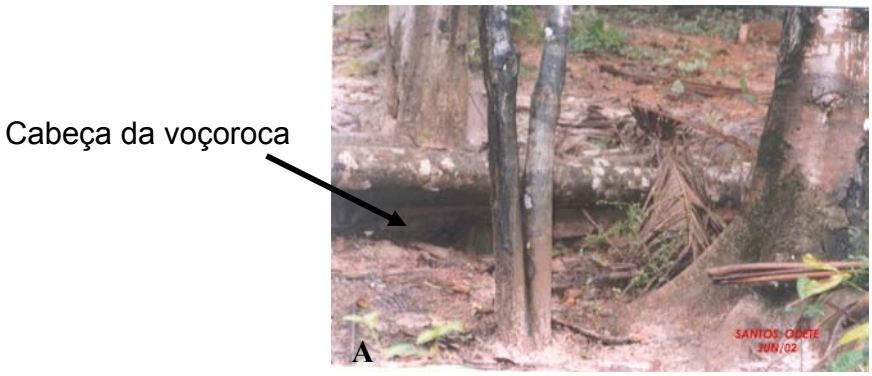
As voçorocas monitoradas na sub-bacia do igarapé São João, no sítio São Sebastião e Agrovila São João, estão inseridas numa área de solo PAd1 e apresentaram uma perda total de solo ao longo do período de pesquisa de 17,28m e 19,42m, respectivamente (Tabela 18).

Tabela 18 - Perda de solo, em metros, das voçorocas na agrovila de São João e Sítio São Sebastião, município de Santa Izabel do Pará (PA). Período 15 de Agosto de 2002 a 30 de Julho de 2003.

Local	Período								Total
	2002	2002/03	2003						
	15/08 a 08/11	08/11 a 21/01	21/01 a 15/02	15/02 a 19/03	19/03 a 17/04	17/04 a 21/05	21/05 a 19/06	19/06 a 30/07	
Ag. São João	4,31	2,39	1,19	2,37	4,72	2,05	1,90	0,49	19,42
Ag. São Sebastião	2,06	2,54	4,46	1,7	0,91	2,48	1,29	1,89	17,28

Elaborada por SANTOS, O. C. de O., 2004.

A voçoroca na Agrovila de São João desenvolveu-se devido ao escoamento superficial, inicialmente em forma de sulcos. Para conter o desenvolvimento da cabeça da voçoroca, a população colocou um tronco de árvore, (Figura 37**A**), todavia por desconhecimento, a população preservava apenas as árvores que forneciam sombra, e retirava as plantas caméfitos[2] e nanofanerófitos[3], deixando o solo desnudo levando à compactação, por isso que no período chuvoso surgiram vários sulcos, ficando a estaca 13 dentro de um desses sulcos. Na Figura 37**B**, vê-se a evolução da voçoroca monitorada.



[2] Vegetais com altura inferior a 0.5 metros.
[3] Vegetais com altura entre 0.5 a 2 metros

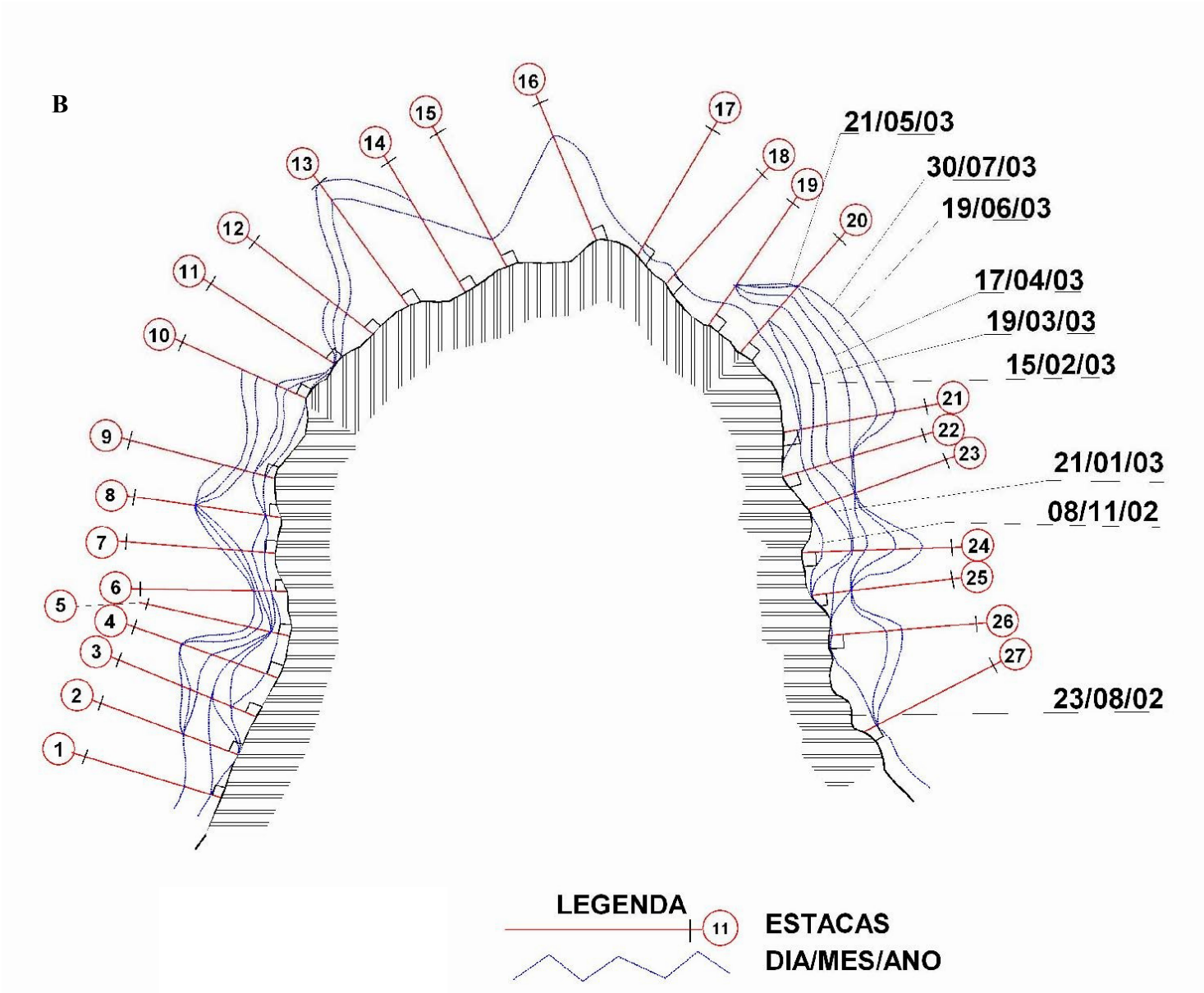


Figura 37 - (**A**) Cabeceira da voçoroca com o tronco; (**B**) Evolução da voçoroca em metros. Agrovila São João, Município de Santa Izabel do Pará (PA).

A voçoroca do sítio de São Sebastião em agosto de 2002 tinha 8,65m de comprimento, em julho de 2003 a cabeceira tinha avançado 0,45m, observou-se que o lado esquerdo da voçoroca apresentou maior perda de solo cerca de 9,96m, esse lado era o que apresentava menor cobertura vegetal, a presença de aves como as galinhas com o ciscar contribuíram bastante para que as águas das chuvas ampliassem a voçoroca. A evolução da perda de solo pode-se ver na Figura 38.

Ao analisar as características dos sedimentos de ambas voçorocas verificou-se que as areias predominaram, Tabela 19, com baixas concentrações de argila e silte, portanto a textura desses sedimentos é arenosa, logo esses sedimentos são provenientes de um solo com boa porosidade.

Tabela 19 - Textura dos sedimentos das voçorocas São João (1) e São Sebastião (2), Município de Santa Izabel do Pará. Período Janeiro e Fevereiro de 2003.

Período	Textura g/kg							
	Areia grossa		Areia fina		Silte		Argila	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Jan/03		620		280		40		60
Fev	480	520	470	370	10	50	40	60

Elaborada por SANTOS, O. C. de O. 2004

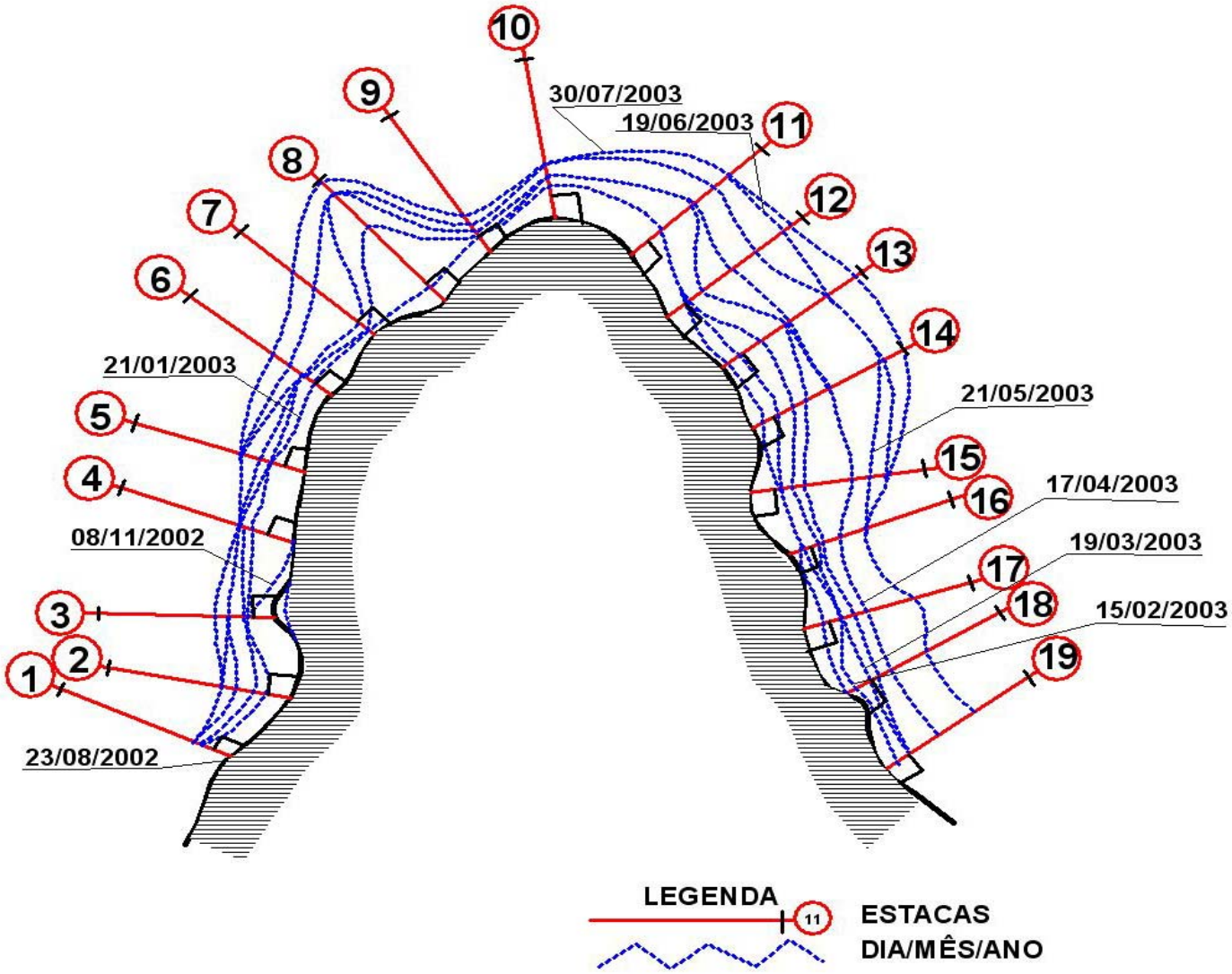


Figura 38 – Evolução da voçoroca em metros, no sitio São Sebastião, município de Santa Izabel do Pará – PA. Período: Agosto de 2002 a Julho de 2003.

A textura arenosa com predominância da areia grossa, quer dizer que há maior presença de macroporos, permitindo uma boa infiltração, todavia a quase ausência de matéria orgânica associada às características do relevo, por ser mais ondulado, contribuíram para que a erosão fosse maior nesses dois pontos da sub-bacia do igarapé São João, apesar das altitudes serem menores, mas as variações de declividades são mais freqüentes, permitindo maior velocidade ao escoamento superficial.

A fertilidade dos sedimentos apresentou maiores concentrações de sódio e potássio do que os outros elementos químicos (Tabela 20), com relação à matéria orgânica necessária à formação de agregados estiveram abaixo de 2% .

Tabela 20 - Fertilidade dos sedimentos das voçorocas São João (1) e São Sebastião (2), Município de Santa Izabel do Pará. Período Janeiro e Fevereiro de 2003.

Período	Elementos químicos															
	pH		MO %		P mg/dm³		K^+ mg/dm³		Na^{++} mg/dm³		Ca^{++} cmol/ dm3		$Ca^{++}+Mg^{++}$ cmol/ dm3		Al^{++} cmol/ dm3	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
21/01/03	-	5,4	-	0,7	-	5,0	-	21	-	11	-	0,7	-	1,2	-	0,4
15/02	6,0	4,9	1,9	0,8	2,0	2,0	10	12	4	6,0	0,4	0,5	0,8	0,9	0,1	0,6

P = Fósforo trocável; K= potássio trocável; Na= sódio trocável; Ca = Cálcio trocável; Ca+Mg = cálcio + magnésio trocável; Al = alumínio trocável.
Elaborada por SANTOS, O. C. de O., 2004.

Segundo Fassbender (1980) e Vieira (2000) a matéria orgânica contribui para organização dos agregados, proporcionando estabilidade dos mesmos, por causa da coesão das partículas, resultantes da sua decomposição e mineralização.

Nas áreas de exploração de areia, a presença da erosão é uma constante, porque as áreas estão sem cobertura vegetal, expostas às ações do vento e das

chuvas, conforme se visualiza nas (Figuras 25 e 39), o produto dessa erosão é carreado para os igarapés, como por exemplo, o igarapé Papuquara.

Figura 39 - Formas erosivas no areal abandonado. Sub-Bacia do Papuquara, município de Castanhal – PA.

A erosão na encosta do igarapé Castanhal, conforme os resultados da Tabela 21, mostra que na margem direita do igarapé, ao longo dos pinos 1 e 2, os valores da erosão foram maiores que ao longo dos pinos 3 e 4. Por ocasião das medições em novembro, verificou-se uma queimada da vegetação rasteira, que atingiu algumas castanheiras que existiam na área das nascentes desse igarapé. Na margem esquerda foi o pino 3 que apresentou a maior perda de solo, cerca de 0,15m, quando comparado com os outros pinos dessa margem. Por causa do desaparecimento dos pinos 2 e 4 da margem esquerda não foi possível fazer-se uma comparação mais apurada da perda de solo entre as margens.

Tabela 21 – Erosão da encosta do igarapé Castanhal, Município de Castanhal (PA) em metros. Período Agosto de 2002 a Abril de 2003.

Data	Margem direita					Margem esquerda						
	Pinos				Total	Pinos						
	1	2	3	4		1	2	3	4	5	6	7
08/11/02	0,04	0,04	0,01	0,015	0,105	0,01	-	0,09		0,035	0,01	0,0
17/04/03	0,005	0,005	0,0	0,0	0,01	-	-	0,06		0,025	0,06	0,04
Total	0,045	0,045	0,01	0,015	0,115	-	-	0,15		0,055	0,07	0,04

Elaborada por SANTOS, O. C. de O., 2004.

De um modo geral, notou-se que em todas as áreas estudadas a quantidade de matéria orgânica estiveram abaixo de 2%; isso afeta a estabilidade do solo, pois as substâncias húmicas coloidais atuam como agentes cimentadores das partículas do solo, formando agregados bastante estáveis, principalmente os fungos, que promovem a agregação física das partículas. Como conseqüência há melhoria da estrutura do solo, por causa da redução da oscilação da temperatura, melhor aeração, permeabilidade, retenção de água e resistência à erosão.

A aceleração da erosão na microbacia está condicionada ao modo de utilização do solo da mesma, à derrubada nas pequenas propriedades com a queimada. Posteriormente o destocamento, e a exposição do mesmo para aguardar o plantio. Nas fazendas, após derrubarem as árvores comerciais com a moto serra, queimam as restantes e nas áreas de pasto sujo os arbustos são derrubados pelo trator depois queimados, a fim de preparar o terreno para a adubagem, ficando o solo exposto às chuvas.

6.2 - A EROSÃO E AS CHUVAS.

De acordo com Surbut [1975] apud Shanchez (1981), o trator ocasiona a compactação do solo e distúrbios na camada arável por causa das suas lâminas. A

retirada da vegetação rasteira e a preservação somente das árvores maiores permitem o trânsito livre do gado até às margens dos igarapés, ora o pisoteio do gado também contribui para a compactação.

A compactação do solo aumenta a densidade aparente do mesmo, diminui a porosidade e a infiltração, favorecendo o escoamento superficial.

A chuva é o agente ativo da erosão, que ao precipitar-se sobre um solo desnudo para o cultivo, o impacto das gotas da chuva será maior, removendo os agregados (*splash*), (GUERRA, 1999); a quantidade e a duração da chuva provocam o escoamento superficial. Esse escoamento superficial, associado ao desmatamento das encostas e ao uso intensivo dos solos susceptíveis, provoca a erosão com o aparecimento de ravinas e voçorocas.

Verificou-se que na área da microbacia do igarapé Apeú, tanto no período menos chuvoso como no chuvoso, houve erosão, todavia a erosão tornou-se mais acelerada por ocasião das chuvas, principalmente no quadrimestre mais chuvoso (janeiro a abril) quando se tornaram mais freqüentes as chuvas, totalizando cerca de 80,8% de dias com chuvas perfazendo um total de 1.536,9mm, nesse quadrimestre, portanto, 66,9% do valor pluviométrico que ocorreu no período de julho de 2002 a maio de 2003, havendo uma grande transformação nas áreas com problemas de erosão.

De acordo com Oliveira Júnior (1992), ao estudar os índices de erosividade das chuvas no município de Bragança, nordeste do Pará, observou-se que 66,8% dos valores médios dos índices de erosividade estavam concentrados no primeiro quadrimestre do ano, isto é, parte do período chuvoso.

Na Fazenda Buriti, verificou-se que as chuvas provocaram vários sulcos em direção da borda da voçoroca, quedas de torrões e acúmulo de águas das chuvas no

seu interior, e surgindo na parede da cabeceira da voçoroca uma alcova de regressão. Verificou-se uma grande lixiviação na área da voçoroca, que ultrapassou uma área de cobertura vegetal, seguindo em direção ao igarapé, que pode ser visualizada na diferença de tamanho entre as estacas que foram trocadas, que fazem parte de uma cerca entre as fazendas Morro Verde e Buriti, uma das estacas em 1990 possuía 1,70 m de altura, em 2000 apresentava uma altura de 0,60m (Figura 40).

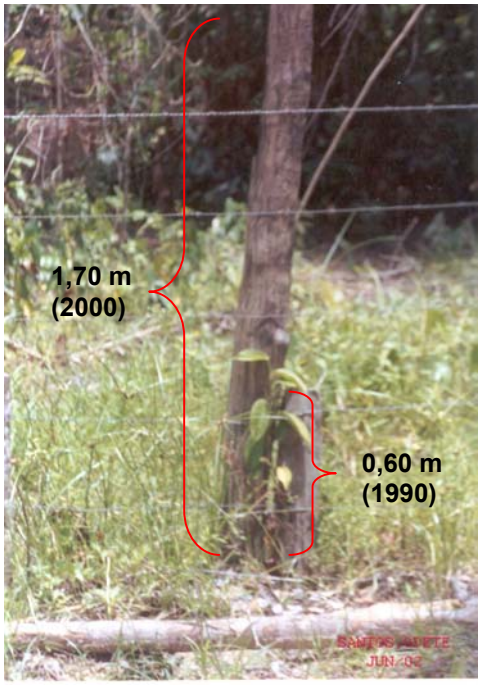


Figura 40 – Acúmulo de sedimentos provocados pela erosão.

Observou-se na Fazenda Morro Verde um aumento nos volumes de água dos olhos d'água e o aparecimento de outros olhos d'água no interior da área da voçoroca em estudo, notou-se também a erosão ocorrendo devido às águas das chuvas e a presença do gado (Figura 41A e 41B).

No período de 21/01 a 17/04/2003 (Tabela 11), foi que ocorreram as maiores perdas de solo por erosão no interior dessa fazenda, alcançando 8,17m.

Figura 41 – (**A**) Erosão atingindo o lençol freático; (**B**) Erosão provocada pelo pisoteio do gado associado à chuva. Fazenda Morro Verde, Município de Castanhal.

Na Chácara Paraíso no dia 01/03/2003, por causa das chuvas, o igarapé Apeú ultrapassou o seu leito menor, atingindo a área onde estava situada a voçoroca já aterrada e, no dia 19/03 observou-se uma perda de solo por causa do escoamento superficial (Figura 42), e no dia 26/04, novamente a área foi tomada pelas águas, aumentando ainda mais o desnível. Na 1ª quinzena de Junho, na área foram plantadas gramíneas, todavia no dia 10/07, nota-se a presença de sulcos (Figura 8). A perda de solo entre 15/05 a 10/07 foi da ordem de 6,83m, (Tabela 15) e (Figura 36).

Figura 42 – Grande perda de solos do aterramento da voçoroca, na chácara Paraíso, Município de Castanhal. Março de 2003.

No período chuvoso, na cabeceira da voçoroca na Agrovila de São João, surgiram sulcos, dentre os quais um que no dia 19/03/03 apresentava uma profundidade de 0,52m, e a profundidade da voçoroca principal era de 0,63m, verificou-se que o material retirado da nova voçoroca estava sendo depositado na voçoroca que estava sendo monitorada. Diante da gravidade da situação, orientou-se a preservação de toda e qualquer cobertura vegetal na área para que diminuísse a erosão. Em 17/04, observaram-se outros sulcos, todavia os sulcos anteriores, não tinham sido aprofundados para serem caracterizados como voçorocas.

As chuvas também influenciaram a área da voçoroca de São Sebastião, alcançando a maior perda de solo de 4,46m no período de 21/01 a 15/02; vale ressaltar que nesse período também houve a contribuição do ciscar de galináceos.

Algumas estradas não pavimentadas, por ocasião do período chuvoso transformaram-se em corredores do escoamento superficial (Figura 43**A**), provocando o aparecimento de sulcos, os quais se transformam em buracos, surgindo as poças d'água e, em muitos trechos, essas poças d'água tomam a forma de lagos, secando no

mês mais seco, todavia qualquer chuva mais intensa, novamente a água fica confinada nesses buracos (Figura 43**B**).

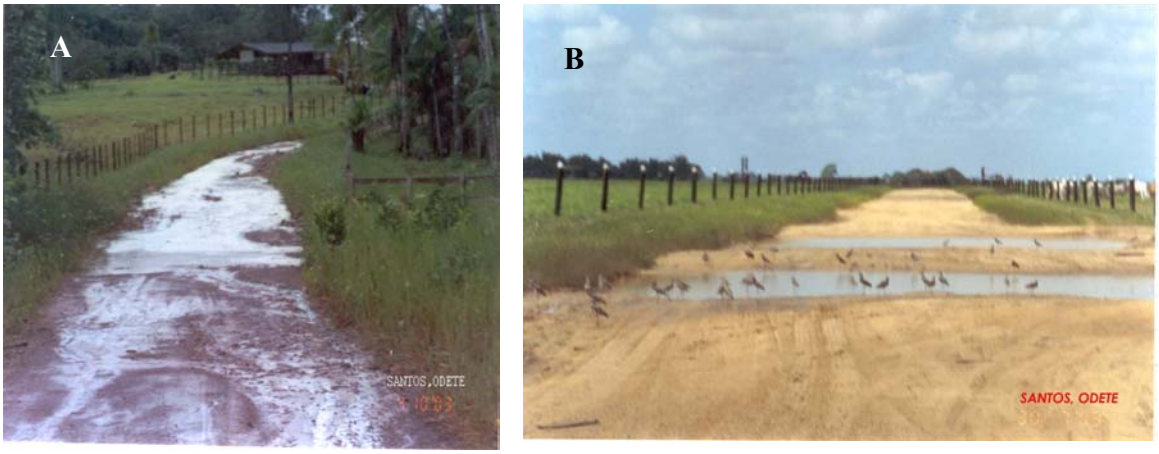


Figura 43 - (**A**) Escoamento das águas das chuvas na estrada vicinal; (**B)** Lago na estrada após as chuvas. Município de Castanhal (PA).

Além da erosão da encosta têm-se as erosões marginais que ocorrem devido à ação das águas dos igarapés, em contato com as margens dos leitos que se encontram encaixados.

6.3 - EROSÃO MARGINAL

A erosão nas margens das nascentes dos olhos d'água na Fazenda Morro Verde, devido serem arenosas, foi medida com estacas, conforme Hughes (1977), Fernandez (1990) e Mota (2001).

As estacas de números 4, 6 e 8 caíram antes da primeira medida devido à fragilidade do terreno. Ao longo do monitoramento, verificou-se que várias estacas caíram apenas as de números de 12 a 16 se preservaram até o final do monitoramento, Figura 44.

Figura 44 - Estacas do monitoramento das margens dos olhos d'água caídas, Fazenda Morro Verde, Município de Castanhal. Período: Outubro de 2002 a Julho de 2003.

Em 26/11/02 verificou-se que foi na direção da estaca 7, que se perdeu mais margens, cerca de 2,95m. No período chuvoso, por causa da grande fragilidade das margens, caíram as estacas de 1 a 9. Ainda devido à influência das chuvas, foi na direção da estaca 14 em 15/05/03 que ocorreu a maior perda de solo em torno de 2,37m. De junho a julho de 2003 restaram apenas as estacas de números 12 a 16, obtendo-se pequenas medidas de erosão (Tabela 22); observou-se que a erosão nesse trecho das margens deveu-se ao desmatamento, à fragilidade do tipo de solo que corresponde ao PAd4, e à utilização até as margens para a criação do gado. A falta da cobertura vegetal contribuiu para o desaparecimento da matéria orgânica, não produzindo os agregados necessários à resistência à erosão.

Tabela 22 - Perda das margens, em metros, ao longo das nascentes dos olhos d'água, na Fazenda Morro Verde, Município de Castanhal. Período Outubro 2002 a Julho 2003.

	Datas					
Estacas	26/11/02	26/03/03	17/04/03	15/05/03	19/06/03	30/07/03
01	0,72	-	-	-	-	-
02	0,48	-	-	-	-	-
03	1,73	-	-	-	-	-
04	-	-	-	-	-	-
05	2,07	-	-	-	-	-
06	-	-	-	-	-	-
07	2,95	-	-	-	-	-
08	-	-	-	-	-	-
09	2,2	-	-	-	-	-
10	1,51	0,39	0,04	0,76	0,82	-
11	2,35	0,95	0,2	0,1	0,3	-
12	0,61	0,09	0,8	0,1	0,0	0,3
13	1,87	0,53	0,95	0,05	0,15	0,05
14	2,79	0,18	0,02	2,37	0,31	0,15
15	0,67	0,38	0,15	0,52	0,0	0,13
16	0,14	0,29	0,12	0,15	0,3	0,14

Elaborada por SANTOS, O. C. de O., 2004.

Nos demais trechos do curso do Igarapé Apeú, onde foram realizadas medidas da erosão marginal, houve variações com relação ao tipo de solo. Na chácara Paraíso, o solo predominante das margens é RUBd e na Agrovila Macapazinho, é o GXbd1, (Figura 23). Observou-se que no período menos chuvoso, a erosão das margens do igarapé Apeú foi maior na agrovila de Macapazinho.

Na chácara Paraíso, no período menos chuvoso, os pinos 1 e 4 instalados a 0,90 e 0,45m acima da lâmina d'água, respectivamente, não houve erosão (Tabela 23). A erosão marginal foi maior nos pinos localizados mais próximo da lamina d'água, acredita-se que isso aconteceu por causa do índice de umidade existente nas margens; esse comportamento foi verificado na chácara Paraíso e na Agrovila de Macapazinho.

Tabela 23 - Medidas de erosão marginal, em metros, no igarapé Apeú, chácara Paraíso e agrovila de Macapazinho, município de Castanhal. Período: Agosto a Novembro de 2002.

Local	Pinos a 0,90m acima da lâmina d'água				Pinos a 0.45m acima da lâmina d'água			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Chácara Paraíso	0,0	0,0	0,007	0,0	0,0	0,19	0,0	0,0
Agrovila Macapazinho	0,01	0,012	0,019	0,0	0,02	0,06	0,068	0,04

Elaborada por SANTOS, O.C. de O., 2004.

Por causa de uma construção nas margens do igarapé Apeú, na chácara Paraíso, não foi possível obter medições a partir de Dezembro de 2002 (Figura 45**A**), enquanto que na agrovila de Macapazinho a partir da 2ª. quinzena de Dezembro de 2002 as águas começaram a cobrir os pinos (Figura 45**B**), voltando a abaixarem somente a partir de 27 Julho de 2003, quando retornou ao seu leito menor (Figura 45**C**), todavia, como era período de férias, foram retirados os pinos por um adolescente banhista, por isso não foi possível fazer a leitura dos mesmos.

Figuras 45 - Igarapé Apeú: (**A)** Paredão de madeira na margem direita; (**B**) Igarapé ocupando o leito maior; (**C**) Igarapé encaixado no seu leito menor.

As margens do igarapé São João, nas agrovilas de São João e Trindade caracterizam-se por pertencerem ao tipo de solo GXbd1.

Nas margens do igarapé São João, na agrovila de São João, no período menos chuvoso, os pinos a 0,45m acima da lâmina d'água apresentaram erosões maiores do que os de 0,90m, com exceção do pino 1, o qual não apresentou erosão, enquanto que o pino 1 a 0,90m apresentou 0,01m de perda de margem Tabela 24 .

Tabela 24 - Medidas de erosão marginal, em metros, no igarapé São João, agrovila São João, município de Santa Izabel do Pará. Período: Agosto a Novembro de 2002.

Local	Pinos a 0,90m acima da lâmina d' água				Pinos a 0,45m acima da lâmina d'água			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Agro. São João	0,01	0,02	0,0	0,002	0,0	0,05	0,015	0,04

Elaborada por SANTOS, O. C. de O., 2004.

Não foi possível levar em consideração as leituras a partir de janeiro de 2003, porque ao analisá-las, verificou-se que estavam viciadas, pois os banhistas mexeram nos pinos, isso confirmado quando uma adolescente entregou um dos pinos por ocasião de uma das visitas ao campo.

Na agrovila de Trindade, só foi possível fazer-se comparações entre as medições dos pinos que estavam a 0,90m acima da lâmina d'água e os que estavam a 0,45m nos meses de novembro de 2002 e Janeiro de 2003, porque as leituras não estavam viciadas. As medições dos pinos a 0,45m acima da lâmina d'água não foram realizadas a partir de Março a Maio de 2003 porque os pinos estavam embaixo d'água.

De acordo com os resultados nas medições de erosão, Tabela 25 nota-se uma semelhança na erosão que se mediu em novembro entre os pinos 1 e 2 a 0,90m e 0,45m acima da lâmina d'água; em relação ao pino 3, somente o que estava a 0,45m acima da lâmina d'água, sofreu uma erosão de 0,01m. As medições em Janeiro de 2003, mostram variações nas leituras dos pinos 1 a 0,90 e 0,45m acima da lâmina d'água, apresentando uma erosão maior o que estava a 0,90m acima da lâmina d'água, enquanto que o pino 2 a 0,90m mostra uma perda de margem menor do que o pino 2 que estava a 0,45m. De um modo geral, a perda de margem foi maior nos pinos que

estavam a 0,90m acima da lâmina d'água. Com relação aos 3 pinos que ficaram embaixo d'água, observou-se que cada um apresentou 0,02m de erosão das margens.

Tabela 25 - Medidas de erosão marginal, em metros, do igarapé São João, agrovila de Trindade, município de Santa Izabel do Pará, (PA). Período: Agosto de 2002 a Julho de 2003.

Data	Pinos a 0,90m acima da lâmina d'água				Pinos a 0,45m acima da lâmina d'água			
	1	2	3	Total	1	2	3	Total
09/11/02	0,003	0,02	0,0	0,023	0,003	0,002	0,01	0,015
21/01/03	0,027	0,005	0,0	0,032	0,017	0,013	0,0	0,030
15/02	-	0,005	0,00	0,005	0,0	0,005	0,0	0,005
17/04	-	-	0,02	0,02	água	água	água	-
21/05	-	-	0,02	0,02	água	água	água	-
30/07	-	-	-	-	0,02	0,02	0,02	0,06
Total	0,03	0,03	0,04	0,1	0,04	0,04	0,03	0,11

Elaborada por SANTOS, O. C. de O., 2004.

Nas margens do igarapé Castanhal, por causa da altura da lâmina d'água, só foi possível colocar-se pinos apenas a 0,30m. Conforme a Tabela 26, pode se ver que a erosão da margem direita foi maior no período chuvoso do que no período menos chuvoso, as leituras dos pinos em abril não foi possível realizar porque foram retirados.

Tabela 26 - Medidas de erosão marginal, em metros, do igarapé Castanhal, município de. Castanhal. Período Agosto de 2002 a Abril de 2003.

Data	Pinos a 0,30m acima da lâmina d'água			
	1	2	3	Total
08/11/02	0,01	0,0	0,0	0,01
15/02/03	0,02	0,04	0,01	0,07
17/04	0,10	-	-	-
Total	0,13	-	-	-

Elaborada por SANTOS, O.C.de O., 2004.

Ao analisar os dados, nota-se que a erosão provocada pelas águas dos igarapés, em contato com as paredes onde construíram os seus canais, é menor quando comparada com a que ocorrem nas encostas, que prejudicam a morfologia dos canais, influenciando no comportamento hidrológico dos mesmos.

7 - HIDROLOGIA

7.1 - O COMPORTAMENTO DOS CURSOS D'ÁGUAS NOS PERÍODOS MENOS CHUVOSO E O CHUVOSO.

Ao analisar os dados hidrológicos verifica-se que o escoamento das águas dos igarapés sofrem variações ao longo de seus percursos, visto que uns estão com as suas nascentes em área urbana, percorrendo a área rural posteriormente (Fonte Boa, Castanhal e Marapanim), enquanto que outros nascem na área rural e continuam o seu percurso dentro da área rural (Itaqui, Papuquara, Pracuquara ou Sete Voltas e São João), e ainda outros que nascem na área rural e deságuam na área urbana como o Igarapé Capiranga, e o igarapé Apeú que nasce na área rural passando pela parte urbana (Distrito do Apéu), depois seguindo para a área rural.

De acordo com as informações hidrológicas obtidas nas seções transversais desses igarapés, Tabelas 27 e 28, verificou-se que as áreas das seções molhadas dos mesmos aumentaram sensivelmente no período chuvoso.

Tabela 27 - Dados Hidrométricos dos Igarapés: a) Papuquara; b) Capiranga; c) Castanhal; d) Fonte Boa; e) Itaqui. Período Novembro de 2002 a Julho de 2003.

a) Papuquara

Localidade	Período	h (m)	Hmax (m)	P (m)	Rh (m)	Área (m^2)	Vel (m/s)	Vazão (m^3/s)
Sítio São José	17/11/02	0.25	0.37	20.7	0.06	1.2	0.0	0.0
	27/03/03	0.36	0.60	25.4	0.13	3.2	0.14	0.45
Ponte	07/12/02	0.25	0.33	7.2	0.10	0.75	0.36	0.27
	27/03/03	0.80	0.88	22.4	0.17	3.8	0.42	1.6
	07/03/04	0.66	0.75	15.0	0.20	3.0	0.31	0.93

b) Capiranga

Localidade	Período	h (m)	Hmax (m)	P (m)	Rh (m)	Área (m^2)	Vel (m/s)	Vazão (m^3/s)
Faz.Sta. Clara	30/11/02	0.35	0.35	3.8	0.14	0.54	0.0	0.0
	27/03/03	0.60	0.6	4.3	0.21	0.9	0.4	0.36
Ponte	07/12/02	0.34	0.43	17.4	0.1	1.7	0.02	0.03
	27/03/03	0.32	0.65	21.0	0.1	2.0	0.47	0.94

c) Castanhal

Localidade	Período	h (m)	Hmax (m)	P (m)	Rh (m)	Área (m^2)	Vel (m/s)	Vazão (m^3/s)
Faz. Flamboyant	17/11/02	0,48	0.68	9.5	0.29	2.8	0.09	0.25
	21/04/03	1,1	1.15	23.2	0.38	8.8	0.23	2.0

d) Fonte Boa

Localidade	Período	h (m)	Hmax (m)	P (m)	Rh (m)	Área (m^2)	Vel (m/s)	Vazão (m^3/s)
Fonte Boa	30/11/02	0,51	0.57	7.8	0.19	1.5	0.0	0.0
	2703/03	0,70	0.8	8.7	0.24	2.1	0.08	0.17

d) Itaqui

Localidade	Período	h (m)	Hmax (m)	P (m)	Rh (m)	Área (m^2)	Vel (m/s)	Vazão (m^3/s)
Santa Rosa	22/11/02	0.35	0.68	14.6	0.12	1.7	0.25	0.43
	20/03/03	1.0	1.15	22.4	0.33	7.4	0.21	1.6

Elaborada por SANTOS, O.C.de O., 2005.

Tabela 28 - Dados Hidrométricos dos Igarapés: a)São João; b) Apeú. Período Novembro de 2002 a Julho de 2003.

a) São João

Local	Período	H (m)	Hmax (m)	Perímetro (m)	Rh (m)	Área (m²)	Vel (m/s)	Vazão (m³/s)
Sítio Sapucaia	22/04/03	0.26	0.43	24.0	0.07	1.72	0.06	0.10
	03/07/03	0.17	0.28	14.4	0.07	1.0	0.07	0.07
Agrov. São João	22/11/02	0.23	0.5	34.8	0.07	2.4	0.0	0.0
	12/04/03	0.25	0.53	47.6	0.06	3.0	0.09	0.27
Agrov. Trindade	27/11/02	0.27	0.58	21.3	0.08	1.6	0.09	0.14
	22/04/03	0.57	1.1	25.4	0.12	3.1	0.15	0.39

b) Apeú

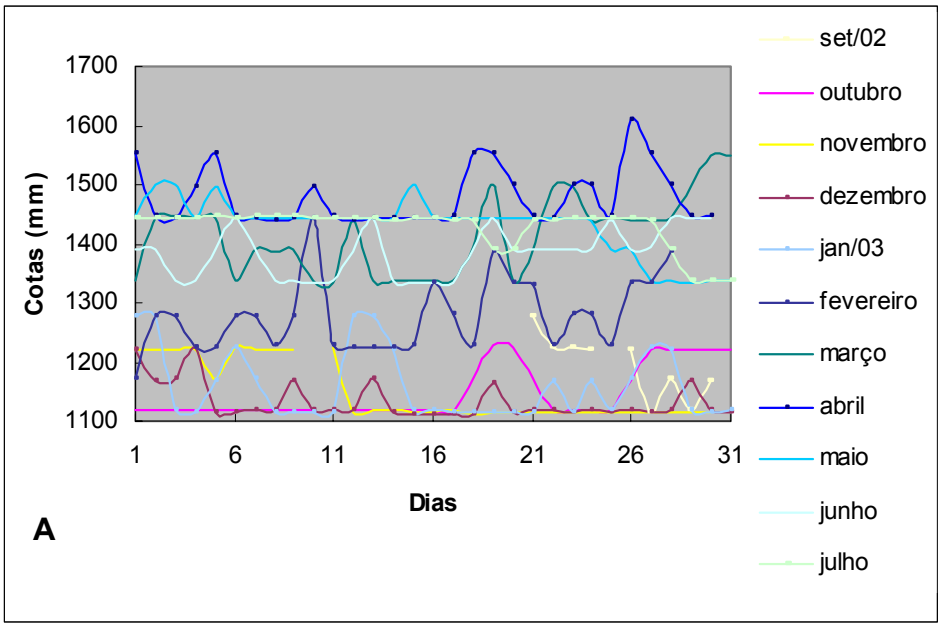
Local	Período	H (m)	Hmax (m)	Perímetro (m)	Rh (m)	Área (m²)	Vel (m/s)	Vazão (m3/s)
Chácara Paraíso	17/11/02	0,5	0.68	31.3	0.12	3.9	0.15	0.59
	21/04/03	1,0	1.65	46.8	0.22	10.3	0.4	4.1
Agrov. Boa Vista	22/11/02	0,28	0.44	47.3	0.08	3.7	0.31	1.2
	10/04/03	1,6	1.97	83.7	0.26	21.9	0.27	5.9
	22/05/03	0,97	1.25	94.3	0-17	16.0	0.24	3.8
	31/07/03	0,57	0.5	73.6	0.13	9.4	0.33	3.1
Agrov. Macapa zinho	23/11/02	0,4	0.5	66.2	0.11	7.2	0.29	2.1
	10/04/03	2,04	2.78	155.9	0.36	56.6	0.25	14.2
	22/05/03	1,65	3.0	140.2	0.36	49.9	0.18	9.0
	31/07/03	1,25	1.4	89.2	0.25	22.6	0.29	6.6

Elaborada por SANTOS, O.C.de O., 2005.

No período menos chuvoso, devido à diminuição das chuvas e dos mananciais que alimentam esses igarapés, eles passam a ocupar somente o leito de vazante, (Figura 46), havendo uma diminuição nos níveis de água dos mesmos, influenciando nos valores de velocidade das águas e das vazões, Tabela 27 e 28.

Figura 46 – O igarapé Apeú ocupando o leito de vazante. Agrovila de Macapazinho, município de Castanhal, (PA). Período: Outubro de 2002.

Ao analisar as velocidades das seções transversais dos igarapés Papuquara, no sítio São José, Capiranga, na Fazenda Santa Clara, Fonte Boa, na Fazenda Fonte Boa, São João, na Agrovila de São João no mês de novembro e início de dezembro de 2002, os valores de velocidades determinados foram nulos, em virtude disso, a vazão foi zero, apesar das águas estarem quase que paradas e os níveis de água baixos, quase sem variação ao longo dos dias (Figuras 47A 47B e 48A 46B), sabe-se que houve uma velocidade ínfima e uma descarga líquida pequena.



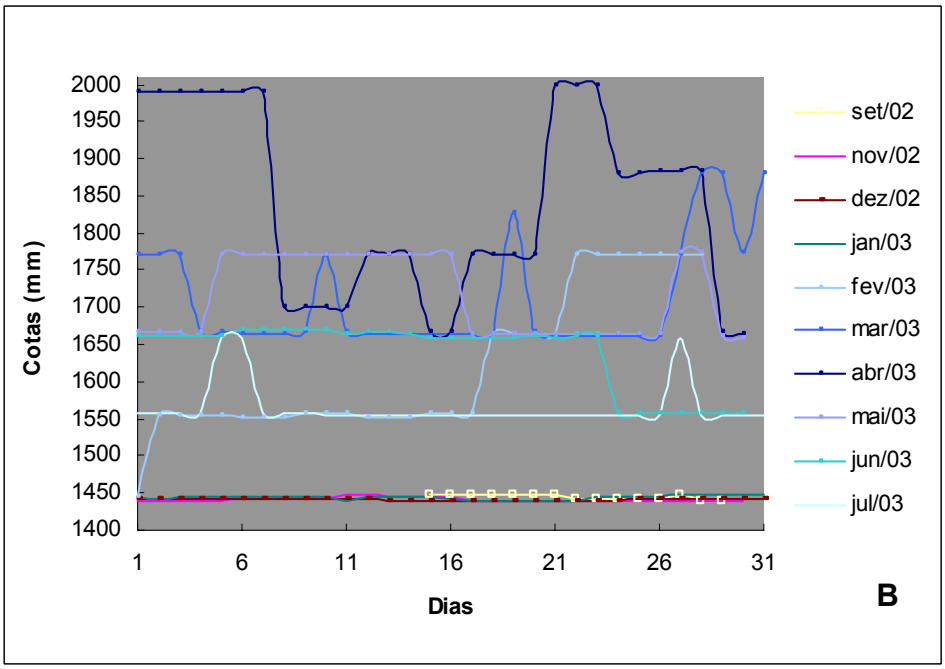
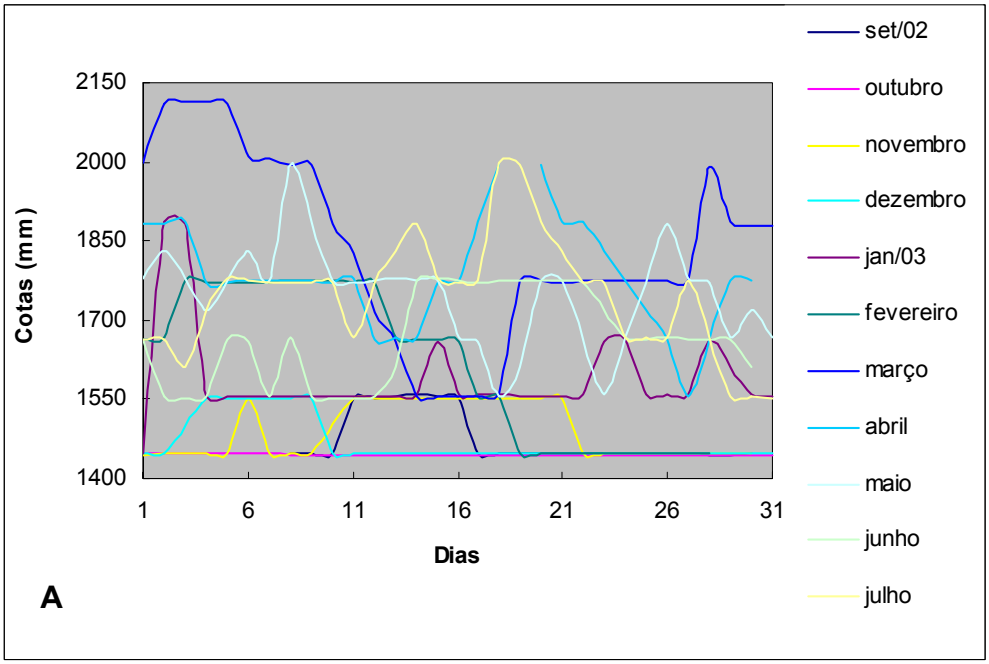


Figura 47 - Cotas diárias dos igarapés: (**A**) Papuquara no sítio São José, município de Castanhal; (**B**) Capiranga, fazenda Santa Clara, Santa Izabel do Pará. Período: Setembro de 2002 a Julho de 2003



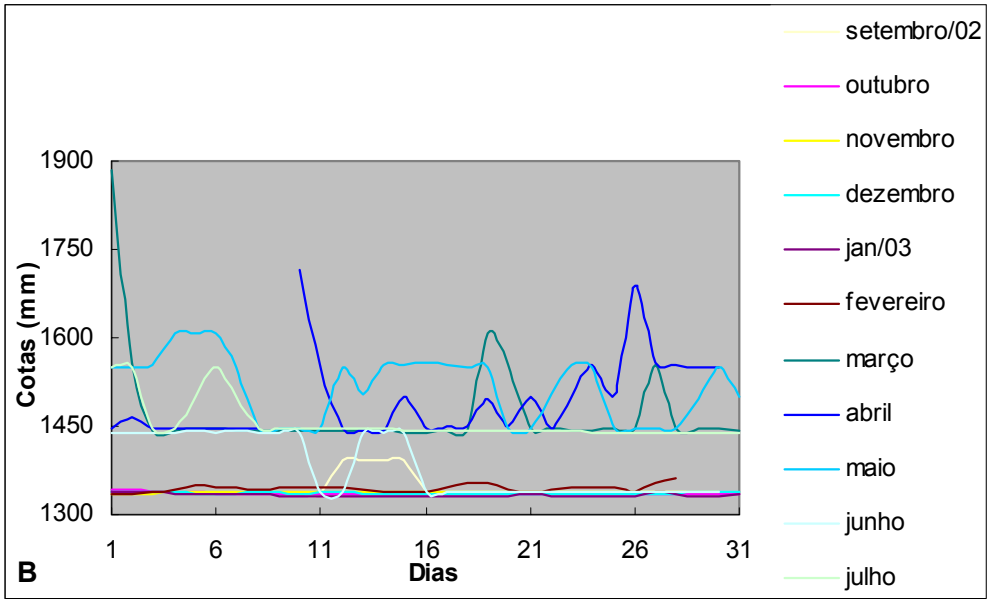


Figura 48 – Cotas diárias dos igarapés: (**A**) Fonte Boa, fazenda Fonte Boa, município de Castanhal; (**B**) São João, agrovila de São João, município de Santa Izabel do Pará. Período, Setembro de 2002 Julho de 2003.

Nas seções transversais à jusante dos igarapés Papuquara (Estrada da Cabeceira do Apeú), Capiranga (Av. Augusto Montenegro), ambas dentro do Distrito do Apeú, sendo que esta última na área urbana e com o raio hidráulico menor do que a da fazenda Santa Clara, Tabela 27, foi possível detectar velocidade e vazão apesar de valores baixos (Figuras 49 e 50). De acordo com Cunha (1996), Christofolleti (1980), quanto maior o raio hidráulico, mais lisa é a calha do curso d'água, mais fácil fica o escoamento do fluxo.

Nas seções transversais do igarapé São João, no sítio Sapucaia e na agrovila Trindade, detectou-se velocidades nos meses que compõem o período menos chuvoso conforme se pode observar na Figura 51.

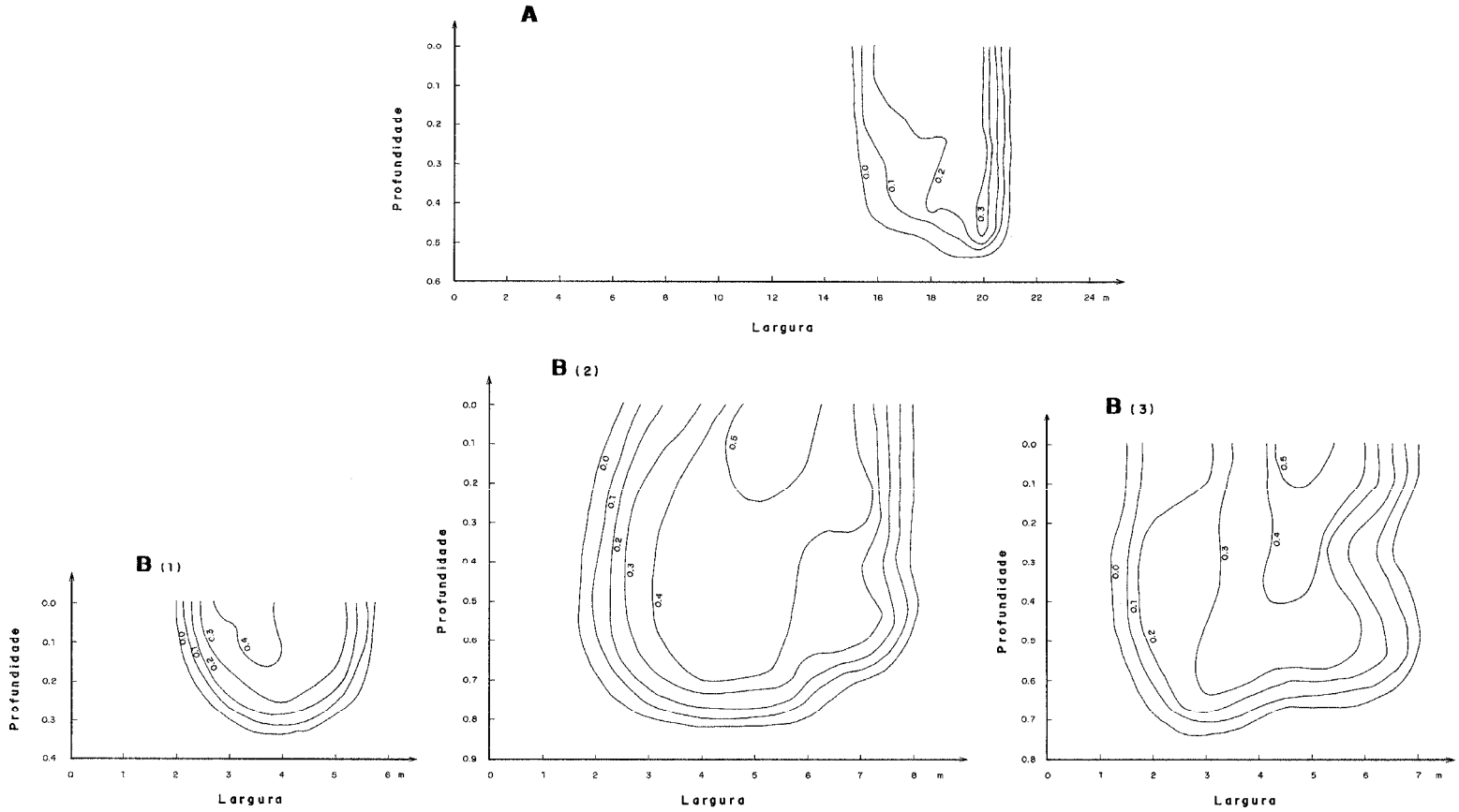


Figura 49 - Isótacas (m/s) do Igarapé Papuquara, Município de Castanhal Pa.
(A) Sítio São José (Agrovila Pacuquara). Período: 27/03/03
(B) Estrada da Cabeceira. Período: 07/12/02 (1); 27/03/03 (2); 07/03/04 (3).

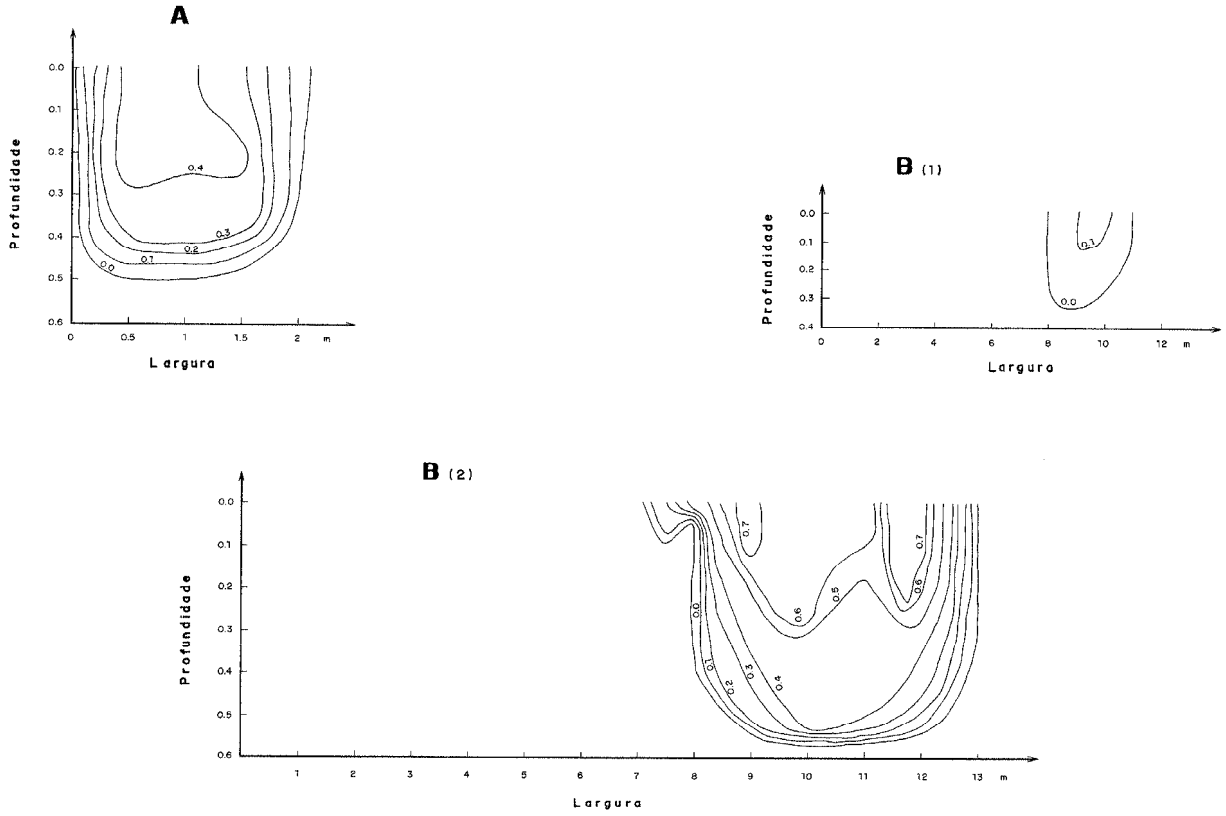


Figura 50 - Isótocas (m/s) do Igarapé Capirangá. (A) Fazenda Santa Clara, Município de Santa Izabel do Pará. Período: 27/03/03; (B) Rua Augusto Montenegro (Ponte). Período: 07/12/02; (1) 27/03/03; (2).

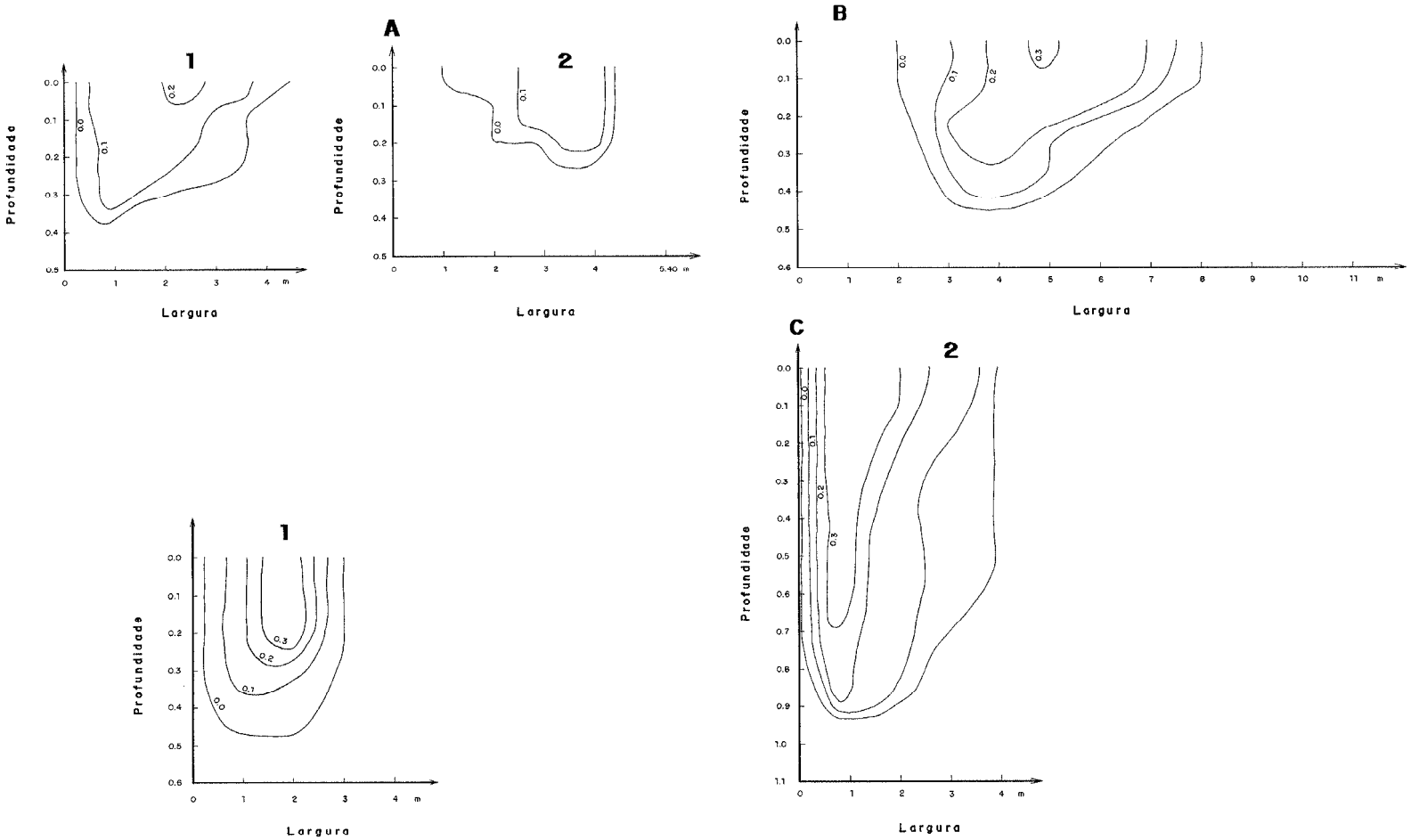


Figura 51-Isótacas (m/s) do Igarapé São João, Município de Santa Izabel Pa; (A) Sítio Sapucaia. Período: 12/04/03 (1); 31/07/03 (2); (B) Agrovila São João. Período: 12/04/03 (C) Agrovila Trindade. Período: 22/11/02 (1); 12/04/03 (2).

Ao analisar o perfil molhado das três seções transversais do Igarapé São João, verificou–se que no perfil da seção localizada na Agrovila de São João ocorre o processo de agradação a partir da margem esquerda para margem direita, o qual é mais acentuado em relação às outras duas seções Figuras 52A, 52B e 53. Dessas seções a menor profundidade do igarapé foi observada no sítio Sapucaia, 0,28m, no mês de julho de 2003.

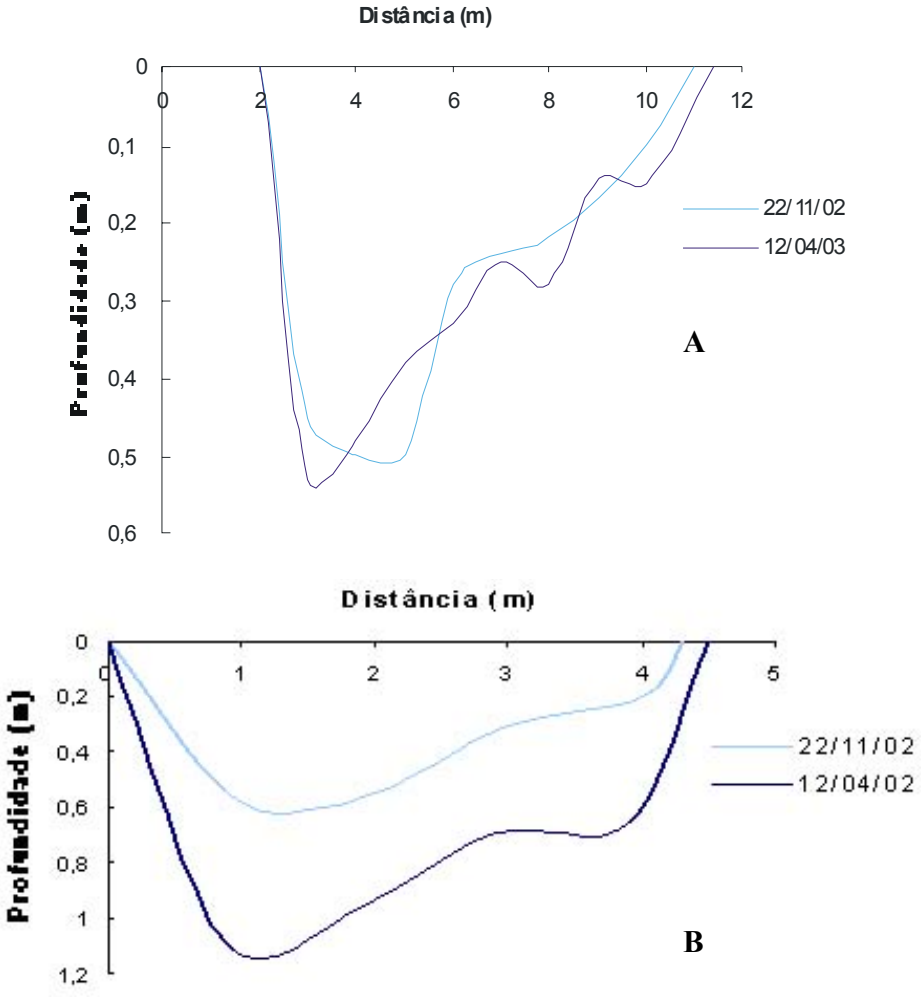


Figura 52 – Perfis das seções molhadas do Igarapé São João: (**A**) Agrovila de São João; (**B**) Agrovila de Trindade. Município de Santa Izabel do Pará. Período: Novembro de 2002 a Abril de 2003.

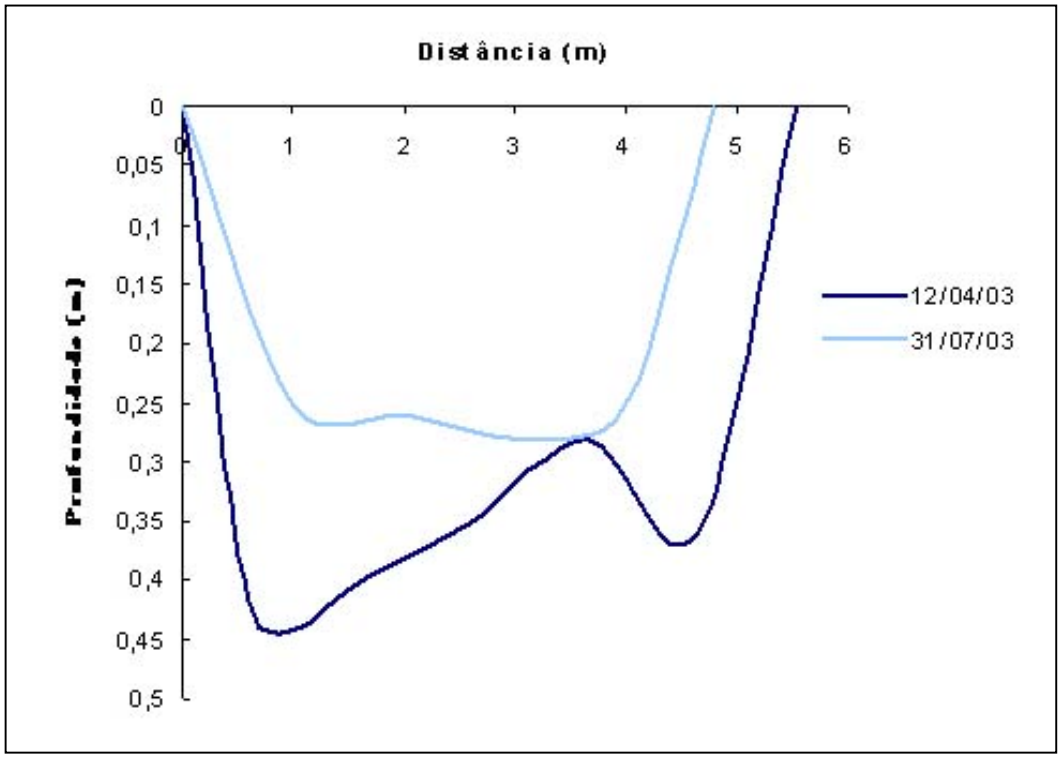


Figura 53 – Perfis das seções molhada do Igarapé São João: Sítio Sapucaia. Município de Santa Izabel do Pará. Período: Abril a Julho de 2003.

As cotas alcançadas pelas águas do igarapé São João são maiores na estação de Trindade, Figura 54, por causa do represamento de água que é realizado mais à montante da estação, e também por receber mais afluentes do que as outras estações.

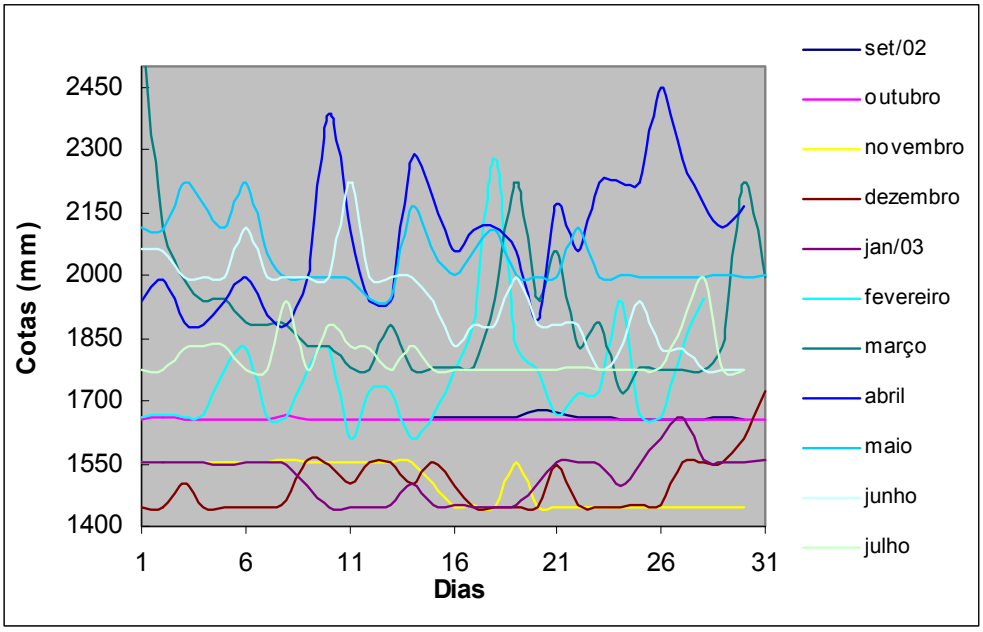


Figura 54 – Cotas diárias do igarapé São João, agrovila Trindade, município de Santa Izabel do Pará. Período: Setembro de 2002 a Julho de 2003.

As velocidades médias na seção transversal no igarapé Itaqui, no povoado de Santa Rosa, no período menos chuvoso ficaram entre 0 a 0.52m/s, Figura 55, e a vazão média foi de 0.43m³/s. Nota-se em novembro 2002, que os níveis de água apresentam alguns picos, Figura 56A, reflexo da liberação da água pelos represamentos, nesse período a profundidade máxima atingida foi de 0.68m, Figura 56B.

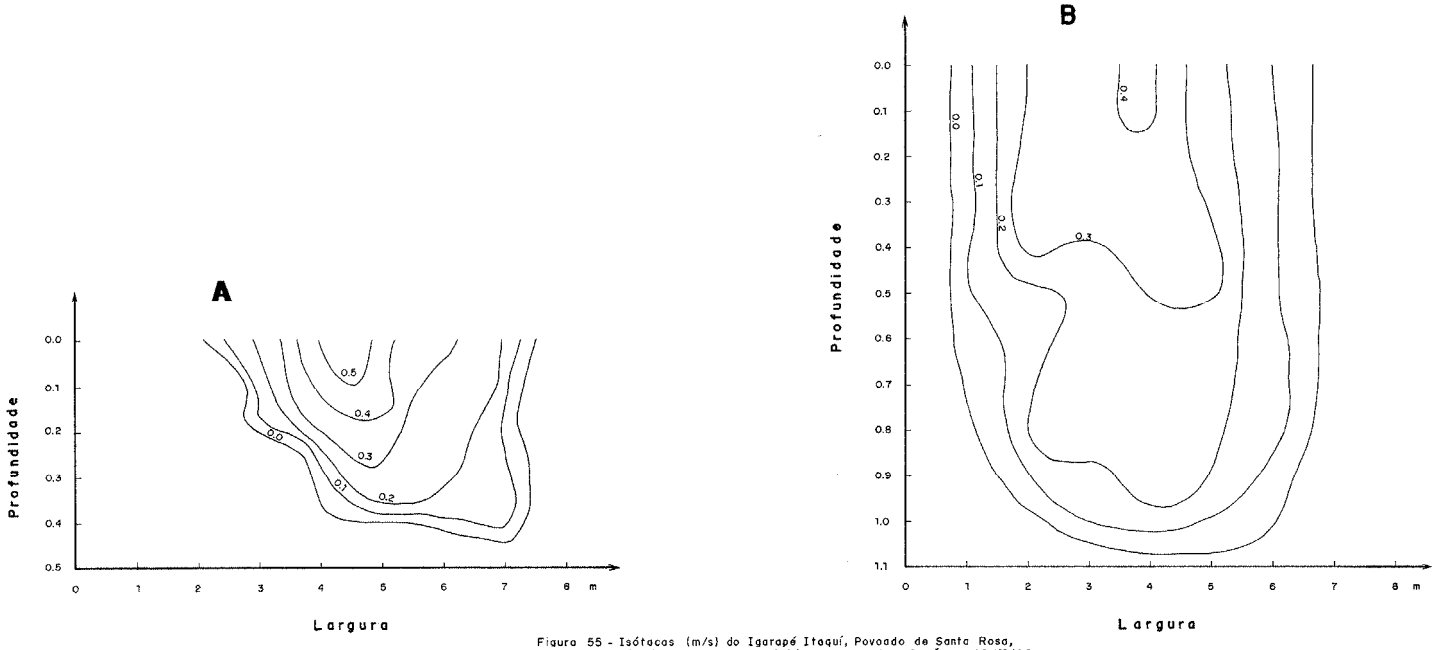
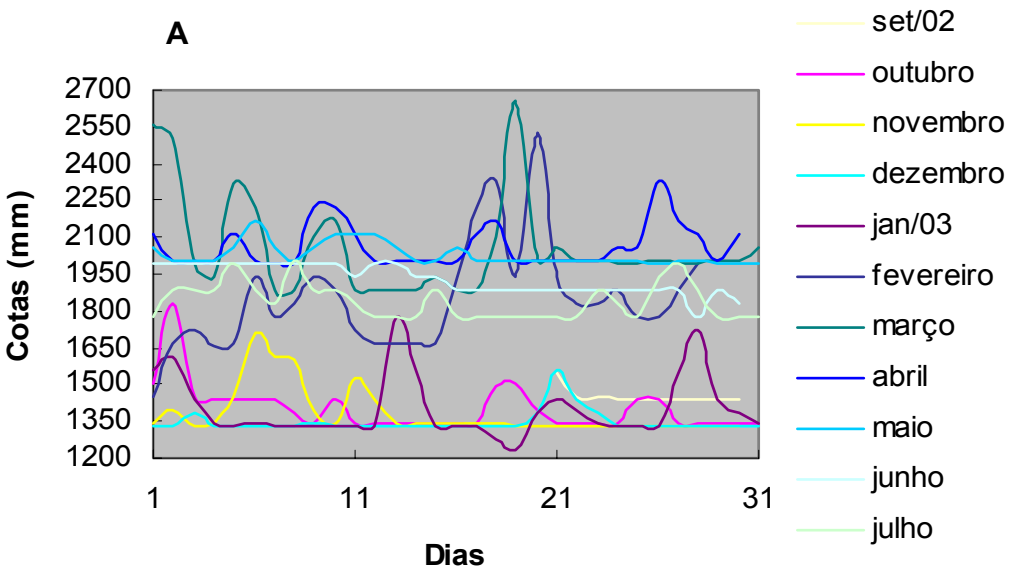


Figura 55 - Isótacas (m/s) do Igarapé Itaquí, Povoado de Santa Rosa, Distrito do Itaquí, Município de Castanhal. Período: 22/11/02 (1); 12/04/03 (2).



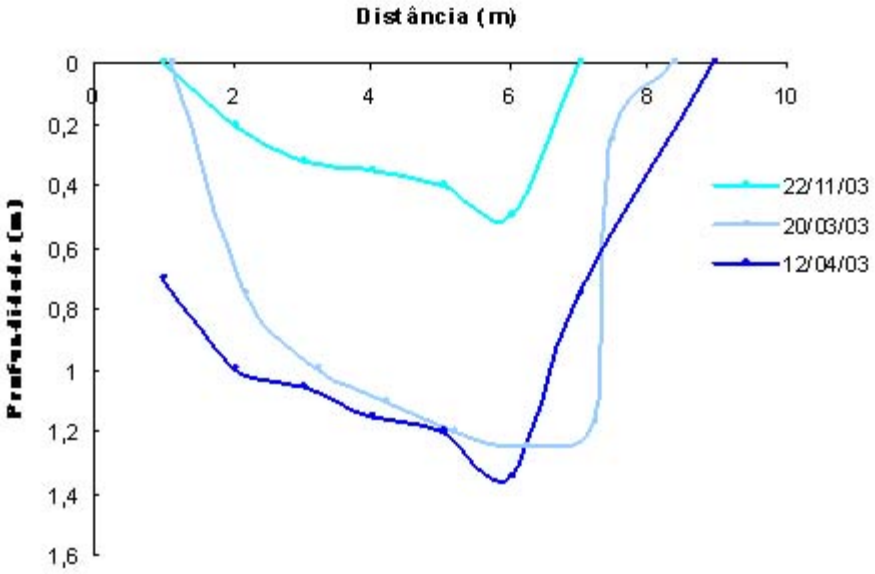


Figura 56 - Igarapé Itaqui (**A**) Cotas diárias. Período Setembro de 2002 a Julho de 2003. (**B**) perfil da Seção Molhada. Povoado Santa Rosa, município de Castanhal - PA.

O igarapé Castanhal com as suas nascentes no interior de um loteamento, de setembro até dezembro de 2002, apresentou um deslocamento de 93m da sua nascente, passando a fluir normalmente nesse período a partir da divisória da chácara Riacho Fundo e o balneário Ibirapuera. Na área de inundação de sua nascente, ficou apenas um lamaçal e os resíduos de uma queimada, que possivelmente influenciou nesse deslocamento, Figura 57A e 57B.

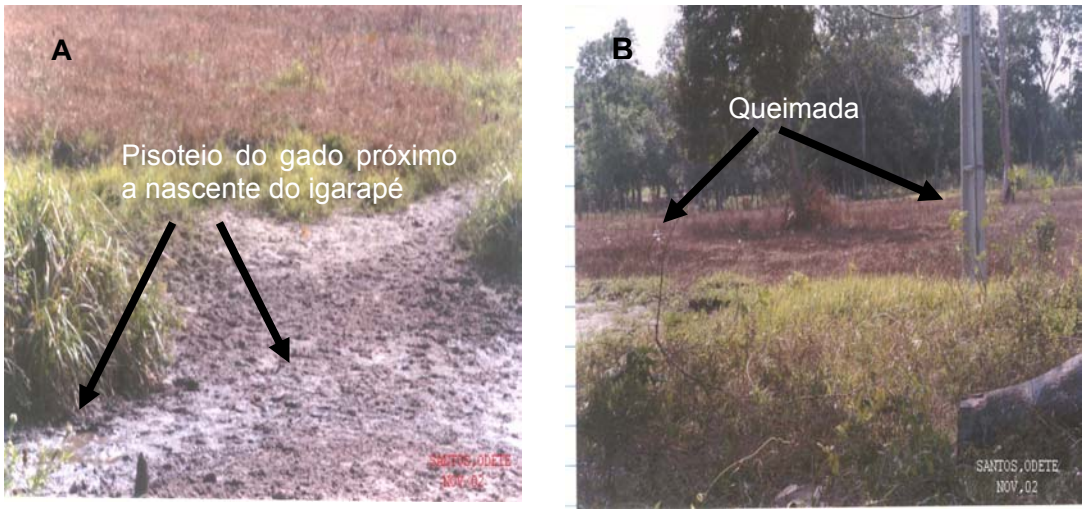


Figura 57 – Igarapé Castanhal: (A) Afastado de sua nascente, apresentando um lamaçal com pisoteio de gado. (B) A queimada. Município de Castanhal (PA).

As velocidades médias observadas na seção transversal do igarapé Castanhal, na Fazenda Flamboyant, localizada após o seu percurso urbano, para o período menos chuvoso variaram de 0 a 0.21m/s (Figura 58), com uma vazão média de 0.25m³/s, (Tabela 27). Os níveis de água do igarapé nesse período foram baixos apresentando alguns picos demonstrando desse modo a influência do escoamento superficial proveniente da área urbana (Figura 59).

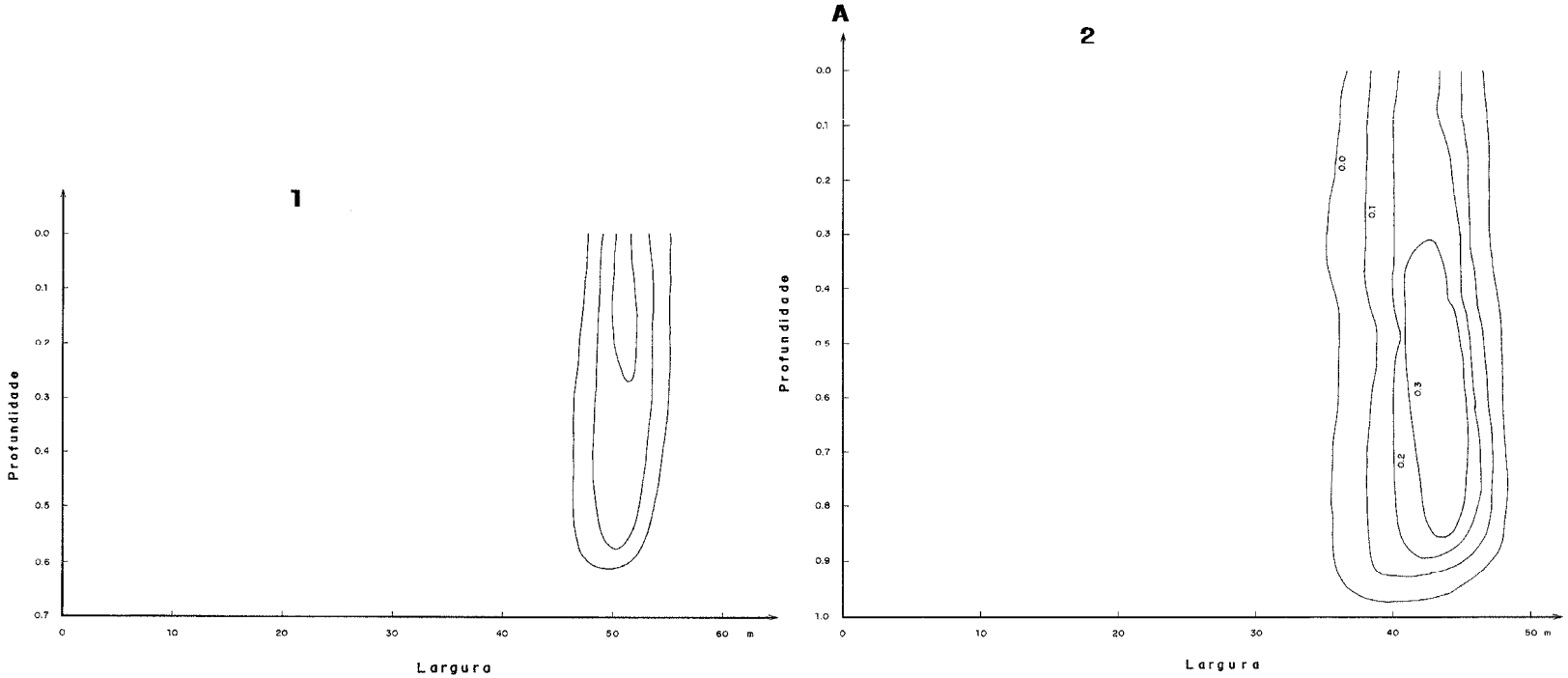


Figura 58-Isótacas (m/s) do Igarapé Castanhal, Município de Castanhal, Pa. (A)
Período: 17/11/02; (1) e 21/04/03; (2).

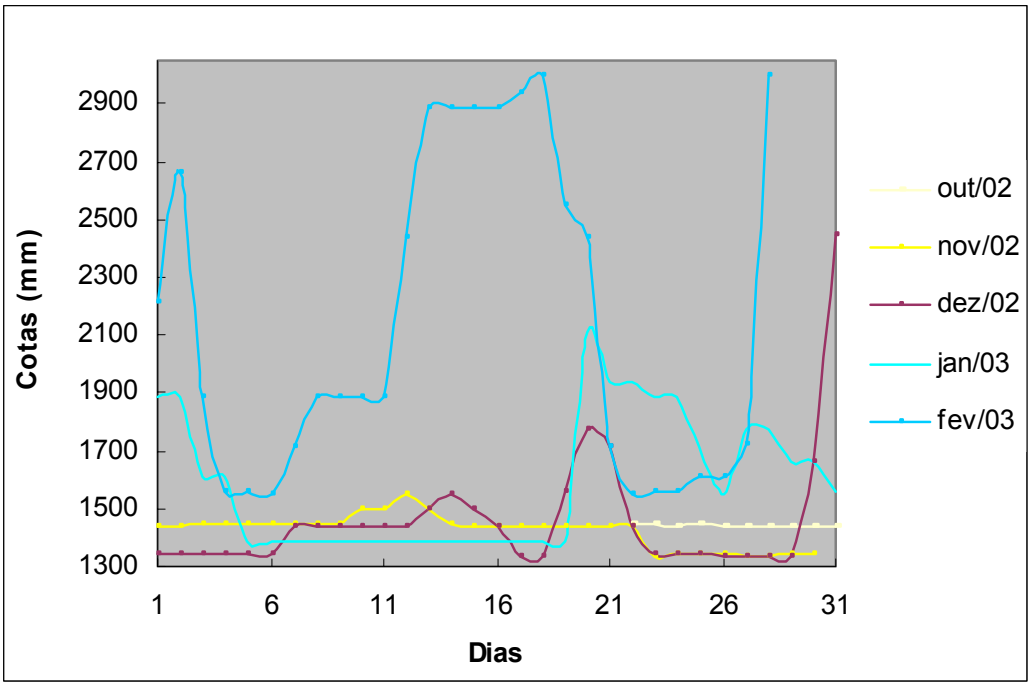
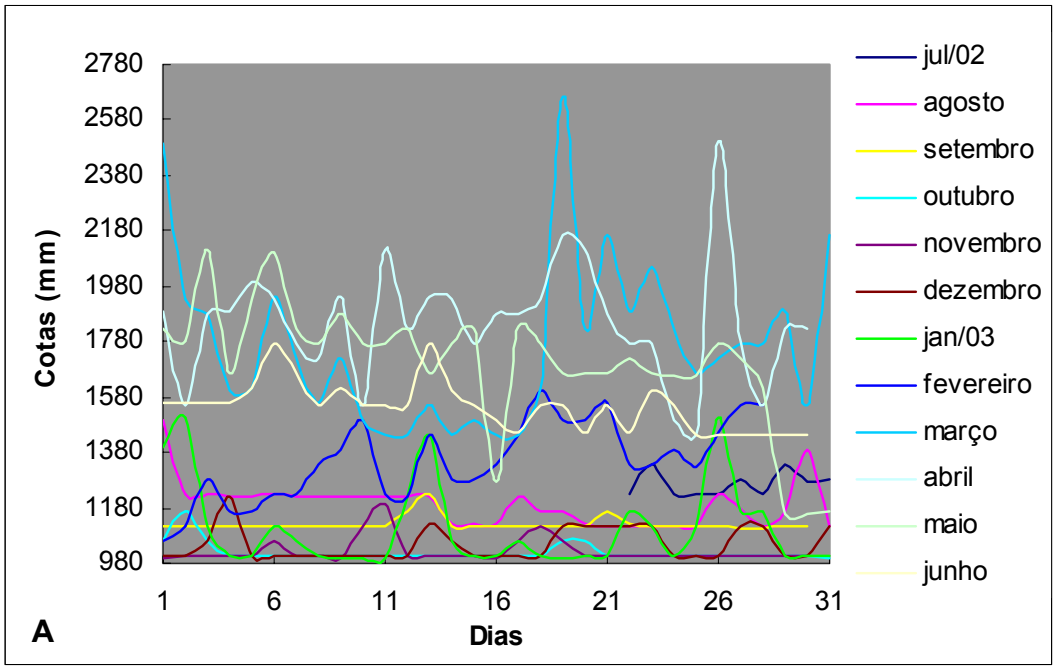


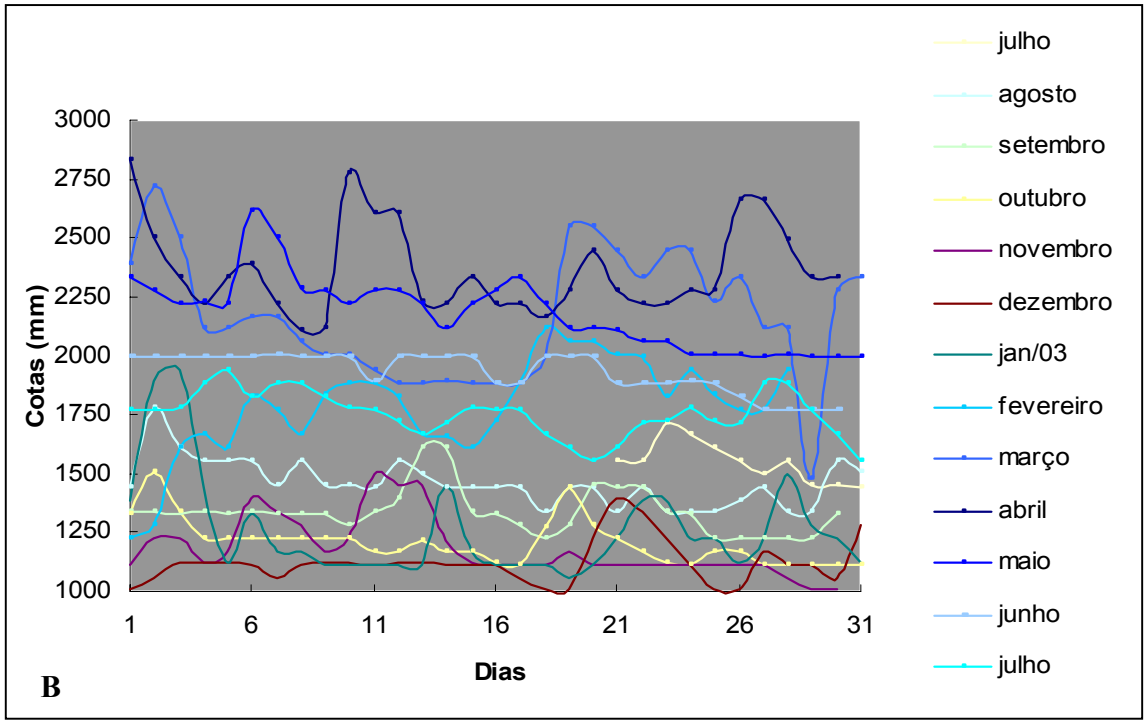
Figura 59 – Cotas diárias do igarapé Castanhal, fazenda Flamboyant, município de Castanhal. Período: Outubro de 2002 a Fevereiro de 2003

O igarapé Apeú, o principal curso d'água da microbacia hidrográfica, ao longo do período menos chuvoso esteve sempre ocupando o leito de menor e nos meses de outubro, novembro e início de dezembro de 2002, o leito de vazante, Figura 60, com uma profundidade mínima de 0,44m na Agrovila de Boa Vista.

Figura 60 – Igarapé Apeú ocupando o leito de vazante, chácara Paraíso, município de Castanhal. Novembro de 2002.

De acordo com as informações obtidas nas seções tranversais instaladas ao longo do seu percurso, verificou-se que os níveis de água foram bem baixos nesse período conforme as Figuras 61A, 61B e 61C, observando no mês de outubro, na agrovila de Macapazinho a influência de maré o que não se detectou nos meses chuvosos (Figura 62). As velocidades médias obtidas pelo escoamento nas seções em novembro variaram de 0 a 0.28m/s na chácara Paraíso, de 0 a 0.65 m/s na agrovila de Boa Vista e na agrovila de Macapazinho de 0.0 a 0.48m/s (Figura 63) e vazões médias de 0.59 m³/s na chácara Paraíso, 1.2m³/s na agrovila de Boa Vista, e 2.1m³/s na agrovila de Macapazinho. Dessas três seções foi a da chácara Paraíso que apresentou o raio hidráulico maior 0.12m, portanto a calha do igarapé Apeú nesse trecho apresentou menor rugosidade nesse período do que as demais seções. Fato comprovado nas configurações do perfil das seções transversais molhadas nas agrovilas de Boa Vista e Macapazinho, identificando-se maior número de dunas de areia compondo o leito do igarapé nessas seções (Figura 64A, 64B e 64C).





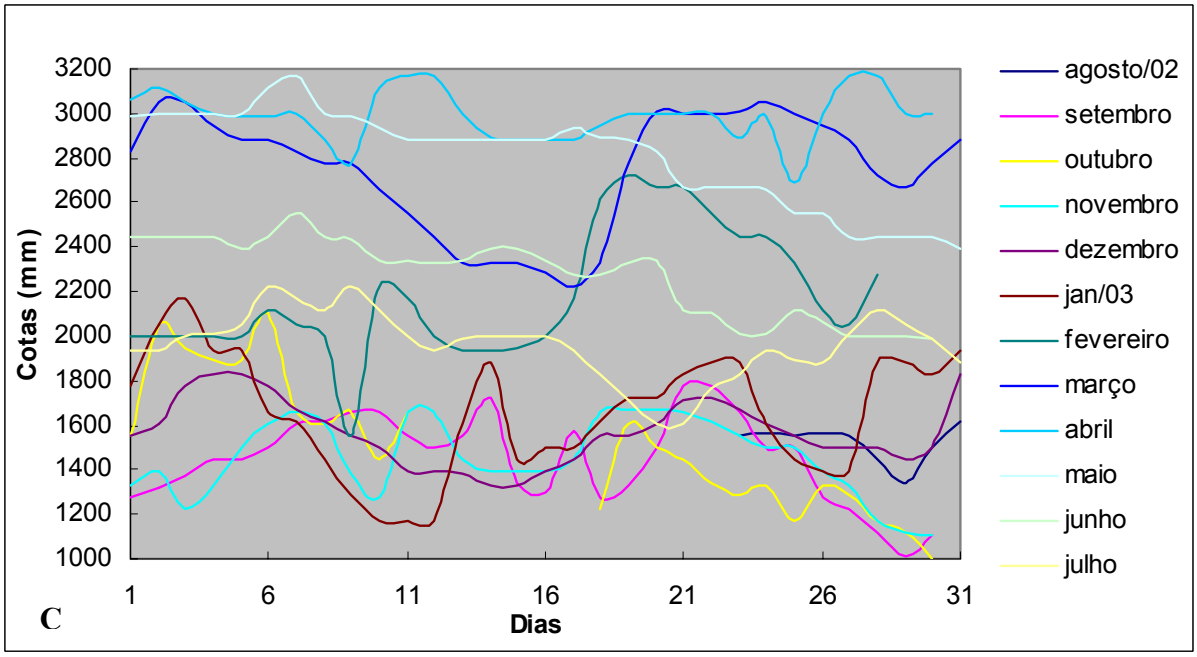


Figura 61 – Cotas diárias do Igarapé Apeú: (**A**) Chácara Paraíso. (**B**) Agrovila de Boa Vista. (**C**) Agrovila de Macapazinho. Período: Julho de 2002 a Julho de 2003. Município de Castanhal (PA).

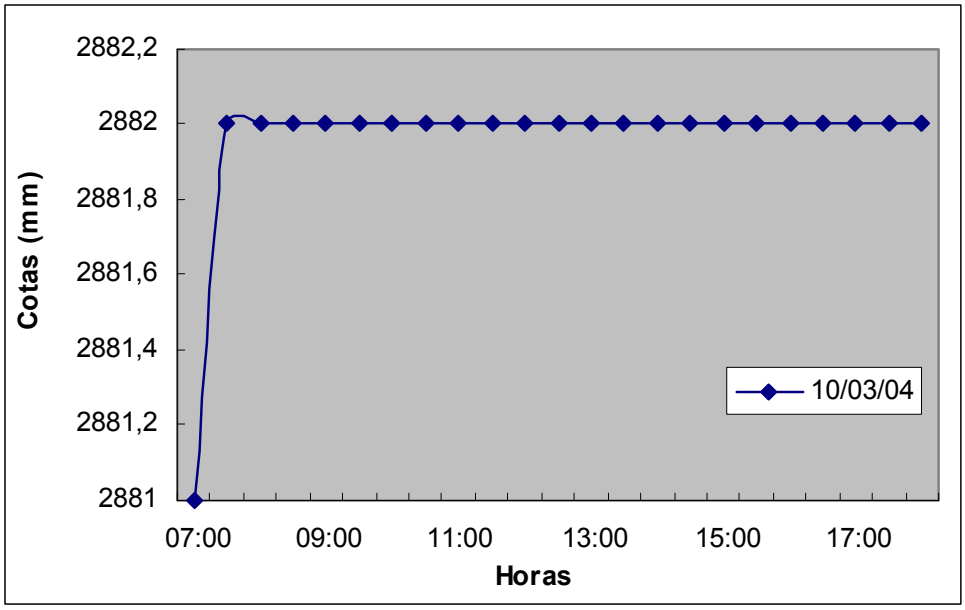


Figura 62 – Nível do Igarapé Apeú, num dia do período chuvoso, Agrovila de Macapazinho, município de Castanhal. Período: 10 de março de 2004.

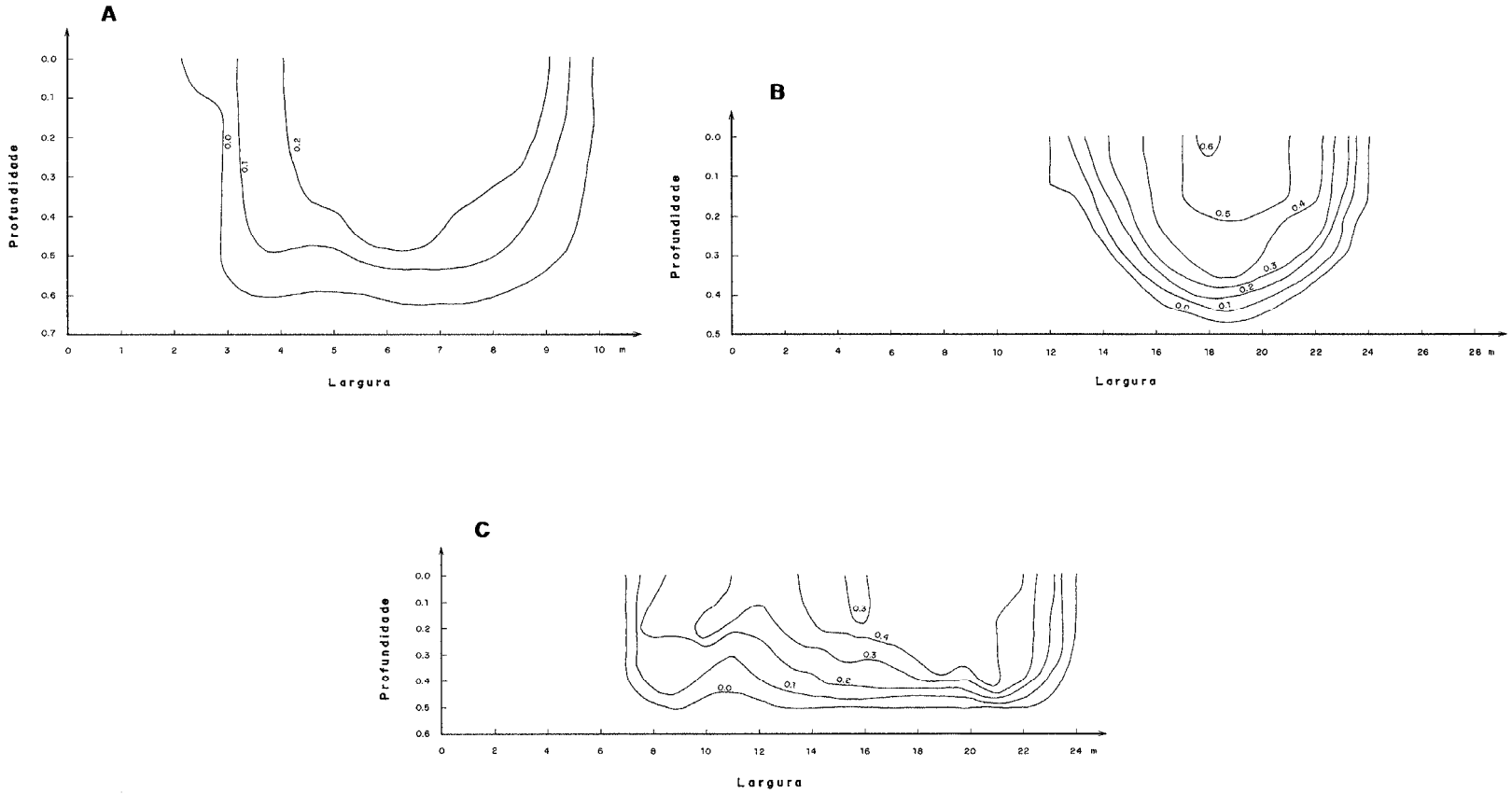
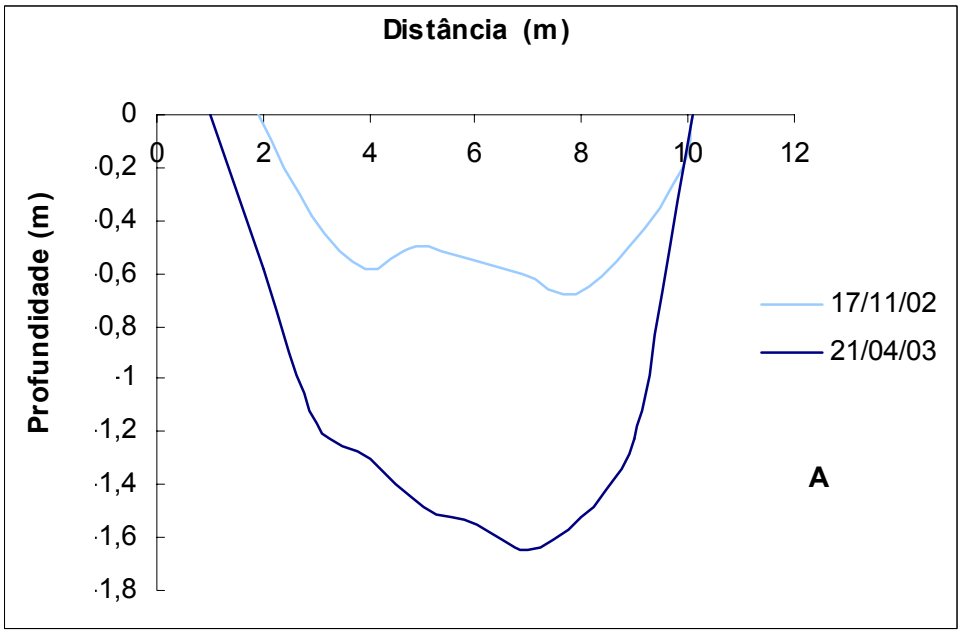
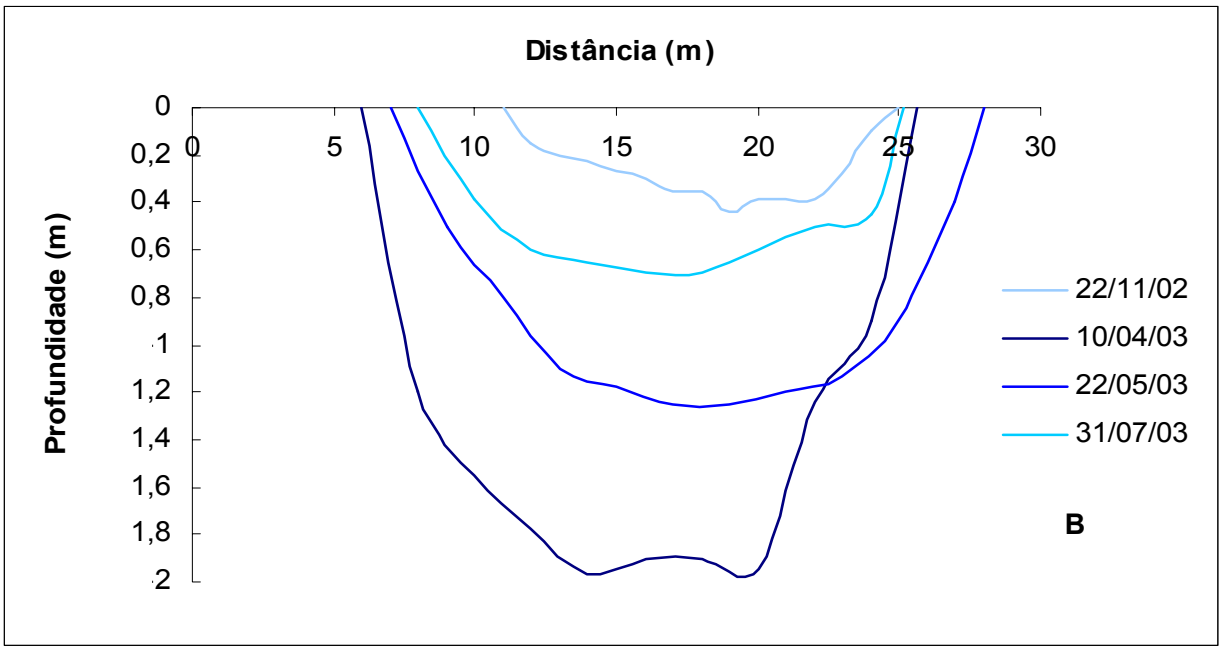


Figura 63-Isótacas (m/s) do Igarapé Apeú, Município de Castanhal. (A) Chácara Paraíso. Período: 17/11/02; (B) Agrovila Boa Vista. Período: 22/11/02; (C) Agrovila Macapazinho. Período: 23/11/02


Distância (m)
Profundidade (m)
0
-0,2
-0,4
-0,6
-0,8
-1
-1,2
-1,4
-1,6
-1,8
0
2
4
6
8
10
12
17/11/02
21/04/03
A


Distância (m)
Profundidade (m)
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2
1,4
1,6
1,8
2
0
5
10
15
20
25
30
22/11/02
10/04/03
22/05/03
31/07/03
B

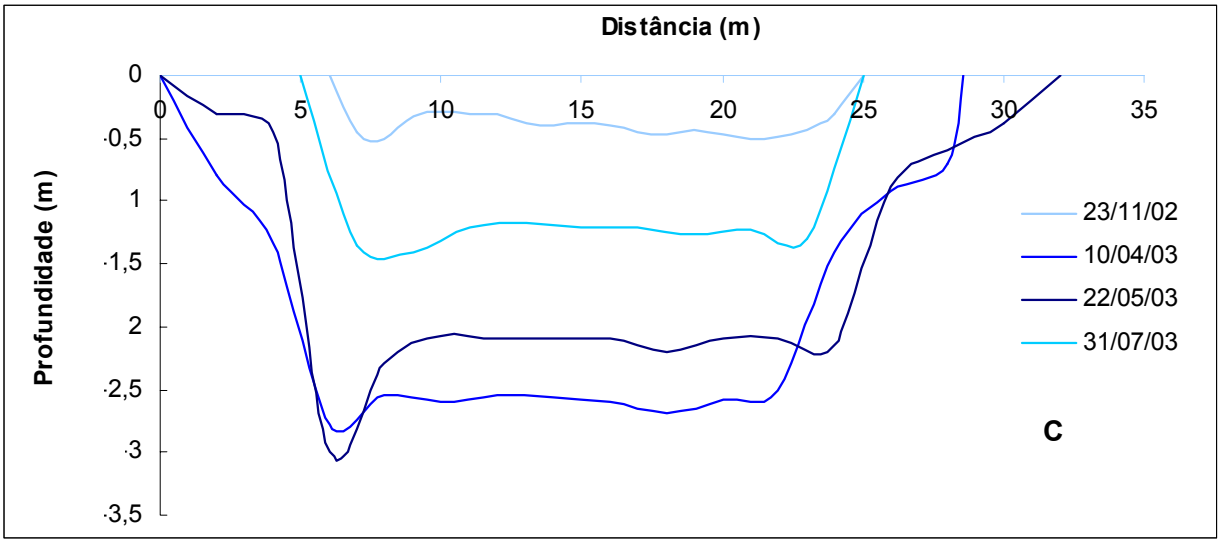


Figura 64 - Perfís das seções molhadas do Igarapé Apeú: (**A**) Chácara Paraíso; (**B**) Agrovila de Boa Vista; (**C**) Agrovila de Macapazinho. Município de Castanhal (PA). Período: Novembro de 2002 a Julho de 2003.

No período chuvoso, a partir de janeiro, os igarapés passaram a ocupar o seu leito menor, e a partir de fevereiro passaram a ocupar o seu leito maior como Capiranga, Papuquara, Itaqui, São João, Apeú, etc., (Figura 65).

Figura 65 – Igarapé São João ocupando o leito maior. Agrovila de Trindade, município de Santa Izabel do Pará (PA). Período: Fevereiro de 2003.

As medições nas seções transversais dos igarapés mostraram que houve uma ampliação em suas áreas, perímetro e profundidade, como o igarapé Apeú que alcançou 3.0m de profundidade em maio de 2003, (Tabelas 27 e 28) e as águas alcançaram os maiores níveis. Todavia, nota-se que o Igarapé Castanhal, desde o mês de Fevereiro de 2003, já apresentava cotas altas, (Figura 59), por causa da menor infiltração das águas pluviais na área da parte urbana que contribuiu para um escoamento superficial mais rápido, atingindo o canal do igarapé em menor espaço de tempo. Nos outros igarapés os maiores níveis ocorreram em abril de 2003, apesar de ter sido o mês de março de 2003, o mais chuvoso, (Figuras 47A, 47B, 48B, 56A e 61). Contudo, na seção transversal da chácara Paraíso, notou-se que o maior pico aconteceu no mês de março, conseqüência da chuva que ocorreu no dia 18/03/2003, alcançando, nesse dia, 51,9mm e, principalmente, por causa da liberação de uma quantidade maior de água, proveniente dos diversos represamentos que ocorrem nesse igarapé e nos seus afluentes à montante dessa seção, como os igarapés Fonte Boa e Janjão que apresentaram os níveis de águas mais altos no mês de março (Figuras 48A e 66).

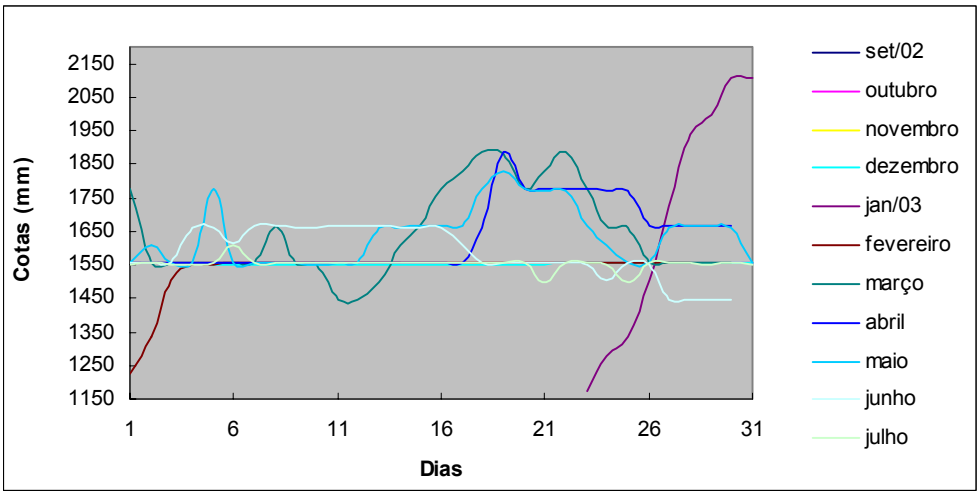


Figura 66 – Cotas diárias dos igarapé Janjão, Fazenda Bom Jesus. Município de Castanhal (PA). Período: Setembro de 2002 a Julho 2003.

Em todos os igarapés, o raio hidráulico sofreu aumento (Tabela 27 e 28), contribuindo desse modo para um melhor escoamento superficial. Somente o igarapé Capiranga apresentou o tamanho do raio hidráulico semelhante ao do período menos chuvoso 0.1m, mostrando desse modo a pouca capacidade de escoamento. O maior raio hidráulico calculado nesse período, foi para o igarapé Apeú, na seção da Agrovila Macapazinho, da ordem de 0.36m.

As velocidades médias alcançadas nesse período variaram de 0,0m/s presente em todos os igarapés a 0.58m/s no igarapé Apeú (Chácara Paraíso), (Figuras 67 e 68), e as vazões médias estiveram no intervalo de 0.10m³/s, no igarapé São João (Sítio Sapucaia) a 14,2m³/s no igarapé Apeú (Agrovila de Macapazinho), Tabela 28.

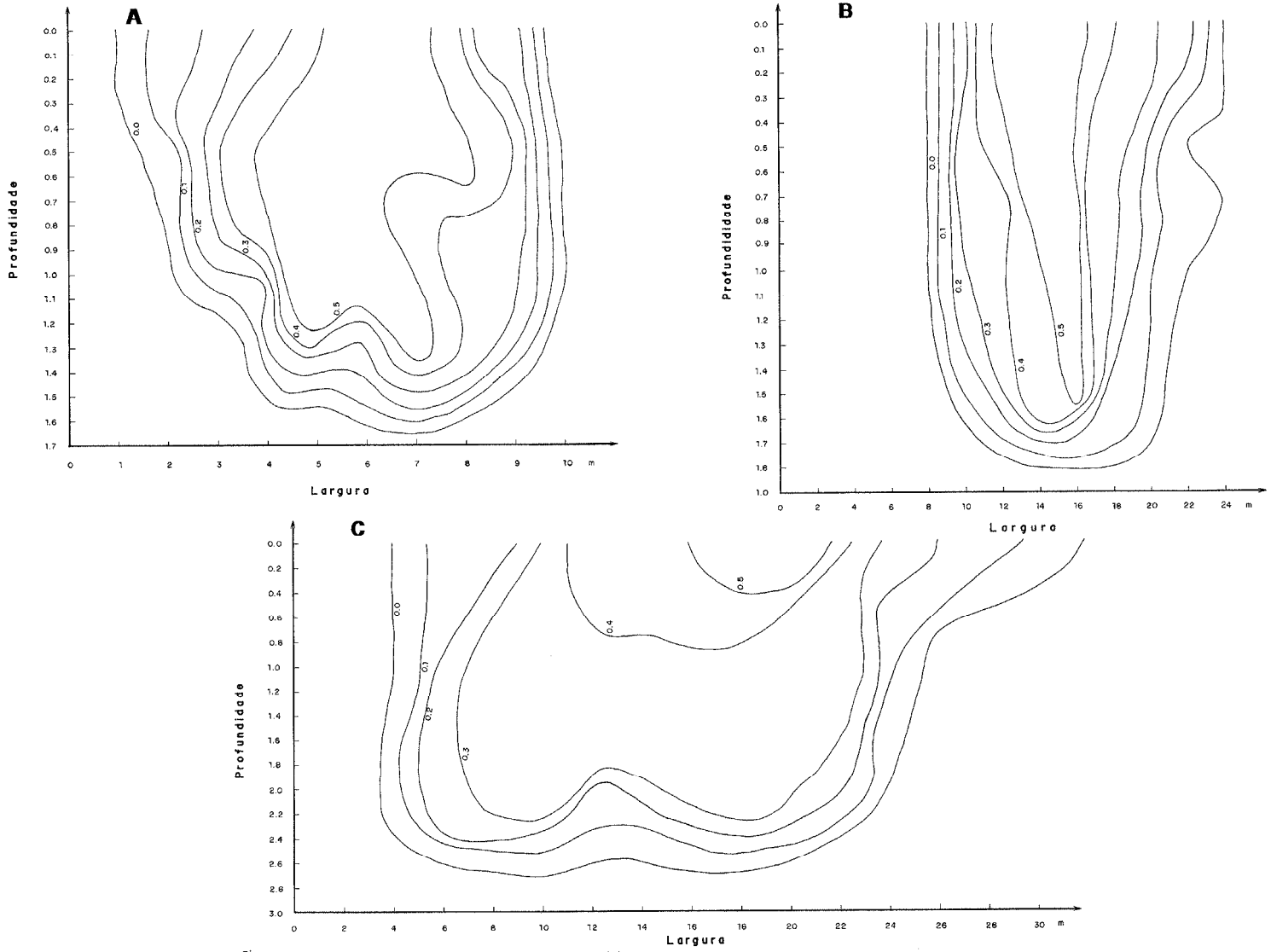


Figura 67-Isótocas (m/s) do Igarapé Apeú, Município de Castanhal Pa, (A); Chácara Paraíso. Período: 21/04/03; Agrovilas Boa Vista (B); Macapazinho (C); Período: 10/04/03.

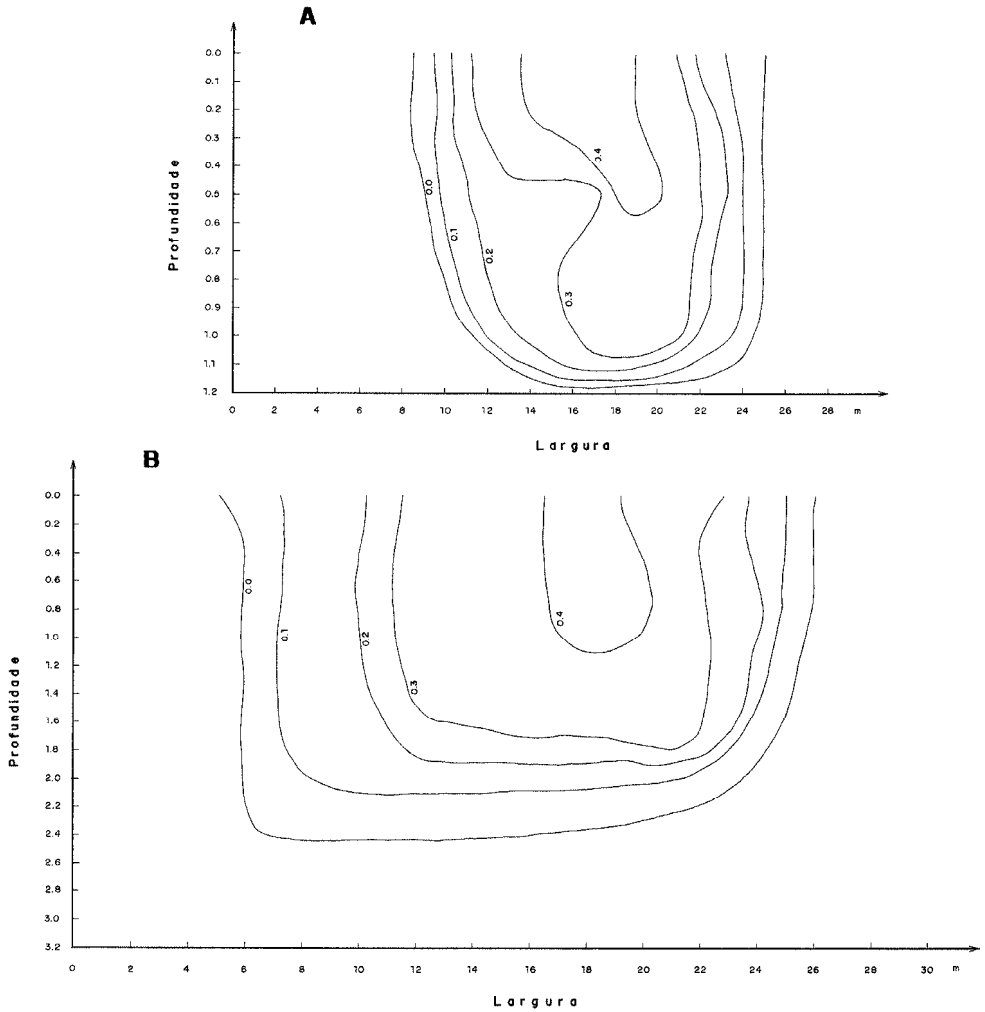


Figura 68 - Isótacas (m/s) do Igarapé Apeú, Agrovilas Boa Vista (A); Macapazinho (B); Período: 22/05/03

7. 2 - REPRESAMENTOS E A VELOCIDADE DOS IGARAPÉS

Os igarapés dessa microbacia sofrem vários tipos de represamentos ao longo de seus percursos, como piscinas, lagos, balneários e nos quintais das residências é comum colocar barreiras ao longo de seus percursos, para conterem o deslocamento das águas (Figura 69). Essas interferências prejudicam a geometria hidráulica e a hidrologia desses cursos d'água, visto que vão modificar a ação dos processos morfogenéticos, a dinâmica do fluxo e os mecanismos de transporte, transformando o ecossistema lótico em um ecossistema lêntico.

Figura 69 – Sacos de areia colocados no percurso do igarapé Papuquara como barreiras para conter o escoamento das águas. Agrovila de Pacuquara, município de Castanhal. Julho de 2003.

Ao analisar o igarapé Janjão, verifica-se que desde a sua nascente sofre um represamento para alimentar uma piscina, sai da piscina por uma tubulação posteriormente entra na fazenda Lago Azul e no interior dessa fazenda compõe um lago que está tomado por uma vegetação hidrófila constituída, principalmente, por gramíneas, que passa a ser a única formação vegetal ao longo desse lago, portanto não há cobertura vegetal de grande porte, após as águas passarem por uma tubulação

passa a percorrer um canal estreito. Depois, numa propriedade contígua à fazenda, o canal passa a forma uma área alagada, com árvores de grande porte. Ao retornar a área da fazenda Lago Azul, ocupa uma área que passa ser o seu canal (Figura 70A), atravessando a estrada vicinal Transcastanhal, penetrando na fazenda Bom Jesus. No interior dessa fazenda passa a compor um novo lago, (Figura 70B), e no período menos chuvoso as suas águas diminuem. Todavia é no seu canal normal que as águas quase secam, provocando a mortandade de peixes, conforme pode se observar na Figura 70 (C), após passar pela segunda comporta, as suas águas passam a percorrer um canal pantanoso (Figura 70D), depois penetra na fazenda Morro Verde indo desaguar no igarapé Apeú, com uma profundidade que em julho de 2002, foi de 0,25m.

SANTOS, ODETE

Figura 70 – Igarapé Janjão. (**A**) Saindo da Fazenda Lago Azul, atravessando a Estrada Transcastanhal. (**B**) Trecho do igarapé no interior da Fazenda Bom Jesus transformado em lago. (**C**) Parte do canal quase seco apresentando a mortandade de peixes. (**D**) canal pantonoso.

Na 1ª quinzena de janeiro de 2003, as comportas foram abertas por causa de um defeito numa delas, secando o lago. Nessa ocasião pode se ver realmente o percurso do igarapé e de um afluente, observando que o lago modificou completamente a configuração do curso d'água (Figura 71), alterando a velocidade do fluxo, a largura e profundidade do mesmo. Também, notaram-se nos primeiros dias do mês de Janeiro um aumento nos níveis diários do igarapé Apeú na Chácara Paraíso, (Figura 61A). Portanto, a vazão provocada com a abertura das comportas do igarapé Janjão influenciou nas cotas do igarapé Apeú na Chácara Paraíso.

Figura 71- Canal do igarapé Janjão, no interior da Fazenda Bom Jesus. Município de Castanhal, PA. Janeiro de 2003.

O igarapé Itaqui, no interior do Sistema Penitenciário Estadual Americano, teve o seu percurso desviado para formação de um lago para criação de peixes, o qual está tomado por macrófitas, assim como o seu canal, com essas características penetra no interior da fazenda Nova Sião (Figura 72A), depois prossegue o seu curso normal, (Figura 72B). Ocorre que esse igarapé antes de chegar ao povoado de Santa Rosa passa por outros represamentos, como o do balneário de Água Fria.

Figura 72 – Igarapé Itaqui no interior da fazenda Nova Sião, município de Santa Izabel do Pará (PA): **A** – Canal do igarapé tomado por macrófitas; **B** – Percurso sem obstáculos.

O represamento no igarapé Capiranga, no interior da Fazenda Santa Clara, em virtude do mau dimensionamento, por ocasião do período chuvoso houve um rompimento da barreira antes do período da pesquisa, por essa causa foi construído um outro vertedouro, Figuras 73A e 73B, para escoamento das águas do lago quando atingirem níveis cuja comporta atual não tenha capacidade para o escoamento das águas. Todavia notou-se que devido a outros represamentos no igarapé, mais a jusante do lago em outras propriedades, a vazão do lago às vezes é menor que o fluxo de água mais a jusante, ocorrendo um refluxo das águas. Ainda no Capiranga, bem próximo ao deságüe no igarapé Apeú (Figura 74A), verificou-se que há uma barreira para retenção d'água (Figura 74B), essa barreira causou uma velocidade de queda, cuja força de atrito d'água com o fundo do vale provocou uma depressão e, mais adiante se formou um banco de areia, um processo de agradação (Figura 74C), aumentando desse modo

a competência do igarapé, crê-se que por isso o raio hidráulico não variou entre o período menos chuvoso (novembro) e o período mais chuvoso (março) à jusante.

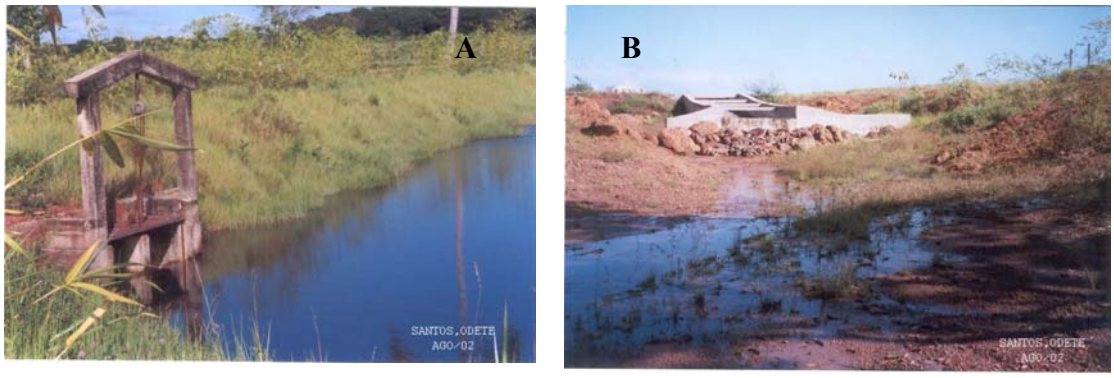


Figura 73 – Igarapé Capiranga. (**A)** Vertedouro principal; (**B)** Vertedouro auxiliar. Fazenda Santa Clara, Município de Santa Izabel do Pará.

Figura 74 – Igarapé Capiranga: (**A**) Barreira com sacos de areia para conter as águas do Igarapé; (**B**) Banco de areia; (**C**) Foz do Capiranga no Igarapé Apeú.

7.3 - SEDIMENTOS DE FUNDO.

Ao analisar os sedimentos de fundo dos igarapés que compõem a microbacia, verificou-se que em todos predominou areia grossa, que corresponde à carga do leito dos cursos d'água, portanto, maior do que a carga em suspensão. Isso ocorreu tanto no período menos chuvoso, como no período chuvoso, com exceção dos igarapés Fonte Boa e Janjão, e à jusante do igarapé Capiranga (Tabelas 29 e 30).

Tabela 29 - Classificação dos sedimentos de fundo dos igarapés: Capiranga, Fonte Boa, Janjão, Papuquara, Itaqui, Castanhal, São João. Período Novembro 2002 a Abril de 2003.

Textura g/kg	Papuquara				Itaqui	Castanhal
	Sítio São José		Est. da Cabeceira do Apeú		Santa Rosa	Faz.Flamboyant
	01/11/02	27/03/03	07/12/02	27/03/03	21/04/03	17/11/02
Areia grossa	810	830	790	660	770	760
Areia fina	170	150	160	200	200	220
Silte	0	20	10	0	30	0
Argila	20	0	40	140	0	20

Textura g/kg	Capiranga					Fonte Boa		Janjão
	Faz. Sta.Clara		Ponte			Faz.Fonte Boa		Faz.Bom Jesus
	27/03/03	24/05/04	07/12/02	21/04/03	24/05/04	11/11/02	27/03/03	11/11/02
Areia grossa	530	670	560	530	530	380	160	370
Areia fina	440	240	40	440	420	180	190	300
Silte	30	90	0	30	50	90	170	10
Argila	0	0	400	0	0	320	480	120

Igarapé São João							
Textura g/kg	Sítio Sapucaia			Agrovila São João		Agrovila Trindade	
	22/ 11/02	20/03/03	12/04/03	22/11/02	12/04/03	22/ 11/02	12/04/03
Areia grossa	530	580	930	650	830	770	860
Areia fina	170	340	40	290	150	170	110
Silte	100	0	30	40	20	40	30
Argila	200	0	0	20	0	20	0

Elaborada por SANTOS, O.C. de O., 2005.

Tabela 30 - Classificação dos sedimentos de fundo do Igarapé Apeú, Município de Castanhal. Período Novembro de 2002 a Abril de 2003.

Igarapé Apeú						
Textura g/kg	Chácara Paraíso		Agrovila Boa Vista		Agrovila Macapazinho	
	17/11/02	21/04/03	22/11/02	10/04/03	23/11/02	10/04/03
Areia grossa	750	880	880	730	930	790
Areia fina	220	110	100	250	50	200
Silte	10	10	0	20	0	10
Argila	20	0	20	0	20	0

Elaborada por SANTOS, O.C.de O., 2005.

No período menos chuvoso, no Janjão predominou a areia fina e no igarapé Fonte Boa, apesar da preponderância da areia grossa, observou-se que a concentração de argila foi superior a de areia fina em 34,4%. No período chuvoso, no igarapé Fonte Boa o domínio foi da carga em suspensão, visto que a concentração de argila foi superior às concentrações de areias grossa e fina em 37%. Vale salientar que este igarapé, nesse período, foi aquele que apresentou a menor vazão, sendo um igarapé de águas muito calmas, visto que nesse período as velocidades oscilaram entre 0.0 e 0.1 m/s nessa seção (Figura 75), o qual, ao atingir a velocidade crítica, depositou a carga em suspensão.

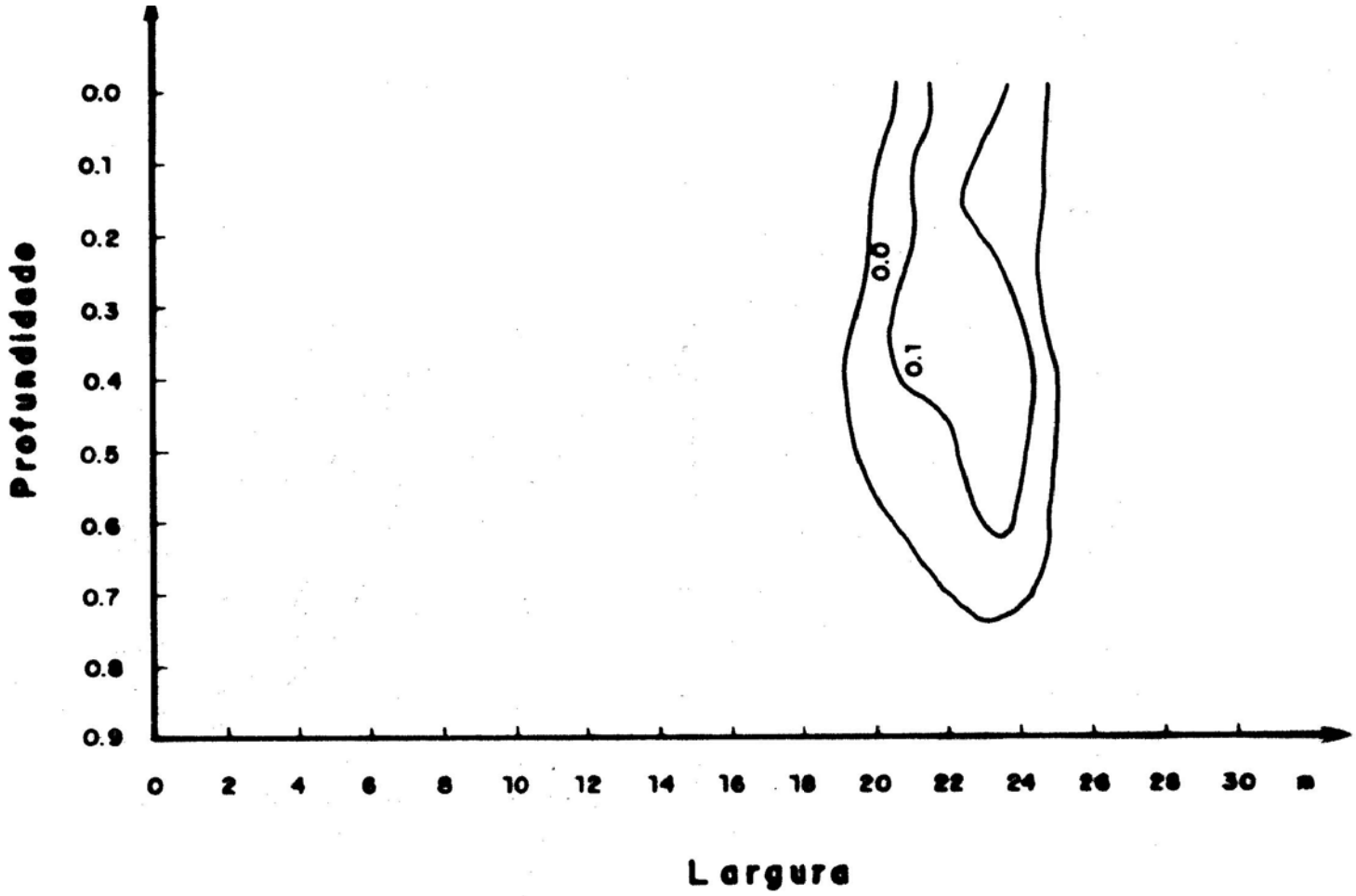


Figura 75 - Isótacas (m/s) da Seção molhada do Igarapé Fonte Boa, Fazenda Fonte Boa, Município de Castanhal Pa. Período: 27/03/03.

As maiores concentrações de argila, no período menos chuvoso, foram detectadas na seção molhada à jusante do igarapé Capiranga, na Travessa Augusto Montenegro, quantificada em 400 g/kg. De acordo com Christofoletti (1980) e Cunha (1996), a diminuição da granulometria dos sedimentos, em direção à jusante, é causada pela diminuição da declividade e do aumento da profundidade, provocando a diminuição da competência fluvial. Baseando-se nessa afirmação, pode se dizer que esta foi a causa da presença desse volume de argila, apesar de no período chuvoso ter ocorrido o inverso, em que predominou a carga do leito do rio, cujo transporte foi maior, devido às enchentes do igarapé. A prova disso foi a descarga determinada nesse período que nessa seção foi da ordem de 0,94m³/s (Tabela 27), e a velocidade máxima média de 0,7m/s.

A quantidade de silte presente nos sedimentos do fundo dos igarapés, no período menos chuvoso, variou de 0,0 a 140g/kg. As concentrações nulas foram detectadas nas seções transversais dos igarapés Apeú (Agrovilas Boa Vista e Macapazinho), Capiranga (seção molhada à jusante na Travessa Augusto Montenegro), Castanhal (Fazenda Flamboyant), Papuquara (Sítio São José). No período chuvoso as concentrações de silte variaram de 0,0g/kg no igarapé Papuquara (seção molhada na ponte da estrada vicinal da Cabeceira do Igarapé Apeú) a 170g/kg no Igarapé Fonte Boa.

A predominância de sedimentos de textura arenosa nos igarapés vem confirmar a grande falta de vegetação de mata ciliar nas margens e nas encostas dos igarapés; uma demonstração da interferência das atividades humanas na vida desses cursos d'água, visto que a textura predominante das voçorocas e ravinas monitoradas foi arenosa.

7.4 - A HIDROLOGIA E A EROSÃO.

A erosão tem influenciado muito na geomorfologia dos canais dos igarapés assim como na hidrologia.

No caso do igarapé Apeú, verificou-se que o produto da erosão das encostas, provenientes das Fazendas Buriti e Morro Verde, causou mudanças no percurso do mesmo. Num trecho do percurso desse igarapé, no interior da Fazenda Morro Verde, por causa da erosão foi desviado para o interior da Fazenda Buriti em cerca de 50m (Figura 76**A)**, voltando a percorrer o interior da Fazenda Morro Verde por um canal estreito com uma profundidade de 0.50m (Figura 76**B**), atingindo uma área colmatada voltando a alargar o seu canal de tal forma que passa a escoar de modo aleatório superficialmente, (Figura 76**C**) até atingir o canal mais profundo no interior dessa fazenda, perseguindo um canal mais definido, com direção mais determinada, apesar das variações de profundidade, conforme a configuração dos perfis das seções molhadas (Figuras 65A e 65B e 65C).

Segundo o Sr. Gaspar, capataz e morador da fazenda Buriti, a profundidade do igarapé Apeú em suas nascentes, em 1980, era 2,00m, todavia em 2000, essa a profundidade estava em torno de 0,20m.

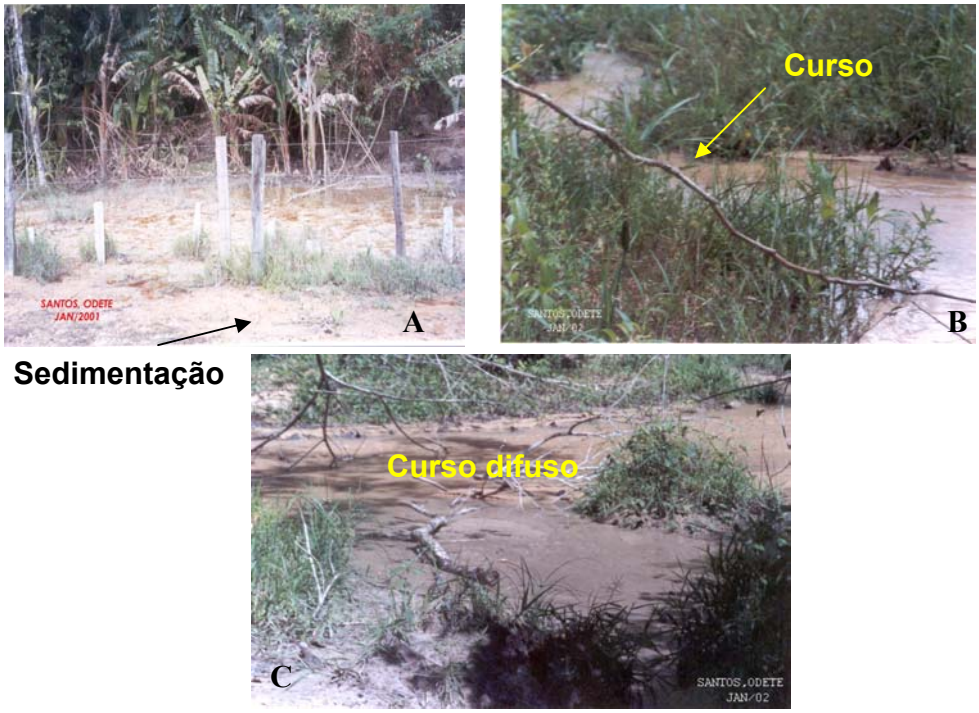


Figura 76 – Igarapé Apeú: (**A**) Colmatagem do canal no interior da Fazenda Morro Verde, deslocando o curso do igarapé para o interior da Fazenda Buriti; (**B**) Curso do igarapé no interior da Fazenda Morro Verde; (**C**) Curso do igarapé difuso**.**

No período chuvoso, principalmente entre Dezembro de 2002 e Março de 2003, houve uma grande transformação no percurso de um afluente do igarapé Apeú no interior da Fazenda Buriti: uma grande quantidade de sedimentos transportados da voçoroca alcançou as margens desse afluente (Figura 77**A**), provocando mudança no seu curso (Figura 77**B**) e o aparecimento de outro curso d' água (Figura 77**C**).

Figura 77 - Interior da Fazenda Buriti: (**A**) Acúmulo de sedimentos transportado pelas chuvas. (**B**) Mudança num trecho do afluente devido ao transporte dos sedimentos. (**C**) Surgimento de um novo curso d'água.

O lago que se formou, no interior da voçoroca, na Fazenda Morro Verde, por causa da erosão no período chuvoso ampliou-se bastante, atingindo o interior da Fazenda Buriti (Figura 78**A** e **B**). Em junho de 2003, o proprietário da fazenda Morro Verde, para diminuir a expansão do lago, mandou construir uma canalização a fim de proporcionar uma vazão às águas do lago (Figura 78**C**)**,** depois de passar pela canalização, as águas são despejadas numa calha e, posteriormente, fluindo como um curso d'água (Figura 78**D**), até desaguar no igarapé Apeú no interior da fazenda.

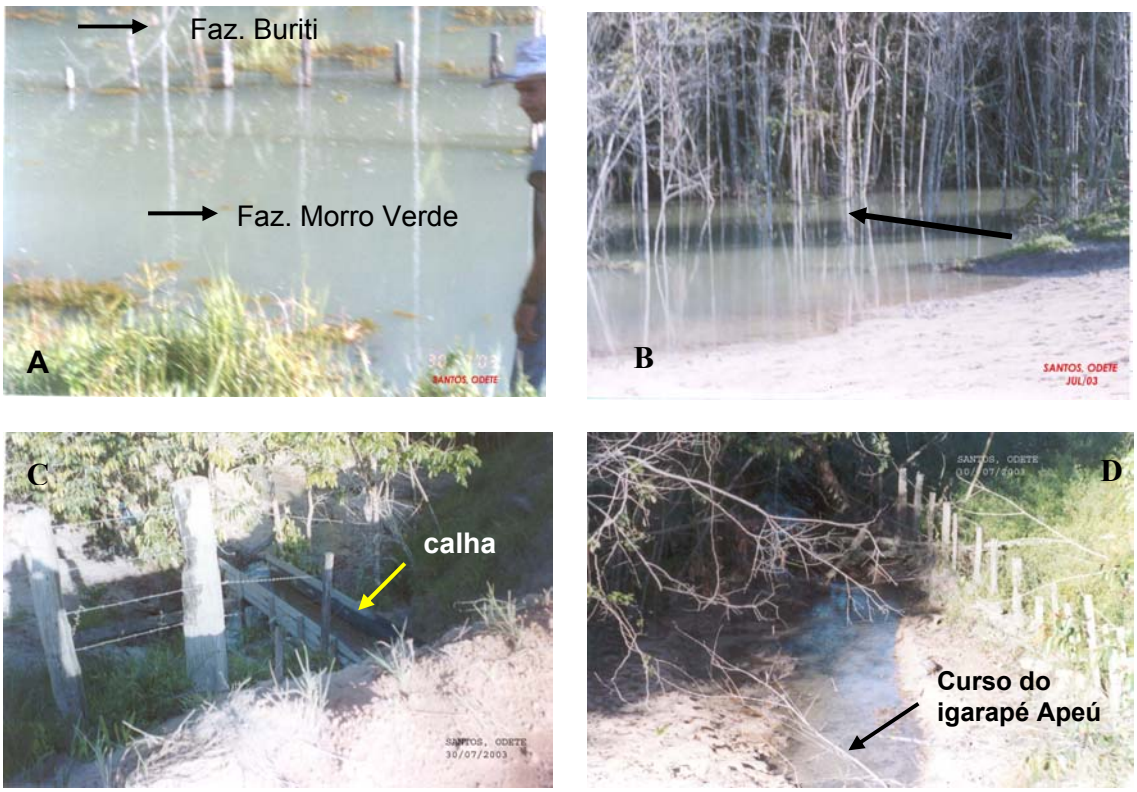


Figura 78 – (**A**) Lago expandindo penetrando na Fazenda Buriti; (**B**) Expansão do Lago para o interior da Fazenda Buriti; (**C**) Calha por onde escoa a água do lago; (**D**) Água do lago desaguando no igarapé Apeú.

Ainda no alto curso do Igarapé Apeú, até Agosto de 2002, próximo à foz do igarapé Capiranga no Apeú, no Distrito do Apeú, nas margens do mesmo havia árvores e gramíneas (Figura 79**A**), compondo a área de inundação do Igarapé, quando por ocasião do período chuvoso é ocupada pelas águas. Em fins de setembro de 2002, iniciaram as obras nessa área, promovidas pela prefeitura de Castanhal sob o nome de ”Urbanização da Orla do Rio Apeú“, quando foi colmatada parte dessa área, para construção de um muro de arrimo e realizadas algumas construções. Ocorre que, no período chuvoso, essa área foi tomada pelas águas como o acontecido nos dias 01/03/03 e 26/04/03 (Figura 79**B**). Na área construída não se tem nenhuma cobertura

vegetal, apenas algumas árvores que foram plantadas, estando em fase de crescimento (Figura 79**C**). Nota-se nesse trecho, em ambas margens, a presença da erosão principalmente na margem esquerda do igarapé (Figura 79**D**). Acredita-se que essas construções contribuíram para a diminuição da largura e profundidade do igarapé nessa área, diminuindo também a velocidade, e aumentando a competência do mesmo. Como conseqüência se tem o surgimento de um banco de areia logo após a ponte Transapeú, (Figura 79**E**), o qual está sendo também alimentado pelos banhistas que, no período de vazante do igarapé, colocam barreiras embaixo da ponte Transapeú (Figura 79**F**), para que haja um aumento do nível das águas antes da ponte.

Figura 79 - Igarapé Apeú: (**A**) Antes das modificações; (**B**) No período de enchentes por ocasião das obras de urbanização, em 26/04/03; (**C**) Após a conclusão das obras; (**D**) Erosão nas margens esquerda em 17/12/05; (**E**); Barreira embaixo da ponte Transapeú para reter o escoamento das águas; (**F**) Banco de areia em formação após a ponte Transapeú.

A construção de estradas quer pelos Órgãos Oficiais, quer por particulares, tem colaborado para a destruição dos cursos d'água, as tubulações usadas para o escoamento das águas têm sido mal dimensionadas, cujas dimensões são insuficientes para a vazão dos igarapés, cujas águas invadem as estradas, principalmente, no período chuvoso, conforme se observou ao longo da pesquisa. Como exemplo, tem-se o caso de uma estrada vicinal que corta o percurso de um afluente do igarapé Papuquara, por causa da tubulação mal dimensionada, o fluxo de água foi insuficiente para transportar os sedimentos, depositando-os dentro da tubulação (Figura 80**A**). A concentração de sedimentos não permite o escoamento das águas, ficando as mesmas confinadas do outro lado da estrada (Figura 80**B**) e o excesso de água está provocando a morte da mata ciliar, o mesmo ocorre numa estrada vicinal que liga a Agrovila de Trindade a um povoado (Figura 80**C**).

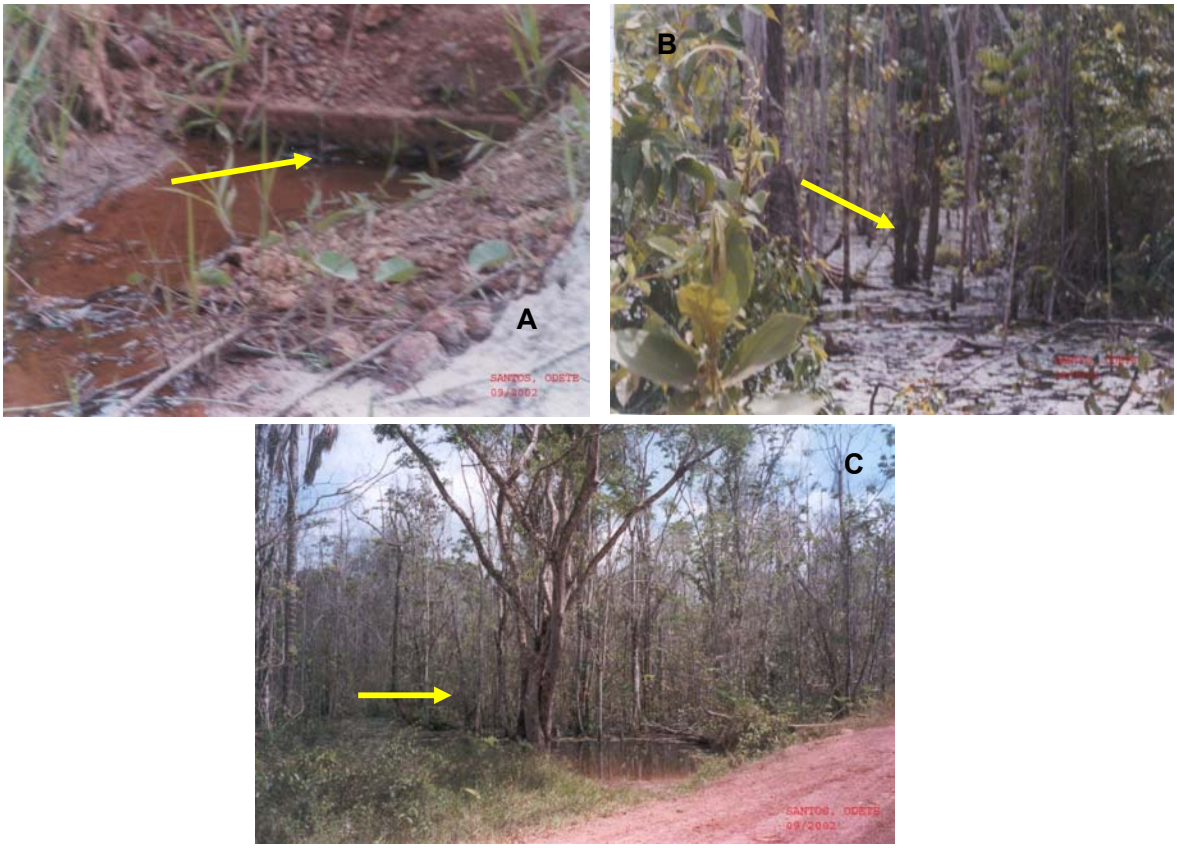


Figura 80 – (**A**) Tubulação cheia de sedimentos não permitindo o escoamento das águas do afluente do igarapé Papuquara. (**B**) Águas do afluente do Papuquara confinadas no outro lado da estrada. (**C**) Mata ciliar morrendo dentro do igarapé confinado na estrada que liga a Agrovila de Trindade a um povoado.

No interior de uma propriedade o mesmo erro repete–se; a tubulação mal dimensionada (Figura 81**A**), não permite o escoamento das águas do igarapé Papuquara, provocando a confinação das águas do outro lado da estrada (Figura 81**B**).

Figuras 81 – (**A**) Tubulação inadequada para escoamento das águas do igarapé Papuquara. (**B**) Águas do igarapé Papuquara confinadas.

Notou-se, também, que num trecho do canal do igarapé Papuquara, a tubulação está dimensionada mais corretamente, permitindo que as águas ao saírem da mesma, espalham-se (Figura 82**A**), tomando um direcionamento difuso apresentando a profundidade em torno de 0,05m, posteriormente, juntam-se em um direcionamento, todavia a profundidade não ultrapassa 0,10m (Figura 82**B**). Contudo no interior do tubo verificou-se a presença de sedimentos, necessitando de uma limpeza.

Figura 82 – Igarapé Papuquara: (**A**) O escoamento saindo pela tubulação em forma difusa; (**B**) O curso do igarapé direcionado.

Além desses problemas, tem-se a falta de saneamento básico que colabora para deteriorização dos recursos hídricos.

8 - SANEAMENTO BÁSICO

O saneamento básico nesses municípios é deficiente, principalmente na zona rural que compõe a microbacia cuja superfície é superior a da zona urbana.

De acordo com a pesquisa de campo o abastecimento de água na área urbana dos três municípios é realizado pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), conforme as informações em 2003 do Eng. Civil Warliton, gerente dessa empresa, nos municípios de Castanhal e Inhangapí, a água não recebe tratamento, ela é proveniente de poços artesianos. Os bairros que estão localizados na área da bacia e que são atendidos pela COSANPA são: Apeú, COHAB, Cristo, Saudade I e Saudade II. Em média são consumidos 20m³ de água por mês em cada residência, podendo uma residência consumir até 40m³/mês, que é o máximo. Todavia, há residências onde os proprietários perfuram seus próprios poços artesianos ou amazonas (poços perfurados a profundidades que alcancem o primeiro o lençol freático).

Vale salientar que no município de Castanhal, além da COSANPA, há uma empresa particular de propriedade do Sr. Mariano Antonio da Silva Rodrigues: a Serviços Gerais de Conservação - SERGECON, que explora 10 poços semi-artesianos, sendo 8 com profundidades de 14 a 15m e um de 30m com capacidade de abastecimento de 15.000 a 20.000 litros/hora cada poço. Por causa da demanda, em 1999, foi perfurado e construído o 10º poço que tem 72m de profundidade por 6 polegadas de diâmetro, o qual produz 40.000 litros/hora. Esses poços atendem a demanda doméstica cerca de 1000 casas no conjunto Fonte Boa e mais 300 casas no entorno desse conjunto e o comércio local desse bairro.

Os frigoríficos, as indústrias e os curtumes utilizam água de poços artesianos próprios como se observou na Mariza Indústria e Comércio, cuja demanda de água para as suas atividades é atendida por um poço artesiano de 15 a 16m de profundidade. Os efluentes dessa indústria são despejados em canaletas e caixas de gordura no interior das instalações da indústria e, posteriormente, fluem para as canaletas da Avenida Barão do Rio Branco, construídas para o escoamento das águas pluviais, por ocasião do asfaltamento da avenida.

Segundo o Eng.Civil Urubatan Nazaré Reis, Secretário de Obras do Município de Castanhal, em 2003, não havia monitoramento dos efluentes industriais,.frigoríficos e curtumes.

O abastecimento de água na área rural é realizado por poços artesianos, que são perfurados por meio de convênios entre a Secretaria de Saúde Pública do Estado do Pará-SESPA e a Prefeitura dos municípios. Em cada agrovila foi construído um poço e, desse poço, é realizada a canalização para as residências, atendendo geralmente às famílias residentes mais próximas do poço as demais perfuram o seu próprio que pode ser artesiano, como ocorre nas fazendas, ou do tipo amazonas, ou então usam diretamente as águas dos igarapés para todas atividades, como por exemplo, no sítio Sapucaia e Agrovila São João, Figura 83**A** e **B.**

Figura 83 - Igarapé São João: (**A**) Lavagem de verduras, Sítio Sapucaia; (**B**) Lavagem da mandioca, Agrovila São João. Município de Santa Izabel do Pará, (PA).

Os agricultores que possuem cursos d'água dentro de suas propriedades utilizam as águas dos mesmos para irrigar as culturas, principalmente as hortaliças, e colocam a mandioca de molho dentro dos igarapés, geralmente numa parte próxima às margens.

Nas fazendas, as águas dos igarapés são usadas para banho de animais e para dessedentação, e é por ocasião dessa última atividade que alguns animais ficam atolados e morrem dentro dos igarapés, ou próximo às suas margens, Figura 84**A e B**.

Figura 84 – (**A**) Carcaça de um boi, no Igarapé Apeú; (**B**) Boi morto próximo de lençol freático aflorado. Fazenda Morro Verde. Município de Castanhal (PA).

Os moradores das agrovilas de Apeteua, São João e Trindade para terem acesso à água do poço artesiano da prefeitura, pagam uma taxa de R$1,00 para a SESPA, todavia a grande parte não tem realizado esse pagamento porque não possui recursos financeiros para tal, entretanto, o conserto da bomba do poço artesiano comunitário nessas agrovilas é realizado por conta dos próprios moradores. Nas agrovilas de Boa Vista e Macapazinho o conserto é realizado pela prefeitura de Castanhal; como há demora nesse conserto, os moradores que são atendidos pelo poço comunitário recorrem aos poços dos vizinhos e aos igarapés.

A partir do final do mês de junho ao mês de julho, os moradores das agrovilas de Boa Vista e Macapazinho, sofrem escassez de água, visto que a quantidade de água produzida pelo poço comunitário não atende ao consumo da população que, devido às férias escolares, aumenta, assim como no Distrito do Apeú. Essa escassez em Macapazinho prolonga-se até meados de agosto, quando ocorre a festividade do Círio de Nossa Senhora de Nazaré. Na agrovila de Itaqui a falta de água ocorre de setembro a outubro, portanto coincidindo com o período menos chuvoso. Por ocasião da falta de água, cerca de 17,8% a 80% da população recorre às águas dos igarapés com exceção

dos distritos de Americano e do Apeú, onde cerca de 72,4 a 80% utilizam os poços de vizinhos. Os poços residenciais estão perfurados a uma distância dos sanitários que varia de 2 a 10 metros.

Segundo a Tabela 31, verifica-se que nem todas as residências têm banheiros e sanitários, e aquelas que os possuem nem sempre esses fazem parte das dependências das casas, como na agrovila de Macapazinho, onde cerca de 16,2% dos domicílios têm dois sanitários, um compondo as dependências da casa e outro no quintal.

Tabela 31 - Distribuição de banheiros e sanitários na área da microbacia Hidrográfica do Igarapé Apeú, em porcentagem (%).

Localidade	Banheiro						Sanitários					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**3**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**3**
Distrito do Apeú	89,5	1,3	9,2	26,3	72,4	1,3	31,6	64,5	3,9	29,0	68,4	2,6
Distrito de Americano	83,3	5,6	11,1	50,0	50,0	0,0	94,4	5,6	0,0	66,7	22,3	11
Apeteua	80,0	0,0	20,0	20,0	60,0	20,0	80,0	20,0	0,0	40,0	40,0	20,0
Agrovila Boa Vista	40,0	50,0	10,0	30,0	20,0	50,0	95,0	5,0	0,0	85,0	15,0	0,0
Agrovila Itaqui	42,9	45,9	11,2	60,2	25,5	14,3	62,3	26,5	11,2	71,4	25,5	3,1
Agrovila Macapazinho	98,8	0,0	1,2	36,3	62,5	1,2	97,5	2,5	0,0	40,0	40,0	20
Agrovila Papuqaura	54,8	35,6	9,6	58,9	13,7	27,4	87,7	9,6	2,7	78,0	11,0	11,0
Agrovila São João	80,8	11,5	7,7	34,6	46,2	19,2	100	0,0	0,0	57,7	42,3	0,0
Agrovila Trindade	68,6	27,9	3,5	34,9	38,4	26,7	90,7	9,3	0,0	61,6	27,9	1,2

1-Sim; 2-Não; 3-Não responderam; 4-Quintal; 5-Dentro de casa.
Elaborada por SANTOS, O.C.de O., 2005.

Os tipos de privadas encontradas na área da bacia foram: privadas com fossas secas e escavadas no solo que recebem os dejetos diretamente sem receber descarga de água (Figura 85) e fossas sépticas.

Figura 85 - Tipo de sanitário sem receber descarga de água (**A**). Interior do Sanitário (**B**). Sítio Sapucaia, Município de Santa Izabel do Pará (PA).

As fossas sépticas (FSESP, 1972) encontradas, tanto na área urbana como nas rurais, é do tipo que utiliza uma privada WC (Water closet), que corresponde a uma bacia construída em louça ou em cerâmica esmaltada, recebe os dejetos e permite o seu afastamento por um sistema de transporte hídrico, sendo esse efluente direcionado para um tanque séptico que recolhe os dejetos. As águas servidas após passar por caixas de gorduras, são jogadas na canalização de recebimento das águas pluviais, ou escoadas por tubulação até os igarapés. Em algumas fazendas o tanque séptico

recolhe os dejetos e também as águas servidas, em outras são jogadas na terra ou escoados por tubulação até os igarapés.

Na zona rural, aqueles domicílios que não têm sanitários, os seus habitantes utilizam o do vizinho ou da comunidade, ou recorrem a uma área de capoeira próximo ao domicílio.

Com relação a coleta do lixo, esta é realizada nos bairros centrais da cidade de Castanhal, e o lixo é depositado em um lixão a céu aberto; próximo desse local há uma invasão chamada de Pantanal (Figura 86).

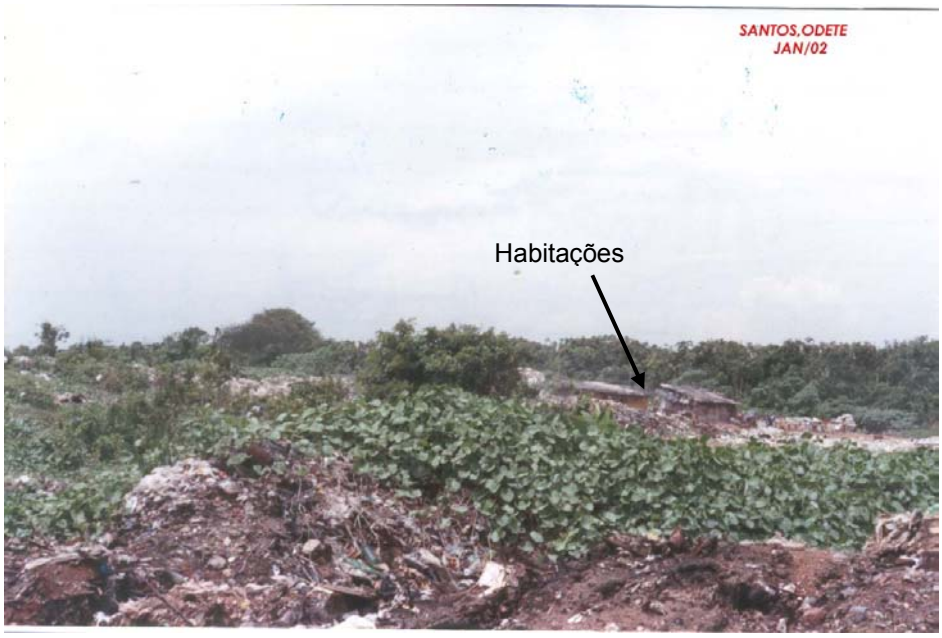


Figura 86 – Depósito de lixo da área urbana do Município de Castanhal, a céu aberto e a invasão do Pantanal.

Nos bairros periféricos não há coleta, o lixo é jogado em terrenos baldios ou próximo às margens dos igarapés, como por exemplo, próximo ao igarapé Fonte Boa (Figura 87).

Figura 87 – Depósito de lixo próximo do Igarapé Fonte Boa, e o escoamento superficial em direção ao mesmo, Município de Castanhal (PA).

Na zona rural, a população é quem resolve o destino do lixo. De acordo com o levantamento de campo, grande parte dos habitantes, entre 46% a 76,5%, queima o lixo doméstico. Todavia, verificou-se que uns queimam o lixo nos troncos de árvores em locais públicos, ou nos quintais, o que prejudica o desenvolvimento do vegetal, causando a morte do mesmo, por causa da alta temperatura, ou lançam às margens dos igarapés. Na agrovila de Macapazinho, a Associação de Desenvolvimento Rural de Macapazinho reservou uma pequena área onde acumula o lixo e queima. Todavia, nem todos os moradores depositam o lixo nesse local; conforme consta nos questionários (modelo em anexo) preenchidos, há um certo número de moradores da zona rural que preenchem com lixo os buracos que surgem no quintal devido à erosão, ou cavam buracos para depositá-lo, como é o caso de alguns moradores da agrovila do Apeteua; outros, simplesmente, jogam ao longo das ruas.

Apesar do baixo nível educacional da população, principalmente nas agrovilas do Apeteua, Itaqui, Macapazinho, Papuquara, São João e Trindade, que na maioria são

semi-analfabetos, visto que estudaram apenas até a 3ª série do ensino fundamental, há uma preocupação com a preservação da cobertura vegetal ao longo dos igarapés. Pois essa cobertura fixa a areia nas raízes das árvores, diminuindo a erosão. Caso contrário, o produto proveniente dessa erosão é jogado nos igarapés, diminuindo a profundidade dos mesmos, não permitindo a navegação de seus botes, o banho e a pesca; esta última de grande importância para os pequenos agricultores, porque complementa a alimentação familiar. A erosão, ainda prejudica a qualidade da água, entretanto essa população não tem consciência de como agir para reverter os danos.

9 - QUALIDADE DAS ÁGUAS.

De acordo com os resultados das análises bacteriológicas (Tabela 32), verificou-se que as águas dos igarapés acusaram concentrações de Coliformes Totais e de E. Coli entre si e nos períodos menos chuvoso e chuvoso.

No período menos chuvoso, os Coliformes Totais variaram de 51.720NMP/100 ml, no igarapé de Castanhal (Fazenda Flamboyant) a 2.282NMP/100ml, no igarapé São João (sitio São Sebastião); a concentração de E. Coli variou de 1580NMP/100ml, no igarapé Capiranga, Distrito do Apeú (trecho urbanizado) a Zero em suas nascentes (Fazenda Santa Clara), (SANTOS, 2003).

Tabela 32 - Análise bacteriológica em Número Mais Provável (NMP)/100ml dos igarapés: (1) Apeú; (2) Janjão; (3) Fonte Boa; (4)Papuquara; (5) Capiranga; (6) Itaqui; (7) Castanhal; (8) São João. Período Novembro de 2002 a Maio de 2005.

Local	Data	Análise Bacteriológica (NMP/100ml)		
		Coliformes		
		Fecal	Total	E. Coli
Faz. Morro Verde (1)	08/04/02	$4,3x10^2$	2.430	100
Chácara Paraíso (1)	13/11/02		9.208	345
	22/04/03	$150x10^3$	16.070	860
Agrovila Boa Vista (1)	13/11/02		14.136	537
	22/04/03	$9,3x10^3$	9.590	310
Agrovila Macapazinho (1)	13/11/02		10.462	318
	22/04/03	$2,1x10^3$	23.820	410
Afluente de (1) Fazenda Buriti	27/11/02		23.820	310
	08/04/03	$1,5x10^2$	10.460	0,0
Faz. Bom Jesus (2)	27/11/02		17.250	1.220
	06/05/03	$4.6x10^3$	24.192	413
Faz. Fonte Boa (3)	27/11/02		31.300	100
	08/04/03	$9,3x10^2$	18.600	730
Sítio São José (4)	27/11/02		18.420	630
	15/04/03		28.510	850
Estrada da Cabeceira do Apeú (4)	22/04/03	$4.3x10^2$	9.600	740
Faz. Santa Clara (5)	27/11/02		13.540	0,0
	15/04/03		12.590	520
Av. .Augusto Montenegro (5)	27/11/02		46.740	1.580
	15/04/03		12.590	410
Colônia Agrícola Heleno Fragoso (6)	06/05/03		15.531	1.631
	27/05/03	$9,3x10^3$	12.230	1.090
Povoado Santa Rosa (6)	20/11/02		8.620	520
	29/04/03	$46x10^2$	15.530	410
Fazenda Flamboyant (7)	04/12/02	-	51.720	980
	06/05/02		24.192	2.382
	27/05/03	$2,1x10^3$	20.980	1.350
Agrovila Boa Vista (7)	13/11/02		24.192	218
	22/04/03	$2,8x10^3$	20.140	2430
Sítio Sapucaia (8)	20/11/02		2.282	41
	29/04/03	$1,5x10^2$	2.590	100
Agrovila São João (8)	20/11/02		21.780	200
	29/04/03	$15x10^2$	7.120	300
Agrovila Trindade (8)	20/11/02		6.380	200
	29/04/03	$9,3x10^2$	13.760	730

Fonte: SANTOS, O. C. de O., 2003.

No período chuvoso, as concentrações de Coliformes Totais variaram de 28.510 NMP/ml, no igarapé Papuquara (Sítio São José) a 2.590 NMP/ml, no igarapé São João, no Sitio São Sebastião e os Coliformes Fecais, de 150 NMP/ml, no afluente do igarapé Apeú (Fazenda Buriti) e no igarapé São João (Sítio Sapucaia) a 9.300 NMP/ml nos igararapés Apeú (Agrovila Boa Vista) e Itaqui (Fazenda Nova Sião); a concentração de E. Coli foi da ordem de 2.430 NMP/100 ml no Igarapé Castanhal, próximo à sua jusante (SANTOS, 2003).

De um modo geral, notou-se que as maiores concentrações de Coliformes Totais e E. coli ocorreram no período chuvoso, principalmente nos igarapés cujas planícies de inundações, nessa época, são tomadas pelas águas, como no alto curso do igarapé Apeú, cujas propriedades têm seus quintais atingidos pelas águas onde estão construídos os sanitários (Figuras 88**A** e **B**).

Figura 88 - (**A**) O quintal de uma residência tomado pelas águas do igarapé Apeú; (**B**) Sanitário dentro d'água. Distrito do Apeú, Município de Castanhal, (PA). Março de 2003.

De acordo com a Portaria No. 1469, de 29 de dezembro de 2000, do Ministério da Saúde, a água para o consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo a de fontes individuais como poços, minas e nascentes, dentre outros, deve apresentar um padrão de potabilidade, cujo valor máximo permitido de Coliformes totais e E. Coli é de ausência total em 100ml. Portanto, a água dessa microbacia não pode ser utilizada para o consumo da população, porque os microorganismos presentes vão provocar doenças de veiculação hídrica como a cólera, diarréia e hepatite e de modo indireto a escabiose, doenças existentes na área, confirmadas pela pesquisa de campo.

Por outro lado, a RESOLUÇÃO No. 20 do CONAMA, no Art. 26 estabelece que águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade serão consideradas satisfatórias desde que apresentem 1.000 Coliformes fecais por 100ml ou 5.000 Coliformes totais por 100ml, portanto de acordo com os resultados apenas as águas no Igarapé São João (Sitio São Sebastião) são satisfatórias para o banho, enquanto as demais são impróprias, (SANTOS, 2003).

De acordo com as análises físico-químicas, notou-se, nas amostras de águas dos igarapés, a presença de óleos e graxas, tanto no período menos chuvoso como no chuvoso; sendo que as maiores concentrações ocorreram na época menos chuvosa, nos igarapés Capiranga (Fazenda Santa Clara), Janjão (Fazenda Bom Jesus) e Apeú (Agrovila Boa Vista) (Quadro 1). A maior concentração, no igarapé Capiranga com 2.487mg/l, e a menor concentração foi determinada nessa época, no igarapé São João (Sítio Sapucaia), cerca de 0.87mg/l. Acredita-se que essa ocorrência seja causada pela lavagem de roupas, louças, bicicletas, motocicletas, motores de lanchas, ônibus, tratores e automóveis, dentro e nas margens dos igarapés (SANTOS, 2003).

A turbidez das águas dos cursos d'água, no período menos chuvoso, variou de 1.6 NTU, no igarapé São João a 18,9 NTU e, no período chuvoso foi da ordem de 4.9 NTU, no igarapé Fonte Boa (Fazenda Fonte Boa) a 169.2 NTU, no Igarapé Capiranga (trecho urbano), (Quadro 01). Essa grande variação entre as épocas menos chuvosa e chuvosa é causada pela grande quantidade de sedimentos carreados pelas chuvas.

A quantidade de oxigênio dissolvido (OD) detectada nas amostras variou de 2.1mg/l no Castanhal (Fazenda Flamboyant) a 10.3mg/l, no igarapé Apeú, (Chácara Paraíso).

O pH das águas variou de 4.47, no Papuquara (Sitio São José) a 6.89, no Igarapé Castanhal (Fazenda Flamboyant) (Quadro 1).

Segundo o Art.4 da RESOLUÇÃO Nº. 20 do CONAMA, em qualquer amostra de água para o consumo humano e banho, não pode haver presença de óleos e graxas. A turbidez deve ser até 40 NTU, o oxigênio dissolvido em qualquer amostra não pode ser inferior a 6.0mg/l e o pH deve ser em torno de 6.0 a 9.0. Observando os resultados das análises físico–químicas, verifica-se que as concentrações de oxigênio dissolvido nos cursos d'águas que compõem a microbacia hidrográfica estão abaixo das normas do CONAMA, com exceção do ponto localizado na Chácara Paraíso. Todavia, tem-se a presença de óleos e graxas em torno de 19.22 mg/l a 25.0mg/l. Apesar do valor do pH no ponto correspondente à Fazenda Flamboyant estar de acordo com as normas do CONAMA, é um dos trechos mais poluídos da microbacia hidrográfica (SANTOS, 2003).

Quadro 1: Análises Físico-química da bacia hidrográfica do Igarapé Apeú

Local	Dia/ Mês/ Ano	pH	(ºC)	Turb (NTU)	OD (mg/l)	Cond. (µs/cm)	Ac. (mg/l) $CaCO_3$	HCO_3 (mg/l) $CaCO_3$	Dur. (mg/l) $CaCO_3$	Clore. (mg/l)	Fe_2O_3 (mg/l)	Ol.Gr. (mg/l)	MO (mg/l)	Na^{++} (mg/l)	K^{+} (mg/l)	Ca^{++} (mg/l)	PO_4 (mg/l)	Mg^{++} (mg/l)
Faz. Buriti	27/11/02	6,14	29,5	4,3	-	21	6,43	13,04	25,82	13,26	13	10,88	0,90	-	-	-	-	-
Faz. Buriti	08/04/03	4,96	29	5,1	-	26	11,5	0,66	7,44	7,45	0,48	29,7	ND	1,5	0,6	1,2	0,001	0,4
Faz. Buriti	28/05/03	-	30	157	4,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Faz. Morro Verde	08/04/03	-	28,2	126,6	-	26	5	0,55	4,96	8,16	0,92	177,5	ND	2,8	0,6	0,6	0,04	0,3
Faz. Morro Verde	28/05/03	-	29,5	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Faz. Morro Verde	10/06/03	4,8	30,5	51,7	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ig. Fonte Boa	27/11/02	6,12	25	-	-	69	7,46	18,06	29,7	19,88	0,90	33,02	0,90	-	-	-	-	-
Ig. Fonte Boa	08/04/03	5,93	27	4,9	-	88	12,5	1,15	17,36	14,01	0,78	2,5	0	7,4	1,1	4,3	0,01	0,8
Ig. Fonte Boa	28/05/03	-	26,5	19,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ig. Fonte Boa	06/05/03	5,82	25,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ig. Fonte Boa	10/06/03	5,84	26,5	15,84	5,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ig. Janjão	27/11/02	5,76	27,5	18,9	-	21	3,98	10,03	18,08	16,57	0,50	23,93	0,50	-	-	-	-	-
Ig. Janjão	06/05/03	4,92	27	91,6	4,38	38	8	0,55	7,44	6,74	1,08	28,55	ND	1,5	0,7	0,8	0,02	0,4
Ig. Papuquara (1)	27/11/02	5,5	26	25,5	-	17,2	7,47	15,05	30,99	19,88	0,85	5,16	2,0	-	-	-	-	-
Ig. Papuquara (1)	15/04/03	4,47	25	45,2	-	18	9	11,04	4,96	6,74	0,80	105	3,8	1,4	0,4	1	0,02	0,3
Ig. Papuquara (1)	28/05/03	-	25,6	3,3	5,58	-	-	-	9,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ig. Papuquara (2)	22/04/03	5,88	26,2	55,8	6,98	14	16,5	1,05	-	6,38	0,96	48	4,8	1,4	0,4	0,6	0,02	0,3
Ig. Papuquara (2)	10/06/03	4,63	26,5	3,4	5,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ig. Capiranga (1)	27/11/02	5,33	29	10,9	-	19,8	9,96	11,04	19,37	13,26	73	2487	2,70	-	-	-	-	-
Ig. Capiranga (1)	15/04/03	4,78	27	49,9	-	18	10	0,45	26,76	6,21	0,78	2,90	4,20	1,3	0,4	0,5	0,02	0,3
Ig. Capiranga (1)	10/06/03	4,8	28,3	5,5	5,67	-	-	-	-	-	29	-	-	-	-	-	-	-
Ig. Capiranga (2)	27/11/02	5,8	26,5	5,4	-	36	6,47	19,06	25,82	13,26	1,06	5,32	1,60	-	-	-	-	-
Ig. Capiranga (2)	15/04/03	4,94	26,5	169,2	-	17	12	0,4	7,44	6,38	-	55,90	5,40	1,4	0,4	0,8	0,02	0,3
Ig. Capiranga (2)	28/05/03	-	26	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ig. Capiranga (2)	10/06/03	4,73	26,5	7,6	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ig. Castanhal (01)	04/12/02	6,89	-	-	-	520	17,92	86,28	50,36	112,68	83	85,36	8					
Ig. Castanhal (01)	06/05/03	5,87	26,5	-	4,2	79	11	0,15	17,36	14,36	1,32	41,03	2,80	6,7	1,6	3,3	0,15	0,5
Ig. Castanhal (01)	27/05/03	6,3	26,5	10	2,1	20,3	39	32	65,5	54,6	1,60	2,4	-	-	-	-	-	-

Continua

Continuação

Ig. Castanhal (02)	**13/11/02**	**6,34**	**26,5**	**8,2**	**-**	**173**	**11,95**	**17,06**	**27,38**	**38,3**	**26**	**13,30**	**3,90**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Ig. Castanhal (02)	**22/04/03**	**4,62**	**26**	**57,7**	**4,54**	**31**	**8**	**0,55**	**4,96**	**8,51**	**0,32**	**-**	**6,30**	**-**	**-**	**1,2**	**0,05**	**0,4**
Ig. Apeú (01)	**13/11/02**	**5,88**	**26**	**13,1**	**-**	**22**	**4,98**	**3,01**	**4,94**	**8,51**	**15**	**48**	**0,80**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Ig. Apeú (01)	**22/04/03**	**5,05**	**26,5**	**67**	**10,3**	**25**	**10**	**0,95**	**12,4**	**7,27**	**0,95**	**19,22**	**2,7**	**1,9**	**0,5**	**0,9**	**0,03**	**0,4**
Ig. Apeú (02)	**13/11/02**	**5,85**	**26**	**11,1**	**-**	**24**	**5,48**	**3,01**	**4,94**	**7,09**	**19**	**25**	**1**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Ig. Apeú (02)	**22/04/03**	**5,18**	**26,2**	**45,7**	**5,14**	**23**	**5**	**0,6**	**7,44**	**7,45**	**1,17**	**2210**	**4,20**	**1,8**	**0,6**	**1**	**0,02**	**0,4**
Ig. Apeú (03)	**13/11/02**	**6,59**	**26,5**	**10,2**	**-**	**69**	**4,98**	**5,02**	**19,92**	**14,54**	**2,6**	**31**	**1,50**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Ig. Apeú (03)	**22/04/03**	**5,35**	**27**	**47,8**	**4,9**	**32**	**8**	**0,65**	**7,44**	**8,16**	**1,19**	**7,89**	**6,00**	**2,8**	**0,8**	**0,3**	**0,04**	**0,4**
Ig. São João (01)	**20/11/02**	**4,37**	**25,5**	**2,4**	**-**	**16,4**	**22,41**	**3,01**	**16,18**	**6,74**	**0,6**	**50**	**ND**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Ig. São João (01)	**29/04/03**	**4,72**	**26,5**	**49,1**	**4,01**	**18**	**4**	**0,55**	**32,24**	**7,8**	**0,70**	**0,87**	**0,60**	**1,2**	**0,3**	**0,3**	**0,01**	**0,3**
Ig. São João (02)	**20/11/02**	**4,7**	**25**	**1,6**	**-**	**14,5**	**8,46**	**3,01**	**14,94**	**8,16**	**2**	**20,19**	**ND**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Ig. São João (02)	**29/04/03**	**4,64**	**26,5**	**45,9**	**4,97**	**15,5**	**9,5**	**0,55**	**12,4**	**6,03**	**0,68**	**1,93**	**ND**	**1,30**	**0,3**	**0,4**	**0,09**	**0,3**
Ig. São João (03)	**20/11/02**	**4,74**	**24,3**	**2,3**	**-**	**14,2**	**5,97**	**2**	**12,45**	**9,22**	**0,55**	**4,31**	**ND**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Ig. São João (03)	**29/04/03**	**4,87**	**26**	**30,9**	**5,76**	**16**	**5**	**0,55**	**7,44**	**6,56**	**0,63**	**1,75**	**0,40**	**1,80**	**0,4**	**0,6**	**0,01**	**0,3**
Ig. Itaqui (01)	**06/05/03**	**-**	**-**	**-**	**4,11**	**38**	**11,5**	**0,75**	**9,92**	**8,51**	**1,16**	**15,80**	**-**	**2,8**	**1**	**1,7**	**0,06**	**0,4**
Ig. Itaqui (01)	**27/05/03**	**5,5**	**27**	**8,6**	**-**	**32,4**	**10**	**5**	**26,2**	**13,4**	**2,5**	**23,14**	**-**	**-**	**-**	**-0,05**	**-**	**26,2**
Ig. Itaqui (02)	**20/11/02**	**5,2**	**25,5**	**4,9**	**-**	**19,5**	**4,98**	**2**	**14,94**	**8,16**	**38**	**3,11**	**0,70**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Ig. Itaqui (02)	**29/04/03**	**4,98**	**25,5**	**71,1**	**5,67**	**19**	**5**	**0,75**	**7,44**	**7,09**	**0,82**	**9,07**	**-**	**1,4**	**0,4**	**0,6**	**0,01**	**0,3**

Elaborada por SANTOS, O. C. de O.

Todavia, essas concentrações de oxigênio dissolvido estão adequadas para a sobrevivência dos peixes, pois segundo Val (1997) as espécies de peixes da região Amazônica, por causa da variedade morfológica e da química da bacia, da extensão dos cursos d'água e das oscilações dos níveis de água dos rios, apresentam estratégias de sobrevivência em ambientes de hipóxia (baixas concentrações de oxigênio durante toda a sua vida) moderada e crítica, e curtos períodos de anoxia (total ausência de oxigênio), apresentando diferentes padrões de respiração. Um exemplo disso é o peixe Pacu (*Colossoma bidens*) encontrado por toda microbacia hidrográfica do Igarapé Apeú. Segundo Braun [1983] (*apud* ESTEVES 1998), essa espécie é capaz de desenvolver, entre 2 a 3 horas, uma extensão de derme do maxilar inferior que facilite aproveitar a entrada de água superficial, rica em oxigênio na cavidade bucal. Portanto a diminuição do pescado na bacia deve estar relacionada com a grande quantidade de sedimentação encontrada nos vales dos igarapés causada pela erosão, a construção de lagos, a captura desordenada e os métodos de captura.

Para Sioli (1951), o pH das águas na região Amazônica das áreas pertencentes à Formação Barreiras, do Terciário, é muito ácido, por isso não contribui para o desenvolvimento de moluscos. Em 1960, o citado autor, em suas pesquisas ao longo da Estrada de Ferro de Bragança, no nordeste paraense, mediu o pH dos cursos d'água na parte ocidental da zona Bragantina, os quais variaram entre 4.5 a 5.15.

Por outro lado, medições de pHs da água da chuva na região Amazônica por Nortcliff & Thornes (1978), Stallard & Edmond (1981), Haines (1983), Franken & Leopold (1984) e Santos & Souza (1988), concluíram que as chuvas que se precipitam sobre a região são ácidas.

Todavia, o pH observado, no período menos chuvoso, nos igarapés Fonte Boa (Fazenda Fonte Boa), Castanhal (Fazenda Flamboyant e Agrovila Boa Vista) e Apeú (Agrovila Macapazinho) esteve acima de 6.0. No período chuvoso, apenas o igarapé Castanhal (Fazenda Flamboyant), no dia 27/05/03, apresentou o pH acima de 6.0. Entretanto, no dia 6/05/03, o pH medido foi de 5.87, logo, acredita-se que essas mudanças estão associadas aos tratamentos de calagem que são empregados para correção da acidez dos solos.

Nas análises químicas das águas, em diversas partes da Amazônia, por Sioli (1951), revelaram grande pobreza das águas em sais dissolvidos, concluindo que, em todos os lugares onde se encontra a água com baixo pH, o solo das cabeceiras dos cursos d'água devem ser pobres em bicarbonatos, anions e, por isso também nos correspondentes cátions Ca, K, Na e Mg.

Na bacia hidrográfica do igarapé Apeú, as concentrações de sódio foram maiores do que as concentrações de potássio, e as de cálcio maiores do que as concentrações de magnésio, concordando com os valores obtidos por Menezes (1999), ao estudar o Rio Guamá. As maiores concentrações desses elementos foram observadas nos igarapés Fonte Boa (Fazenda Fonte Boa), Castanhal (Fazenda Flamboyant), (Quadro 1). Diante desses resultados, e com o aumento das grandes propriedades na área, executando correções da acidez do solo, com certeza haverá um acréscimo na utilização do cálcio, portanto, o aumento na liberação de carbonatos e bicarbonatos que, por ocasião das chuvas, serão transportados pelo escoamento superficial para os igarapés. Esse comportamento, associado às baixas velocidades que ocorrem nos igarapés, principalmente no período menos chuvoso, poderá, no futuro, contribuir para o aparecimento de moluscos aquáticos, dentre eles, o planorbideo, do gênero Biomphalaria, da família

Planorbidae, hospedeiro intermediário do helminto trematódeo **Schistosoma Mansoni**, responsável pela infecção parasitária endêmica esquistossomos mansônica (BECHARA *et ali*, 1997). Vale salientar que, no igarapé Fonte Boa, na época menos chuvosa, as velocidades médias foram nulas e no período chuvoso foram baixíssimas.

As maiores concentrações de fósforo, também, ocorreram no igarapé Castanhal (Fazenda Flamboyant), cerca de 0,15mg/l (Quadro 1).

A quantidade de matéria orgânica detectada foi maior no igarapé Castanhal (Fazenda Flamboyant), cerca de 8,0mg/l, no período menos chuvoso, acredita-se que isso seja causado pela influência dos dejetos provenientes da área urbana, porque nos demais igarapés as maiores concentrações ocorreram no período chuvoso, quando aumentaram os níveis das águas, alcançando a planície de inundação dos mesmos.

Locais onde, na estação menos chuvosa, a matéria vegetal morta, como folhas, galhos, etc.acumulada no solo, começa a decompor-se, e as águas dos igarapés, ao entrarem em contato com essa matéria vegetal morta, tornam-se ricas em matérias orgânicas oxidáveis.

A temperatura da água é importante porque o seu acréscimo proporciona um aumento na velocidade das reações químicas e bioquímicas e na solubilidade dos minerais, enquanto que a solubilidade dos gases diminui com o seu acréscimo.

As temperaturas dos cursos d'água, ao longo da pesquisa, variaram de 24,3º C, no igarapé São João (Agrovila Trindade), em novembro de 2002, a 30,5º C no igarapé Apeú (Fazenda Morro Verde), em maio de 2003; nesse local a cobertura vegetal das margens do igarapé era quase inexistente.

A condutividade, como medida da capacidade de uma solução em conduzir corrente elétrica, aumenta conforme a concentração iônica (MENEZES, 1999). Em relação às águas da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú, os valores alcançados estiveram no intervalo de 520,0µs/cm, no igarapé Castanhal (Fazenda Flamboyant) a 14,0µs/cm, no igarapé Papuquara (Estrada da Cabeceira do Apeú).

A alcalinidade, correspondendo à capacidade de neutralizar os ácidos, e a acidez a de neutralizar as bases, ao serem detectadas apresentaram os seguintes comportamentos: a alcalinidade apresentou valores maiores de teores de carbonatos , bicarbonatos e hidróxidos nas águas dos igarapés no período menos chuvoso, com uma concentração máxima de 86,0mg/l de $CaCO_3$ no igarapé Castanhal (Fazenda Flamboyant), e as menores concentrações ocorreram no período chuvoso no igarapé Capiranga (trecho urbanizado) 0,40mg/l de $CaCO_3$. Em relação à acidez, verificou-se que a maioria dos igarapés apresentou os maiores valores no período chuvoso alcançando no igarapé Castanhal (Fazenda Flamboyant) 39,0mg/l de $CaCO_3$, e o menor valor notado ocorreu no período menos chuvoso, no igarapé Janjão (Fazenda Bom Jesus) cerca de 3.98mg/l de $CaCO_3$.

Quanto à dureza, que fornece a quantidade de carbonatos presentes na água, nas análises foram observadas concentrações de 65,5mg/l de $CaCO_3$ no igarapé Castanhal (Fazenda Flamboyant) e as menores concentrações, de 4,6mg/l de $CaCO_3$, foram encontradas nos igarapés: Apeú (Fazenda Morro Verde); Castanhal (Agrovila Boa Vista) e Papuquara (Sítio São José).

A presença dos teores de cloretos observada nos cursos d'água foi, de um modo geral, maior na época menos chuvosa, alcançando 112,68mg/l no igarapé Castanhal (Fazenda Flamboyant) e a menor concentração ocorrida na época chuvosa foi de 6,03 mg/l no igarapé São João (Agrovila São João). Dessa forma,

apresentando uma sazonalidade na distribuição dos cloretos, em conformidade com as pesquisas químicas das águas do Rio Guamá, no nordeste do Pará, realizadas por Menezes (1999).

As concentrações de ferro total (Fe_2O_3) alcançaram maiores valores na maioria dos igarapés, no período menos chuvoso, (Quadro 1), com uma concentração máxima de 83 mg/l, no igarapé Castanhal (Fazenda Flamboyant) e, no período chuvoso, a maior concentração foi de 2,5mg/l no igarapé Itaqui (Colônia Agrícola Heleno Fragoso).

10 – ÁREAS DEGRADADAS. EXPERIMENTO PARA RECOMPÔ-LAS.

Em Janeiro de 2002, ao visitar a Fazenda Buriti, observou-se a presença de várias áreas sem nenhuma cobertura vegetal, expostas à ação das chuvas e do vento.

Diante da presença de várias plantas de açaizeiros (*Euterpe olerácea, Mart*.) por toda área da bacia, orientou-se o plantio dos mesmos nessas áreas, dando preferência a duas áreas próximo de uma barreira realizada para contenção do avanço de uma voçoroca.

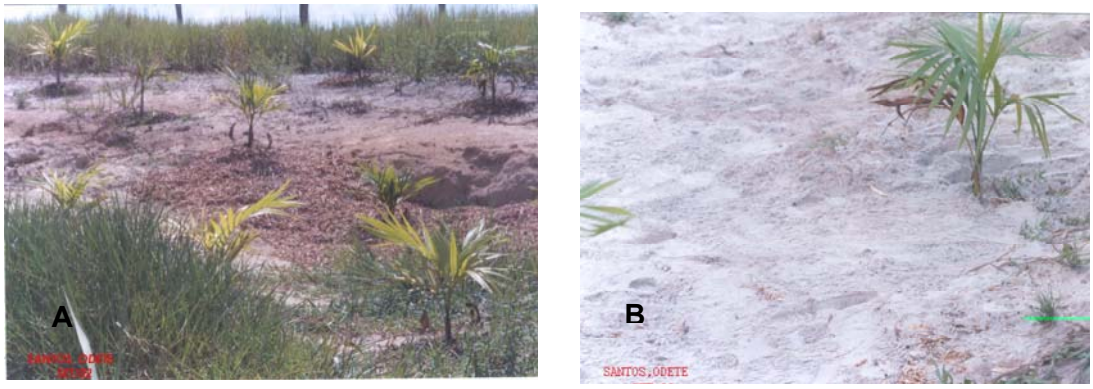
O açaizeiro, além de não necessitar de tratamento especial, fornece um suco maravilhoso e comerciável, portanto o proprietário da fazenda não teria prejuízos financeiros.

O técnico agrícola, ainda em Janeiro de 2002, fez a calagem nas duas áreas, uma nas margens de um afluente do igarapé Apeú e em outra que estava a 1,20m de altura, com nitrogênio, potássio e fósforo e, em Fevereiro de 2002, plantou as mudas de açaí.

Essa área de plantio corresponde ao solo PAd4, solo excessivamente arenoso, drenagem interna imperfeita, imprópria paras a agricultura, mas aconselhável para a pecuária, todavia por causa da falta da cobertura vegetal, do pisoteio do gado somado a ação das chuvas, houve uma aceleração da erosão nesse local.

Em Julho de 2002, com o afastamento do técnico agrícola, passou-se a fazer o monitoramento direto com o auxílio de um funcionário da fazenda. Por causa do aparecimento da erosão em vários pontos do plantio, muitas plantas de açaí ficaram com parte das raízes expostas. Para contornar esse fato, retiraram-se as ervas daninhas e colocou-se palha de feijão nos pés de açaizeiros, no dia 07 de Setembro

de 2002, (Figura 89**A**), somente numa parte da área que estava a 1,20m de altura, isso aconteceu por falta de interesse do responsável pela fazenda. Cinco dias depois, retornou-se ao plantio e, nos trechos da área que apresentava buracos mais profundos, além da palha de feijão, adicionaram-se pedras para oferecer maior resistência ao escoamento superficial. Posteriormente, jogou-se novamente areia sobre a área coberta pela palha (Figura 89**B**) e, finalmente, colocou-se outra camada de palha de feijão para obter o amortecimento da gota da chuva sobre o solo, minimizar os efeitos da radiação solar sobre a camada superficial do solo, visando a diminuir a temperatura dessa camada e obter o apodrecimento da palha, dando condições para o desenvolvimento da fauna pedogenética, fornecimento de nitrogênio para o solo e também, a formação da matéria orgânica.



Figuras 89 – (**A**) Plantio de açaí com a 1ª camada de palha de feijão após a limpeza do terreno; (**B**) Areia sobre a palha de feijão. Fazenda Buriti, Município de Castanhal (PA). Setembro de 2002.

Orientou-se a retirada das ervas daninhas da área do experimento, e, também, uma outra adubação com torta de dendê em dezembro de 2002, a qual só foi realizada em meados de Janeiro de 2003.

Utilizou-se a palha de feijão porque era a matéria prima para adubação em grande quantidade encontrada na fazenda, naquela ocasião, e de grande valor visto

que, além de fornecer grande quantidade de nitrogênio para plantas era uma adubação orgânica.

Para Stevenson [1982] (*apud* COSTA, 1990), a adubação orgânica aumenta a atividade biológica do solo, devido ao acréscimo de substrato para os microorganismos, beneficiando as culturas. A presença de matéria orgânica favorece a população de organismos saprófitos, em prejuízo dos parasitas e contribui para o surgimento dos antibióticos e certos ácidos fenólicos, os quais aumentam a capacidade das plantas em resistir aos ataques de patogênicos.

A matéria orgânica, formando agregados bastante estáveis, promove melhoria na estrutura do solo por causa da melhor aeração, permeabilidade, retenção da água, resistência à erosão e redução da oscilação da temperatura do solo.

Em março de 2003, pôde-se verificar a diferença entre o plantio que recebeu o tratamento e as áreas sem tratamento, conforme se observa na Figura 90**A** e **B.**

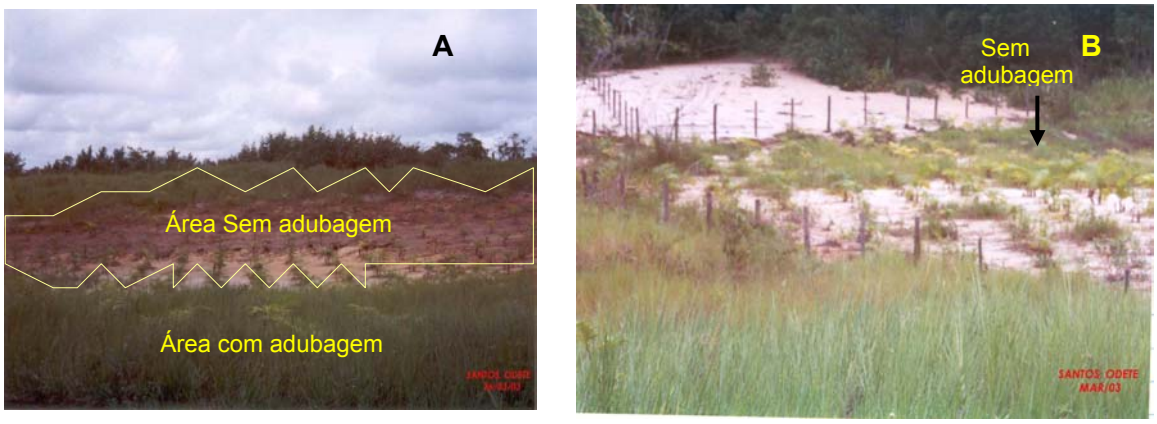


Figura 90 – (**A**) Parte da parcela com adubação e outra parte sem adubação; (**B**) Segunda parcela às margens de um afluente do igarapé Apeú, sem adubagem. Fazenda Buriti, Município de Castanhal (PA). Março de 2003.

Monitorou-se o plantio até Julho de 2003, quando se observou a parcela da área que recebeu o tratamento, as gramíneas se proliferaram rapidamente e os açaizeiros apresentaram crescimento mais saudável (Figura 91**A**); não se notou presença de erosão como a que se verificou na outra parte da parcela, que não

recebeu o tratamento (Figura 91**B**), a qual apresentou comportamento pior do aquele que cresceu às margens de um afluente do Apeú **.**

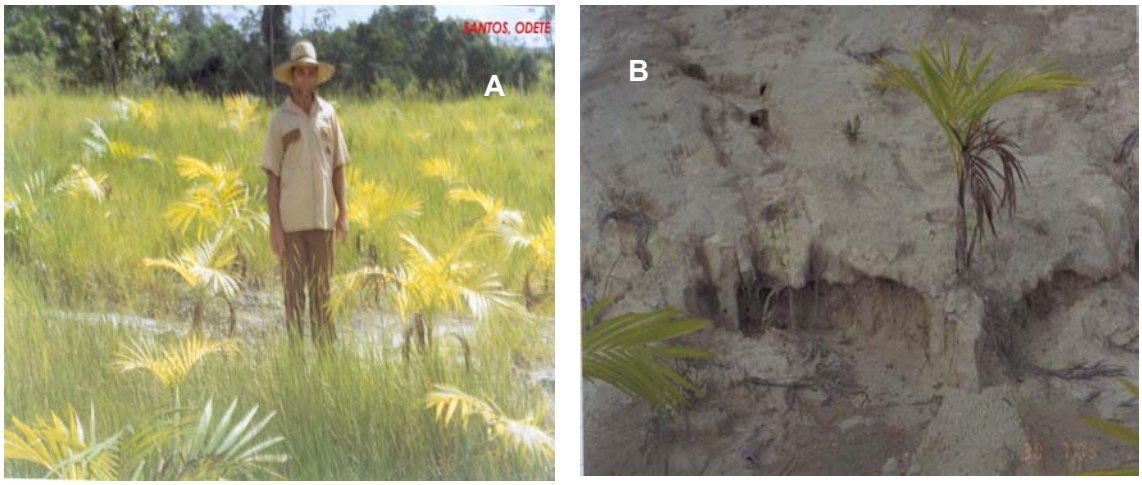


Figura 91 – (**A**) Parte da parcela que recebeu adubação; (**B**) Parte da parcela que não recebeu adubação, Fazenda Buriti, Município de Castanhal (PA). Julho de 2003.

Portanto, pode-se dizer que há métodos para recuperar áreas degradadas na microbacia do Igarapé Apeú, desde que se procure recompor o solo utilizando uma adubagem baseada na química e na orgânica, plantando culturas características da cobertura vegetal predominante na região.

11. CONCLUSÃO

A disposição da drenagem da microbacia hidrográfica do Igarapé Apeú em forma treliça está condicionada à formação geológica da mesma, constituída por terrenos terciários da formação Barreiras e Pós-Barreiras e por sedimentos atuais provenientes da erosão ocorrida nos terrenos dos grupos Barreiras e Pós-Barreiras encontrados ao longo das planícies fluviais e à geomorfologia da área da microbacia, representada pelo Planalto Rebaixado Amazônico (Terra firme) que, apesar de apresentar altitude máxima de 69m, no norte da microbacia é mais plano. Em direção ao sul, apesar de ser mais ondulado, esse planalto assume altitudes mais baixas onde os terraços atingem 6,0m de altura, e a planície sedimentar, no sul, torna-se mais ampla.

De acordo com o coeficiente de compacidade 1,47 e o fator forma 0.23 a microbacia é retangular e alargada, portanto não tendenciosa a inundações, todavia elas poderão ocorrer, devido à declividade predominante de 0 a 1%, principalmente na parte norte da microbacia.

As chuvas são mais intensas e de maior duração no período chuvoso (dezembro a maio), quando os igarapés atingem os maiores níveis de água, abandonando o leito de vazante, ultrapassando o leito maior e atingindo a planície de inundação. É quando ocorrem as maiores velocidades e as maiores vazões, sendo que a maior vazão medida aconteceu no igarapé Apeú, na seção transversal instalada na agrovila de Macapazinho, atingindo 14,2m^3 /s.

No período de Julho de 2002 a Julho de 2003, o mês mais chuvoso foi março, com 492,4mm, a maior chuva diária foi de 61,3mm, com uma duração de 15,07 horas. Os igarapés alcançaram as maiores cotas no mês de abril de 2003, com exceção dos igarapés Fonte Boa e Janjão, que ocorreram no mês de março,

influenciando no igarapé Apeú, na seção transversal localizada na chácara Paraíso, que também atingiu as maiores cotas neste período.

No período menos chuvoso caracterizado por chuvas de menor duração e menor valor pluviométrico, as chuvas mais em forma de pancadas, como a que ocorreu em 01 de Outubro de 2002, com 6,9mm e uma duração de 0,67 horas, os igarapés alcançam as menores cotas, principalmente nos meses de outubro a dezembro, quando todos ocupam o leito de vazante, diminuindo a velocidade e as vazões dos mesmos.

As características geológicas, geomorfológicas e climatológicas da microbacia hidrográfica do Apeú originaram solos fracos, de baixa fertilidade química e ácidos, compreendendo os tipos: Argissolo Amarelo (PAd), compondo 63,74%, dos quais apenas 27,26% desse tipo podem ser utilizados para atividades agrícolas com emprego de máquinas e implementos agrícolas, desde que sejam utilizadas técnicas de conservação de solo; 36,47% desse tipo de solo é susceptível a erosão; Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAd) com concreções ferruginosas, compõe 24,6% da área da microbacia impróprio para agropecuária, susceptível a erosão; Espedossolo Ferrocárbico (ESg) solo mineral, excessivamente arenoso, que é explorado na produção de areia para construção civil, sem planejamento de reconstrução ambiental, corresponde a 0,06%; Gleissolo Háplico (GXbd), tipo de solo com o lençol freático próximo à superfície e o Neossolo Flúvico (RUbd), solo mineral hidromórfico, ambos considerados solos de proteção ambiental, correspondem com 6% e 16,58% da área da microbacia, respectivamente.

A cobertura vegetal dessa microbacia corresponde à floresta ombrófila densa característica das áreas de terra firme, e a floresta ombrófila aluvial sobre as áreas

de planície. Em 2003, apenas 16,81% da superfície da microbacia apresentavam espécies desses tipos de florestas.

Um grande desmatamento foi registrado em 2003, atingindo as margens e as nascentes dos igarapés, provocado pela expansão da urbana, que aumentou de 5,22%, em 1995, para 10,30%, em 2003, junto com a expansão das pastagens e das áreas cultivadas + capoeiras que, nesse mesmo ano, alcançaram 38,39% e 38,31%, respectivamente.

Esse desmatamento associado à fragilidade dos solos, ao comportamento das chuvas, ao pisoteio do gado, à criação de aves císcadoras, como os galináceos, às explorações de areais, piçarras e pedras, e ao solo exposto para construção de conjuntos habitacionais e para semeadura contribuiu para que os processos erosivos de desencadeassem, gerando as diversas formas erosivas, como as voçorocas e ravinas, principalmente nas áreas de encosta que sobrepujou a erosão marginal.

A maior perda de solo provocada pela erosão da encosta ocorreu na voçoroca monitorada na Agrovila de São João, que atingiu 19,42m, sendo carreado para o canal do igarapé São João, conforme foi notado no traçado do perfil molhado da seção transversal desse igarapé, mostrando um processo de agradação quando se dirige da margem esquerda para margem direita.

Os sedimentos provenientes da voçoroca da Fazenda Buriti, no período chuvoso, mudaram o curso de um afluente do igarapé Apeú, e os advindos da voçoroca da Fazenda Morro Verde têm contribuído para agradação do canal do igarapé Apeú, chegando este a ter um escoamento difuso após ter percorrido um trecho do canal com uma profundidade de 0,50m. Durante o período de outubro de 2002 a Julho de 2003 em que se monitorou um trecho dessa voçoroca, a perda de

solo foi de 13,45m. O aterramento da voçoroca na chácara Paraíso realizado em dezembro de 2002, no período de 21/01/03 a 15/02/03, apresentou uma perda de 5.28m, que foram carreados para o canal do igarapé Apeú.

A textura dos sedimentos de fundo dos igarapés, tanto na época menos chuvosa como chuvosa, predominou a areia grossa, com exceção dos igarapés Janjão e Capiranga, em que no período menos chuvoso predominou a areia fina no primeiro e, à jusante do segundo, a argila. Portanto, o produto proveniente das formas erosivas, provocadas pelas atividades humanas, tem modificado a morfologia dos igarapés, diminuindo a profundidade e alargando os canais.

Por outro lado, os represamentos para lagos, piscinas, balneários e as barreiras, estas nas pequenas propriedades, ao longo dos canais dos igarapés, têm contribuído para diminuir a velocidade dos mesmos, principalmente no período menos chuvoso que atinge a velocidade crítica, determinada como zero por causa da falta de sensibilidade do molinete para detectar tal velocidade observada nas seções transversais dos igarapés: São João (Agrovila de São João); Fonte Boa (Fazenda Fonte Boa) e Papuquara (Sítio São José), implicando nas vazões desses igarapés, que chegam a ser quase nulas, podendo transformar um ecossistema lótico em lêntico. Contribuindo, também, para o aparecimento de bancos de areia nos percursos dos igarapés, como o que se verificou próximo à foz do igarapé Capiranga, assim como o que está se formando no canal do Apeú, logo após a ponte Transapeú, ambos alimentados pela obra realizada pela prefeitura de Castanhal sob o nome de “Urbanização da Orla do Rio Apeú”, que colmatou uma pequena parte do curso do igarapé Apeú, para tornar o curso mais retilíneo.

O mau dimensionamento das tubulações e a falta de drenagem ao longo das estradas, principalmente no período chuvoso, não permitem o escoamento das

águas corretamente, alagando as mesmas. Após o período chuvoso, as águas ficam represadas de um lado das estradas, favorecendo a destruição dos igarapés, com a morte da mata ciliar ao longo de suas margens e no interior da planície de inundação, que fica tomada pelas águas ao longo do ano inteiro.

Além desses fatos, há, também, a falta de saneamento básico que tem proporcionado a deterioração dos recursos hídricos. Na área urbana da microbacia, os domicílios são abastecidos por água obtida de poços artesianos, não recebendo nenhum tratamento, explorados pela COSANPA e por uma empresa particular, a SERGECON, ou perfurados pelos próprios proprietários dos domicílios. Na área rural, nas agrovilas, os poços artesianos, perfurados por convênios entre a SESPA e a Prefeitura, abastecem somente os domicílios localizados próximos aos mesmos. Os demais habitantes perfuram poços do tipo amazonas ou utilizam as águas dos igarapés para todas as suas atividades. Nas fazendas, são perfurados poços artesianos e as águas dos igarapés são usadas para dessedentação e banho dos animais, e, em algumas, também para o uso dos peões e suas famílias.

Os sanitários estão geralmente de 2 a 10m de distância dos poços de água. Há privadas, com fossas secas e escavadas no solo, e fossas sépticas. Aqueles habitantes que não possuem sanitários em seus domicílios usam da comunidade ou do vizinho, ou recorrem a trechos da capoeira mais próximos.

A coleta do lixo é realizada apenas nos bairros próximo, ao centro das cidades e jogados em lixões a céu aberto; nos bairros periféricos e na zona rural, o lixo é geralmente queimado, mas há outras formas de se livrarem do mesmo, dentre elas, depositando-o nas margens dos igarapés.

Esse quadro da falta do saneamento básico tem prejudicado a qualidade das águas dos igarapés com a presença de Coliformes Fecais e Totais e E. Coli, óleos e

graxas. O oxigênio dissolvido abaixo de 6.0mg/l e o pH variou de 4.47 a 6.89. A turbidez em alguns igarapés esteve acima de 40NTU, como o Capiranga, em que à jusante acusou 169,2NTU. Portanto, essas águas não estão adequadas para o consumo nem para balneabilidade, conforme a Resolução CONAMA Nº 20, de 18 de junho de 1986 e a Portaria Nº 1469, de 29 de Dezembro de 2000, do Ministério da Saúde. Essas águas são portadoras de doenças de veiculação hídrica, conforme ficou comprovado pelos tipos de doenças como hepatite, diarréia e, de modo indireto, a escabiose, etc. mencionadas pelos habitantes da área. Entretanto, as concentrações de oxigênio dissolvido são adequadas para o desenvolvimento de peixes, porque as espécies existentes na região Amazônica estão adaptadas à hipóxia moderada e acentuada, e até curtos períodos de anoxia.

De todos os elementos químicos analisados, no período chuvoso, o sódio foi aquele que apresentou as maiores concentrações no Igarapé Fonte Boa, Fazenda Fonte Boa. Ainda nesse mesmo ponto, detectou-se a maior concentração de cálcio para esse período, 4,3 e, no período menos chuvoso, o pH observado foi 6,12. Como esse ponto demonstrou ser de velocidade crítica, se continuar com esse comportamento, poderá, no futuro, favorecer o aparecimento de moluscos aquáticos, dentre eles o planorbídeo, o molusco hospedeiro intermediário do verme responsável pela esquistossomose.

A maior temperatura da água ocorreu no igarapé Apeú, no interior da Fazenda Morro Verde, 30,5ºC, em maio de 2003, trecho do percurso com cobertura vegetal quase inexistente em suas margens, e a menor temperatura, no igarapé São João, na Agrovila Trindade, com 24,3ºC no mês novembro de 2002, ocasionada pela maior profundidade desse igarapé e pela cobertura vegetal na margem esquerda com espécies da floresta ombrófila aluvial neste local.

No experimento realizado numa área degradada no tipo de solo PAd4, na Fazenda Buriti, na tentativa de diminuir a erosão, realizou-se um plantio de açaizeiro, utilizando, inicialmente, adubação química e, posteriormente, adubação orgânica, obtendo-se, dessa forma, o desaparecimento da erosão na área. Concluindo-se então que é possível reverter os processos erosivos no tipo de solo PAd4, usado de maneira racional com cultivos característicos da cobertura vegetal da área.

Esta bacia passa por um processo de deterioração, do qual os seus habitantes têm consciência, principalmente os que vivem na parte rural, em sua maioria semi-analfabeta, com parcos recursos financeiros, sobrevivendo do que colhem da agricultura de subsistência e do pescado que obtém dos igarapés. Esse processo de deterioração implica na microbacia hidrográfica do rio Inhangapí, onde a microbacia hidrográfica do igarapé Apeú deságua e de modo indireto, na bacia hidrográfica do rio Guamá que recebe as águas da microbacia hidrográfica do rio Inhangapí.

Portanto, se não for criado e executado o planejamento ambiental da área da microbacia que modifique o atual quadro, a situação tomar-se-á mais grave porque ocorrerá:

- Diminuição de empregos na área rural e aumento de mão de obra desqualificada na área urbana, causada pela falta de escolas de ensino fundamental e profissionalizante dentro das agrovilas.

- O abandono da área rural pelos pequenos agricultores, em busca de emprego na área em processo de expansão urbana ao longo da Br-316 e da Transapeú, locais onde não há infra-estrutura adequada para urbanização.

- O assédio dos fazendeiros para compra dos lotes dos pequenos agricultores, e estes não tendo acesso às facilidades de financiamentos dentro dos programas que beneficiam a Agricultura Familiar e as dificuldades para transportar e vender os produtos obtidos na agricultura de subsistência os obrigarão a sucumbir a esse assédio.

Contribuindo, desse modo, para o aumento da exploração dos solos pela agropecuária, provocando a destruição dos resíduos das florestas ombrófilas densa e aluvial, portanto, maior área exposta à semeadura; a desordenada exploração de piçarras, seixos e areais, esta última, principalmente, na sub-bacia do igarapé Papuquara, sem planejamento e falta de técnicas adequadas de exploração, contribuirão para ampliar aceleração da erosão. Essa aceleração da erosão, que somada a contínua passagem de gado e tratores pelo interior dos canais dos igarapés, a maior utilização das nascentes e do percurso dos igarapés para bebedouro de animais e represamentos, e a falta de saneamento básico, em tempo recorde provocará a destruição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, tornando mais caótica a qualidade de vida dos habitantes.

12 . SUGESTÕES

Mediante os resultados obtidos ao se analisar o uso do solo e dos recursos hídricos da microbacia hidrográfica do Igarapé Apeú, em que se verificou a deterioração dos solos e dos recursos hídricos, para que se possa reverter o atual quadro e assim obter um desenvolvimento sustentável, sugere-se:

1- Devido a Microbacia Hidrográfica do Igarapé Apeú compreender áreas dos municípios de Castanhal, Inhangapí e Santa Izabel do Pará, e como os problemas dessa microbacia dentre os quais, a qualidade das águas dos igarapés, só poderá haver solução com ações conjuntas dos três municípios. Orienta-se, então, que: as Secretarias do Meio Ambiente desses municípios implementem e executem o Planejamento e Gestão Ambiental dessa microbacia, isto é, mister porque de acordo com a Lei Estadual № 6.381, de 25 de Julho de 2001, os recursos hídricos não podem ser disponibilizados de acordo com interesses pessoais, mas de acordo com todos os atores que dependem desses recursos e, nesse planejamento, estaria incluído o planejamento dos recursos hídricos da microbacia hidrográfica do igarapé, que engloba as águas superficiais e as subterrâneas, garantindo água de qualidade, em qualquer situação, à população. Como a maioria dos habitantes da área da Bacia não possui recursos financeiros para pagamento de taxas pelo consumo da água, é preciso estudar alternativas e medidas que resolvam esse impasse que poderá ocorrer ainda no presente;

2- Implantação nos municípios do Plano Diretor, para que sejam criados mecanismos para execução do plano de drenagem urbana, no qual estariam

incluídos os igarapés que compõem a micro bacia hidrográfica do Igarapé Apeú e, desse modo, tornar executáveis as sugestões apresentadas nos itens abaixo;

3- Nas áreas delimitadas como compostas pelos tipos de solos GXbd e RUbd, devem ser reavaliados os seus usos, destinando-as a área de preservação ambiental, recompondo a cobertura vegetal com espécies da floresta ombrófila aluvial ou mata ciliar, preservando as plantas briófitas e pteridófitas, estas últimas importantes para conter o impacto das gotas das chuvas que caem dos galhos das árvores maiores. De acordo com o mapeamento dos solos, esses tipos de solos geralmente acompanham os cursos d'água;

4- Não permitir exploração de areia na área onde ocorre o solo ESg, porque o produto da erosão proveniente dessa exploração está colmatando o vale do igarapé Papuquara;

5- Reconstrução ambiental dos areais, principalmente, aqueles que atingiram o lençol freático;

6- Nas áreas de tipos de solos considerados fortemente susceptíveis à erosão, PAd4 e PVAd, deveria ser mudado o tipo de exploração econômica, em vez de agricultura e pecuária, passar a manejo florestal com espécies características da floresta densa ombrófila;

7- Complementar o levantamento dos lagos artificiais existentes nos igarapés que compõem a microbacia usando a técnica de aerofotogrametria, identificar os que são destinados a balneários, à criação de peixes e os que são para dessedentação;

8- Por causa das influências detectadas nos níveis de água dos igarapés Apeú (Chácara Paraíso) e Itaqui (Povoado de Santa Rosa), causadas pelos represamentos nesses igarapés, recomenda-se que sejam realizados estudos

liminológicos nos lagos para conhecer características abióticas e bióticas dos mesmos (ecossistemas lênticos) e suas implicações nos ecossistemas lóticos (igarapés);

9- Instalações de um pluviógrafo, um termohigrógrafos e um anemógrafo nas nascentes e próximo à jusante do igarapé Apeú e na sub-bacia do igarapé Km Quatro, para determinação do balanço hídrico da bacia e das características climáticas da mesma. Isso é necessário por causa do grande desmatamento que houve na área da bacia e também devido à construção de vários lagos;

10- Preservação da cobertura vegetal numa faixa de 25m entre a área cultivada e a margem do igarapé. No caso do igarapé Apeú, a partir da BR-316, recomenda-se 35m;

11- Nas áreas de pastagem, colocar cerca entre o pasto e a faixa de 25m, para que o gado não penetre na área de cobertura vegetal, destruindo as plantas menores, como os caméfitos, e com o pisoteio provoque o selamento do solo, favorecendo ao escoamento superficial e o aparecimento de sulcos e ravinamentos;

12- Essa cerca conterá a penetração do gado no interior da cobertura vegetal, não permitindo a sua chegada a trechos da margem do igarapé onde ficam atolados, e por causa disso abandonados nesses locais, vindo a morrer no interior dos igarapés, como o que ocorre na Fazenda Morro Verde. Aliás, a pastagem em grande parte das fazendas, estende-se até às margens dos igarapés;

13- Diminuição do número de cabeças de gado nas áreas delimitadas para o confinamento chamadas de mangas;

14- Implementação de técnicas para conter as erosões já existentes, tanto nas áreas agrícolas como nas áreas de pastagem, como a que foi desenvolvida nesta

pesquisa, e de técnicas para preservar áreas onde ainda não ocorreram, essas erosões;

15- Nos sítios e demais propriedades, determinar áreas para confinamento de animais escavadores e aves ciscadoras, porque eles também cooperam para a erosão;

16- Só permitir a exploração mineral de pedras, areia e piçarras após apresentação do relatório de impactos ambientais, que deverá ser apresentado à Secretaria do Meio Ambiente do Município e, somente se o mesmo for aprovado;

17- Reconstrução das áreas degradadas pela mineração, principalmente, na sub-bacia do igarapé Papuquara;

18- Construções de novos lagos somente depois de concluídos os estudos liminológicos dos lagos já existentes;

19- As áreas de solos PAd1 e LA, nas propriedades onde se pratica a agricultura familiar, devem ser exploradas com culturas que os pequenos agricultores estão mais familiarizados, como: a mandioca, milho, feijão, arroz; de árvores frutíferas como: mamão, biriba, uxi, taperebá, acerola, laranja, bacuri, etc. e de árvores extrativistas como açaizeiro e castanheira, com orientações da EMBRAPA, EMATER, UFRA, UFPA e outros Órgãos, de manejos de adubagem orgânica e de melhoramentos de espécies que as tornem mais resistentes a pragas, visando à melhoria de produção;

20- Fomentar outras atividades, como a floricultura e a piscicultura para os pequenos agricultores, visto que a pesca é o complemento alimentar dos pequenos agricultores;

21- Criação de políticas públicas para melhoria do ensino fundamental que atenda a todos os moradores da área da bacia, e cursos profissionalizantes voltados para a realidade das agrovilas, povoados e sítios, visando principalmente aos jovens;

22- Preservação dos castanhais ainda existentes nas nascentes do igarapé Castanhal e a execução de um reflorestamento para proteção dessas nascentes que estão dentro de uma área com loteamento para conjunto habitacional;

23- Revisão no trecho inicial da canalização do igarapé Castanhal, pois quando ocorrem chuvas fortes, principalmente no período chuvoso, há penetração das águas provenientes do escoamento superficial das ruas no interior da boca de lobo, no interior do Balneário Ibirapuera, por onde são escoadas as águas do igarapé Castanhal, ocorrendo um refluxo. Isso pode estar ocorrendo devido à sujeira do canal ou um erro na determinação da declividade do terreno;

24- Preservação das leituras das réguas linimétricas no igarapé São João, com instalação de linígrafo no interior da fazenda Santana, onde esse igarapé tem suas nascentes e de um mareógrafo na jusante desse igarapé por causa da influência de maré;

25- Instalação de um linígrafo no igarapé Apeú, no interior da Fazenda Morro Verde, no trecho em que o mesmo atinge 0,60m de profundidade no período menos chuvoso; outro linígrafo na ponte Transapeú, preservação das réguas linimétricas já instaladas na Agrovila Boa Vista e Macapazinho, e instalação de um mareógrafo na Agrovila Macapazinho, porque, no período menos chuvoso, verificou-se influência de maré, o que não foi detectado no período chuvoso; ainda instalação de um mareógrafo na jusante desse igarapé;

26- Instalações de linígrafos nas nascentes, ou próximo às nascentes e às jusantes dos igarapés Itaqui, Papuquara, Capiranga, Marapanim, Fonte Boa, Janjão, Praquiquara ou Sete Voltas, Castanhal e Capixunga;

27- Continuação das medições de vazões dos igarapés por um período mais longo, cerca de cinco anos. Objetivando informações mais precisas para o traçado da curva chave desses igarapés, assim como informações mais adequadas das vazões dos mesmos, as quais serão utilizadas na melhoria do traçado de estradas construídas em seus percursos, visto que os traçados já existentes estão prejudicando o escoamento das águas dos igarapés, principalmente, no período chuvoso;

28- Retiradas de construções da área de inundação dos igarapés, como os sanitários e as obras realizadas na área onde está a foz do igarapé Capiranga, no igarapé Apeú, e reconstrução da cobertura vegetal com espécies características da área, principalmente para conter a erosão que vem ocorrendo nas margens do igarapé Apeú;

29- Identificar quais os cursos d'água que na microbacia hidrográfica ainda possuem peixes ornamentais, visto que, devido à captura indiscriminada, principalmente pela biopirataria, essas espécies estão desaparecidas na maioria dos cursos d'água estudados nesta pesquisa;

30- Melhoria na distribuição de energia elétrica nos povoados e sítios, recorrendo às formas de energia limpa como a solar, eólica, biodiesel (plantas oleaginosas como o dendê) e de biogás obtido pelo lixo produzido nesses locais;

31- Exigir que as indústrias, fábricas, curtumes e matadouros façam tratamento das águas antes de serem despejadas pelos efluentes nas canaletas de escoamento de águas pluviais;

32- Monitoriamento da qualidade das águas dos igarapés à jusante desses efluentes;

33- À jusante da deposição das águas residuárias e pluviais, fazer medições de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); (medições não atendidas nessa pesquisa);

34- Proibir a construção de chiqueiro próximo das margens dos igarapés, porque isso contribui para o aumento das bactérias de coliformes fecais;

35- Pela vazão do igarapé Apeú em novembro de 0,59 m³/s (Chácara Paraíso) e do igarapé Capiranga, de 0,03 m³/s (Av. Augusto Montenegro), logo na 1ª semana de dezembro, quando os níveis de águas estavam baixos, observa-se que, no ponto em que está localizado o emissário jogando as águas pluviais e residuárias da área urbana do Distrito do Apeú, a vazão é insuficiente para auto depuração, por isso se orienta que sejam tomadas providências para o tratamento dessas águas, antes de serem jogadas "in natura" no igarapé Apeú, porque, no percurso até à jusante a população usa o igarapé para tomar banho, lavar louça, etc.;

36- As Secretarias de Saúde e do Meio Ambiente dos municípios, conjuntamente, devem orientar a população da área urbana onde não há coleta de lixo, que deve queimá-lo, não nos troncos de árvores nem em locais próximo da rede elétrica. Os animais mortos também devem ser queimados, a mesma orientação deve ser levada para a área rural;

37- Busca de técnicas de tratamento do lixo, para que não ocorra a contaminação dos lençóis freáticos nem do ar atmosférico, como vem acontecendo atualmente;

38- Análises físico-química e bacteriológica das águas subterrâneas nas áreas próximas do lixão e nas áreas de exploração mineral;

39- Orientação para que cisternas façam parte das unidades que compõem os conjuntos habitacionais, assim como os demais domicílios urbanos, desse modo diminuindo o volume de água do escoamento superficial por ocasião das chuvas fortes, diminuindo o perigo de enchentes;

40- Por causa do avanço da urbanização na área da bacia hidrográfica determinar áreas verdes para o lazer da população, sendo que o calçamento dos passeios deve ser preparado de forma que permita a infiltração das águas pluviais.

13 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AB'SABER, A. Domínios Morfoclimáticos e solos do Brasil. In: O SOLO NOS DOMÍNIOS MORFOCLIMÁTICOS DO BRASIL E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO. SBCS, Anais, V. 2. p. 1-17. 1996.

ALVES, F.S.M.; FISCH, G.; VENDRAME, I.F. Modificações do microclima e regime hidrológico devido ao desmatamento na Amazônia: Estudo de um caso em Rondônia (RO) BRASIL. ACTA AMAZÔNICA. 29(3):395-404. 1999.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Política nacional de recursos hídricos: Legislação. Brasília, MMA/ Secretaria de Recursos Hídricos. 2001. p. 53.

ARGENTO, M.S.F. & CRUZ, C. B. M. Mapeamento geomorfológico. IN: GEOMORFOLOGIA: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996. p. 265 – 282.

ARTAXO, P. A Amazônia e as mudanças globais. CIÊNCIA HOJE 38(224) 2006.

AYODE, J.O. Introdução à Climatologia para os trópicos. São Paulo, Difusão Editorial. 1986. 332p.

BECHARA, C. N. C.; SOARES, I. da S. & RODRIGUES, I.R. de C. Esquistossomose mansônica: IN: DOENÇAS INFECCIOSAS E PARASITÁRIAS: ENFOQUE AMAZÔNICO. Belém, (PA) Editora CEJUP, UEPA, Instituto Evandro Chagas. 1997. p. 687-699.

BENETTI, A. & BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. IN: HIDROLOGIA: Ciência e Aplicação. Porto Alegre, Editora UNIVERSIDADE. UFRGS: ABRH. 2000. p. 269-339.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R. & SILVA, J. X. da. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. Curitiba-PR: Boletim Paranaense de Geografia nº 16 e 17. Julho de 1965. p. 117-151.

BOTELHO, R.G.M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. IN: EROSÃO E CONSERVAÇÃO DOS SOLOS. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 269-339.

BRANCO, M. S.. Água, meio ambiente e saúde. IN: Águas doces do Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação. São Paulo, Escrituras. 1999. p. 227 a 248.

BRANDÃO, A. M. de P. M. A ilha de calor de outono na cidade do Rio de Janeiro: configurações sinóticas contrastantes. IN: VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: Edum, 2000.p.65-80.

MME. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Projeto RADAM. Folha SA 22 e SA 23 – Belém-PA/São Luis-MA: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974. 226p.

BROOKES, D. A CHANNELIZE RIVERS: Perspectives for environmental management. Grã Britain, John Wiley Sons Ltd., 1988, 326p.

CAMPOS, J.L. da S. & SANTOS, O. C. de O. período chuvoso em Belém (PA): Baixada da Sacramenta. IN: ANAIS DO IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. Rio de Janeiro, IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 27/11 a 01/12/00.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Análises microbiológicas de águas - NT 08. São Paulo, CETESB L 5 202. 1978. p. 6.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª edição, 1980. 188p.

_____, Caracterização de indicadores geomorfológicos para analise da sustentabilidade ambiental. IN: Anais do I Simpósio Nacional de Geomorfologia. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, novembro de 1966. p. 31-33.

CIVIC, M. A. A escassez d' água na bacia do rio Jordão. IN: QUESTÕES GLOBAIS: Águas Ameaçadas. Administrando os nossos recursos vitais. 14 (1). 1999. 18-22.

COELHO, M.C.N. Política e Gestão Ambiental (des) integrada dos recursos minerais na Amazônia Oriental. In: ESTADO e POLÍTICAS PÚBLICAS NA AMAZÔNIA, GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS. Belém: Cejup: UFPA-NAEA, 2000. pp. 117-170.

COELHO NETO, A. L. Hidrologia da encosta na interface com a geomorfologia IN: GEOMORFOLOGIA: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1994. p. 93-148.

COELHO NETO, A. L. & AVELAR, A. de S. Hidrologia da encosta na interface com a geomorfologia. IN: GEOMORFOLOGIA: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996. p. 103 -138.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA Nº 20 de 18 de Junho de 1986. Brasília, Publicada no D. O. U. em 30/07/ 86. p.12

COOKE, R. U. & DOORNKAMP, J. C. Geomorpholy in environmental management - an introduction. Oxford: Claredon, Press, 1994.

COSTA, M.B. B.et al. Subsídios à formação de política sobre o uso da matéria orgânica na agricultura paulista. IN: ANAIS DO 3º SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE A EROSÃO. p. 21 - 46.

CUNHA, S.B. da. Geomorfologia Fluvial. IN: GEOMORFOLOGIA: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1994 p.211-252.

CUNHA, S.B. da. Geomorfologia Fluvial. IN: GEOMORFOLOGIA: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996. p. 157-189.

CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. 1998. 327p.

DE BIASE, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. São Paulo: Revista do Departamento de Geografia da USP. FFLCH. 1992. p. 45-53.

DERPSCH, R.S.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPPE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ, 1991.p.272.

DIAS, S. DA F. et al. Estudo ambiental no Utinga: vida útil do sistema de abastecimento d'água de Belém. Belém, IDESP. 1991. p. 118. (Relatório técnico).

EBISEMIJU, F.S. The response of headwater stream channels to urbanization in the humiol tropics. Hidrological Processes. v.3, 237-253. (1989).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. CENTRO NACIONAL DE PESQUISAS DE SOLOS (Rio de Janeiro). Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, CENTRO NACIONAL DE PESQUISAS DE SOLOS. 1997. p. 212; (EMBRAPA – CNPS . Documentos;1)

ESTEVES, F. de A. Fundamentos de limnologia. 2ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. p. 602.

FASSBENDER, H. W. Química de suelos: con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica. Editorial IICA. 1980. p. 398.

FERNANDES, J. Ma. G. et al. Considerações sobre ocorrência de ophiomorphia em sedimentos do grupo Barreiras, no NE do Estado do Pará.

FERNANDEZ, O. V.Q. Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão nas margens: região de Porto Rico, Paraná. Rio Claro: UNESP. 1990. P.86 (Tese de mestrado).

FERREIRA, A. P. et al. Microbacia do rio Apeú: estudo preliminar sobre impactos ambientais. Castanhal, NUMA/UFPA. 1994. p. 55. (Monografia de conclusão de curso especialização em Educação Ambiental).

FRANKEN, W. & LEOPOLD, P.R. Hidrology of catchment areas of central amazonian forest streams in the amazon limology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Dondrechit. p. 501 – 19.

GARCEZ, L. N. & ALVAREZ, G. A. Hidrologia. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. 1988. p. 291.

GORDON, N. D; MACMAHON, T. A. & FINLAYSON, B. L. Stream hydrology: an introduction for ecologists. England, John Wiley & Sons. Ltd. 1995. p. 526.

GRASSI, L.A.T. Gerenciamento de bacias hidrográficas. Revista ECOS. Nº 1. Ano 1 Maio de 1994. p.24-26.

GUIMARÃES, G. & ABICALIL, M. T. Plano diretor do município de Angra dos Reis: Análise da constituição e proposta para o município. In: PLANO DIRETOR: Instrumento de reforma urbana: Rio de Janeiro, Federação, Órgãos Assistência Social e Educacional. 1990. p. 43-63.

GUIMARÃES, G. de A.; BASTOS, J.B. & LOPES, E. C. Métodos de análise física, química e instrumental de solos. Belém (PA). Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte (IPEAN). Série Química de solos. V. 1 (1). 1970. p. 106.

GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In: GEOMORFOLOGIA: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1994. p. 149-209.

_____. Processos erosivos nas encostas. IN: GEOMORFOLOGIA: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996. p. 139 -156

_____. O início do processo erosivo. IN: EROSÃO E CONSERVAÇÃO DOS SOLOS: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1999. p. 17-55.

HAINES, B. et al. Acid rain in the rainforest . Tellus, 35b: 57-60.1983.

HEATHWAITE, A. L.; BURT, T. P. & TRUDGIL, S. T. Land use controls on sediment production in a lowland catchment, shouth-west England. IN: SOIL EROSION ON AGRICULTURAL LAND. England, John Wiley & Sons Ltd. 1990. p. 687.

HINRICHSEN, D; ROBEY, B. & UPADHYAY, U. D. Rumo a uma revolução azul. IN: QUESTÕES GLOBAIS: Águas Ameaçadas. Administrando os nossos recursos vitais. IV (1). 1999. p.18-22.

HUGES, D. J. Rates of erosion on meander arcs. IN: RIVER CHANNEL CHANGES. Chichester, John Willey & Sons.1977.p. 193-205.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico de 2000. Rio de Janeiro: IBGE. 90p.

_____. Censo agropecuário de 2000. Rio de Janeiro: IBGE.

_____. População Mundial. http://www. ibge.gov.br/home/dissenacao/online/popclock/popclock.php. (acesso em março, 2006)

INBAR, M; TAMIR, M; WITTENBERG, L. Runoff and erosion processes after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterraneam area. ELSEVIER. Geomorphology 24 (1998). 17-33.

LANNA, A. E. Metodologia de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. Porto Alegre (RS): Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1992. Documento preliminar. Mimeografado.

_____. Planejamento de recursos hídricos. Porto Alegre: UFRGS. Outubro, 1996. 124p.

LEFF, E. Epistemologia ambiental. São Paulo: Cortez Editora. 2001. 240p.

Lei №6.381 de 25 de Julho de 2001. Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos e dá outras providências. Disponível em: http://www.sectam. pa.gov.br. (acesso em março 2005)

LIBAULT, A. Geocartografia. São Paulo: Companhia Editora Nacional. USP. 1975. p. 338.

LOMBARDO, M. A. Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec. 1985.p.244.

MALM,O. et al. Mercúrio na Amazônia: evolução da contaminação ambiental e humana. CIÊNCIA HOJE 22(128): 16-23. 1997.

MARQUES, M.M. & BARBOSA, F. Na fauna do fundo, o retrato da degradação. Rio de Janeiro: Ciência Hoje. 30 (175). 2001. 72 –75.

MENDONÇA, F. O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: aspectos teórico-metodológicos e estudo de caso. IN: VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Maringá: Eduem. 2000. p.167-192.

MENEZES, L.B. de C. Caracterização biogeoquímica de ecossistemas amazônicos: rios e lagos selecionados nas microregiões Bragantina, Salgado e Guajarina – PA. Belém, Universidade Federal do Pará (UFPA), Centro de Geociências. 1999. p. 169. (Tese de Doutorado).

MINC, C. A reconquista da terra: estatuto da terra, lutas no campo e reforma agrária. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editora Ltda. 1985.

Ministério da Saúde. Portaria 1469 de 29 de dezembro de 2000. Brasília, Ministério da Saúde. p. 17.

MOTA, I.S.de A. Avaliação da erosão marginal e transporte de sedimentos em suspensão na sub-bacia do Riacho Fundo – Distrito Federal. Rio de Janeiro: UFRJ. 2001. p. (Tese de Mestrado).

NASCIMENTO FILHO, C. F. Uma Lei de Princípios. IN: ANAIS DO SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. Rio de Janeiro: Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Agosto de 1997. p. 31.

NORTICLIFF, S. & THORNES, J. B. Water and cation movement in a tropical rainforest environment. Acta Amazônica, 8(2): 245-58. 1978.

NOBRE, C.A. & GASH, J. Desmatamento muda o clima da Amazônia. CIÊNCIA HOJE 22(128) 1997.

NOVAES, W. Agenda 21 brasileira: bases para discussão. Brasília, MMA/PNUD. 2000. p. 196.

ODEMERHO F. O. Limited downstream responser of stream channel size to urbanization in a humid tropical basin. The Professional Geographer 44(3). 1992. 332-336.

OLIVEIRA JR., C. M.de; RODRIGUES, T.E. ; MELO, A. S. Determinação inicial da erosividade das chuvas em Bragança e Marabá, no Estado do Pará. Belém, Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. Série Ciência da Terra. v.4. 1992.p. 45-57.

PÁDUA, H.B. Variáveis físicas, químicas e biológicas para caracterização das águas em sistemas abertos. IN: INDICADORES AMBIENTAIS. Sorocaba: Martos. 1997. p. 89-95.

PEREIRA, J.B. da S. & ALMEIDA, J.R. de. Biogeografia e Geomorfologia. In: GEOMORFOLOGIA E MEIO AMBIENTE. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. pp. 195-247.

PIRES, J. S. R. & SANTOS, J. E. Bacias Hidrográficas: integração entre o meio ambiente e o desenvolvimento. Rio de Janeiro: Ciência Hoje. (98) (110). 1995. 40-45.

RIBEIRO, A. T. A reforma e o plano: algumas indicações gerais. IN: PLANO DIRETOR: Instrumento de reforma urbana: Rio de Janeiro, Federação Órgãos Assistência Social e Educacional, 1990. p 13 a 23.

RODRIGUES, T. E. Solos da Amazônia. IN: O SOLO NOS DOMÍNIOS MORFOCLIMÁTICOS DO BRASIL E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO. SBCS, Anais, V. 2, pp.19-59.

ROLNIK, R. et al. Perfil do plano Diretor da Prefeitura do Município de São Paulo. In: PLANO DIRETOR: Instrumento de reforma urbana. Rio de Janeiro, Federação Órgãos Assistência Social e Educacional. 1990. p. 27 a 31.

ROSSETI, D. F; TRUCKENBRODT, W. & GÓES, A. Mª. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos barreiras e pós-barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará. Belém, Boletim do Museu Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra. 1(1). Julho de 1989. p. 25-74.

SÀ, S. H. Contribuição à geologia dos sedimentos terciários e quaternários da região bragantina, Estado do Pará: Belém, Boletim Geológico nº3, Instituto de Geociências/UFPA. 1969. p. 21-36.

SÁNCHEZ, P. A. Suelos del tropico: características y manejo. 1ed. San José, Costa Rica: IICA. 1981. p. 660

SANTOS, Ma. J. Z. dos. Mudanças climáticas e planejamento agrícola. IN: VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Maringá: Eduem. 2000. pp.65-80.

SANT'ANNA NETO, J.L. As chuvas no estado de São Paulo: a variabilidade nos últimos 100 anos. IN: VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Maringá: Eduem. 2000. pp. 95 – 119.

SANTOS, O. C. de O. Balanço hídrico para Amazônia. Belém, PHCA/SUDAM. 1980. P 120. (Publicação n° 32).

_____. Análise do balanço hídrico seriado para Viçosa, MG. Viçosa: UFV. Junho de 1984. p. 80. (Tese de Mestrado em Meteorologia Agrícola).

_____. A qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Apeú. IN: Anais do X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Rio de Janeiro: UERJ, novembro de 2003. p.

_____. A declividade e a erosão na bacia hidrográfica do igarapé Apeú. IN: Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. São Paulo: Departamento de Geografia/FFLCH/USP. Setembro de 2005. p. 44

SANTOS, O.C. de O. & SOUZA, J.R.S. Estudo da variabilidade espacial e temporal das chuvas em Belém. In: Congresso Internacional de Meteorologia – IV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. Brasília, SBMET/CAM/MAS, Anais 2. Outubro 1986. p. 251.

_____.Estudo preliminar da acidez das águas de chuvas em Belém, Pará. BOLETIM DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Geologia. № 32. Julho, 1988. p. 10 (ISSN 0077.2224).

SARMENTO, H.B. de M. et al. Zoneamento ecológico-econômico do município de Castanhal. Belém, SUDAM/UNAMA. (no prelo).

SARMENTO, H.B. de M. et al. Zoneamento ecológico-econômico do município de Inhangapi. Belém, SUDAM/UNAMA. (no prelo).

SARMENTO, H.B. de M. et al. Zoneamento ecológico-econômico do município de Santa Isabel do Pará. Belém, SUDAM/UNAMA. (no prelo).

SEICOM. Secretaria de Estado de Indústria e Mineração, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatisitica. Plano diretor de mineração em areas urbanas: região metropolitana de Belém. Belém(PA), SEICOM, 1995. p. 187 (Relatório Final).

SILVA, F. C. da. Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, EMBRAPA. 1999. p. 370.

SIOLI, H. Estudo preliminar das relações entre a geologia e a limnologia da zona Bragantina (Pará). Belém (PA), Boletim Técnico do Instituto Agronômico do Norte, № 24. Junho 1951. p. 67-75.

_____, Pesquisas limnológicas na região da estrada de ferro de Bragança, Estado do Pará, Brasil. Belém (PA), Boletim Técnico do Instituto Agronômico do Norte, №37.1960. p. 1 a 85.

SOUZA JR., C. M de et al. Geologia estratigráfica do Município de Castanhal. Belém, UFPA. Centro de Geociências. Fevereiro de 1992. (Estágio de Campo III – Relatório Final).

STALLARD, R.E. & EDMONDS, J. M. Geochemistry of the Amazon: precipitation chemistry and the marine contribution to the dissolved load at the time of peak discharge. Journal of Geophysical Research, 86 (10): 9884-88.

STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. Edited for ANDREW D. EATON,LENORE S. CLESCERI & ARNOLD E. GREENBERG. 1995.

SUDO, H. Processos erosivos e variabilidade climática. IN: VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Maringá: Eduem. 2000. pp.121-146.

SUDAM. SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. Atlas climatológico da Amazônia. Belém, SUDAM/PHCA. 1984. p. 125.

THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. The water balance. Centerton, Drexel Institute, 1955. p. 86 (cópias xerográficas).

TRENTIN, R. et al. Mapeamento das unidades de relevo com base em parâmetros morfométricos no alto curso da bacia hidrográfica do rio Itu. R. S. IN: ANAIS DO V SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA – I ENCONTRO Sul-Americano de Geomorfologia. R.S., UFSM. 02 a 07 de agosto de 2004. p. 1 a 13.

TUCCI, C.E.M. Inundações Urbanas. IN: DRENAGEM URBANA. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/ UFRGS. 1995. P.15-36.

TUCCI, C.E.M. & GENZ, F. Controle do impacto da urbanização. IN: DRENAGEM URBANA. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/ UFRGS. 1995. p.277- 347.

VAL, V.Ma. F. de A. e. Mecanismos de defesa contra hipóxia em ambientes aquáticos. IN: INDICADORES AMBIENTAIS. São Paulo, Sorocaba: Martos. 1997. p. 99-108.

VALENTE, M. V. et al. Zoneamento agroecológico das terras do município de Castanhal, Estado do Pará. Belém, EMBRAPA. Amazônia Oriental. 2001. p. 27 (EMBRAPA/ Amazônia Oriental, documento 119).

_____. Solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do município de Inangapi, Estado do Pará. Belém, EMBRAPA. Amazônia Oriental. 2001. p. 27 (EMBRAPA/ Amazônia Oriental, documento 125).

_____. Solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do município de Santa Izabel do Pará, Estado do Pará. Belém, EMBRAPA. Amazônia Oriental. 2001. (no prelo)

VIEIRA, L.S. & SANTOS, P.C.T. dos. Amazônia: seus solos e outros recursos naturais. São Paulo, Editora Agronômica Ceres Ltda. 1987.

VIEIRA, Ma. N. F; VIEIRA, L. S.; SANTOS, P.C.T. dos & CHAVES, R. de S. Levantamento e conservação do solo. 2. ed. Belém, FCAP. 2000.p.320.

VILELA, S.M. & MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo, McGraw – Hill do Brasil. 1975. p. 245

WOLMAN, M.G. Factors influencing erosion of a cohesive river bank. American Journal Science, 257.1959 .204 – 216.

WOLMAN, M.G. A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels. GEOGRAFISKA ANNALER, 49A. 1967. pp.385-395.

_____. Fators influencing erosion of a cohesive river bank. American Journal Science. 257: 204-2l6. 1959.

ANEXOS

QUESTIONÁRIO 01 – Usado para entrevistar os moradores das agrovilas e povoados localizados na microbacia hidrográfica do igarapé Apeú

Autora: Profa. Odete Cardoso de Oliveira Santos.

Idade:_____

Casado(a) Sim( ) Não ( ); Solteiro (a) Sim ( ) Não ( )

Viúvo (a) Sim ( ) Não ( )

Quantos filhos

( ) 1 a 2; ( ) 3 a 4; ( ) 5 a 8; ( ) acima de 8.

Mora na

Comunidade de Pacuquara ( );Comunidade de Boa Vista ( )

Vila Itaqui ( ); Comunidade de Apeteua ( ) ; Comunidade de São João ( )

Comunidade de Trindade ( ); Distrito de Americano ( ); Vila do Apeú ( ) .

Está na área da Bacia Hidrográfica do Apeú por

Passeio ( ) ; para trabalhar ( ); para trabalhar e morar ( )

A casa que você mora é

( ) própria ( ) alugada ( ) empréstimo

O aluguel de sua casa está em torno de

( ) R$50,00 a 100,00; ( ) R$101,00 a 150,00; ( ) acima de R$150,00.

A casa que você mora quantos cômodos têm:

2 a 3 ( ) ; 3 a 4 ( ); 4 a 6 ( ) ; mais de 6 ( )

Quantas pessoas moram em sua casa

1 a 2 ( ) ; 2 a 4 ( ); 5 a 8 ( ); acima de 8 ( ).

A construção da casa é de

Alvenaria e telha de barro ( ); alvenaria e telha brasilit ( );

barro e telha de barro ( ) ; barro e cavaco ( ) ; taipa ( );

Madeira e telha de barro ( ); madeira e telha brasilit ( ).

Tem banheiro Sim ( ); Não ( )

O banheiro é no

Quintal ( ); dentro de casa ( ).

Há sanitário Sim ( ) Não ( ).

O sanitário está construído

No quintal ( ) dentro de casa ( )

Ou num trecho da comunidade servindo a várias famílias ( ).

Se não há sanitário, as suas necessidades fisiológicas são feitas

No meio da mata ( ) no rio ou igarapé ( ).

O rio ou igarapé representa para você

Local de tomar banho ( ); local de lavar roupa ( );

local de lavar os alimentos ( ); local de jogar lixo ( ); lavar a mandioca ( ); regar as hortaliças ( ); nenhum ( ).

Qual o tratamento que você dá ao lixo?

( ) queima; ( ) joga no quintal; ( ) joga nos buracos que surgem no quintal; ( ) cava buraco para colocar o lixo;

Você sabe ler ( ) sim ( ) não

Você sabe contar ( ) sim ( ) não

Você cursou da 1ª. a 8ª. séries ( ); 1ª. a 5ª. séries ( ); 1ª. a 3ª. séries ( )

Você cursou o 2º. grau ( ) sim ( ) não

Quantas escolas de ensino fundamental funcionam em sua comunidade?

1 a 2 ( ); 3 a 4 ( ); nenhuma ( )

Quantas escolas de 2º. grau há em sua comunidade?

1 a 2 ( ) ; 3 a 4 ( ); nenhuma ( ).

Quantos metros de distância está a escola de sua casa?

5 a 20m ( ); 21 a 50m ( ); 51 a 100 ( ); 101 a 200m ( ); 201 a 500m ( ); de 500m a 1000m ( ); acima de 1001 m ( ).

Em sua escola há distribuição da merenda escolar todos os dias?

( ) Sim; ( ) não

O Fundo do Desenvolvimento do Ensino Fundamental (FUNDEF) tem sido usado para melhorar os salários dos professores ?

( ) Sim; ( ) Não

O FUNDEF tem sido usado para o aperfeiçoamento dos professores?

( ) Sim; ( ) Não

O Conselho Escolar constituído pela direção da escola, por professores, representantes dos pais de alunos e alunos, existe em sua escola esse tipo de Conselho?

( ) Sim; ( ) Não

Você trabalha?

( ) Sim; ( ) Não

Trabalha ( ) em sua própria propriedade; ( )fazenda particular;

( ) indústria agropecuária; ( ) indústria metalúrgica; ( ) granja;

É ( ) agricultor ; ( ) pescador; ( ) merceeiro; ( ) autônomo;

Você paga colégio para os seus filhos estudarem?

( ) Sim ( ) Não

O seu salário está na faixa de

( ) menos de um salário mínimo; ( ) de dois a três salários mínimos;

( ) quatro salários mínimos; ( ) acima de cinco salários mínimos;

Você paga pelo consumo de água?

( ) Sim ( ) Não

O valor deste consumo está na faixa de

( ) R$1,00 a 5,00; ( ) R$ 6,00 a 10.00; ( ) R$11,00 a 20,00;

( ) acima de R$20,00; ( ) nenhum.

Você consome água proveniente do poço artesiano perfurado pela prefeitura?

( ) Sim ( ) Não

A quantidade de água é suficiente para atender as necessidades de sua família ao longo do ano?

( ) Sim; ( ) Não.

Qual o período que a água do poço artesiano não atende as necessidades da Comunidade?

( ) junho; ( ) julho; ( ) agosto a outubro; ( ) setembro a novembro;

( ) outubro a novembro; ( ) outubro a dezembro.

Na falta de água, onde você busca água?

( ) rio ou igarapé ( ) no poço da casa do vizinho.

Você tem poço em sua propriedade?

( ) sim ( ) não

O poço está distante do sanitário de

( ) 1 a 2 metros; ( ) 3 a 4m; ( ) 5 a 6m; ( ) 6 a 10m; ( ) acima de 10m.

Há casa de porcos (pocilgas) em seu quintal?

( ) Sim ( ) não

Os resíduos das pocilgas caem nos igarapés?

( ) Sim ( ) não

Qual o igarapé que passa em seu Quintal?

_____

Se você pudesse trocar a atividade que hoje desempenha por outra com a mesma rentabilidade econômica da atual faria isso?

( ) Sim ( ) Não

QUESTIONÁRIO 02 – Usado após as informações obtidas nas agrovilas de Macapazinho e Boa Vista, distrito do Apeú, por isso esse questionário inseriu-se perguntas sobre as doenças de veiculação hídrica.

Autora: Profa. Odete Cardoso de Oliveira Santos.

Idade:_____

Casado(a)

Sim( ) Não ( );

Solteiro (a)

Sim ( ) Não ( )

Viúvo (a)

Sim ( ) Não ( )

Quantos filhos

( ) 1 a 2; ( ) 3 a 4; ( ) 5 a 8; ( ) acima de 8.

Mora na

Comunidade de Pacuquara ( );Comunidade de Boa Vista ( ) Vila Itaqui ( ); Comunidade de Apeteua ( ) ; Comunidade de São João ( ) Comunidade de Trindade ( ); Distrito de Americano ( ); Vila do Apeú ( ) .

Está na área da Bacia Hidrográfica do Apeú por

Passeio ( ) ; para trabalhar ( ); para trabalhar e morar ( )

A casa que você mora é

( ) própria ( ) alugada ( ) empréstimo

O aluguel de sua casa está em torno de

( ) R$50,00 a 100,00; ( ) R$101,00 a 150,00; ( ) acima de R$150,00.

A casa que você mora quantos cômodos têm:

2 a 3 ( ) ; 3 a 4 ( ); 4 a 6 ( ) ; mais de 6 ( )

Quantas pessoas moram em sua casa

1 a 2 ( ) ; 2 a 4 ( ); 5 a 8 ( ); acima de 8 ( ).

A construção da casa é de

Alvenaria e telha de barro ( ); alvenaria e telha brasilit ( );
barro e telha de barro ( ) ; barro e cavaco ( ) ; taipa ( );
Madeira e telha de barro ( ); madeira e telha brasilit ( ).

Tem banheiro

Sim ( ); Não ( )

O banheiro é no

Quintal ( ); dentro de casa ( ).

Há sanitário

Sim ( ) Não ( ).

O sanitário está construído

No quintal ( ) dentro de casa ( )

Ou num trecho da comunidade servindo a várias famílias ( ).

Se não há sanitário, as suas necessidades fisiológicas são feitas

No meio da mata ( ) no rio ou igarapé ( ).

O rio ou igarapé representa para você

Local de tomar banho ( ); local de lavar roupa ( );

Local de lavar os alimentos ( ); local de jogar lixo ( ); lavar a mandioca ( );

Regar as hortaliças ( ); nenhum ( ).

Qual o tratamento que você dá ao lixo?

( ) queima; ( ) joga no quintal; ( ) joga nos buracos que surgem no quintal;

( ) cava buraco para colocar o lixo;

Você sabe ler

( ) sim ( ) não

Você sabe contar

( ) sim ( ) não

Você cursou da 1ª. a 8ª. séries ( ); 1ª. a 5ª. séries ( ); 1ª. a 3ª. séries ( )

Você cursou o 2º. grau ( ) sim ( ) não

Quantas escolas de ensino fundamental funcionam em sua comunidade?

1 a 2 ( ); 3 a 4 ( ); nenhuma ( )

Quantas escolas de 2º. grau há em sua comunidade?

1 a 2 ( ) ; 3 a 4 ( ); nenhuma ( ).

Quantos metros de distância está a escola de sua casa?

5 a 20 m ( ); 21 a 50 m ( ); 51 a 100 ( ); 101 a 200 m ( );

201 a 500m ( ); de 500m a 1000m ( ); acima de 1001 m ( ).

Em sua escola há distribuição da merenda escolar todos os dias?

( ) Sim ( ) não

O Fundo do Desenvolvimento do Ensino Fundamental (FUNDEF) tem sido usado para melhorar os salários dos professores ?

( ) Sim; ( ) Não

O FUNDEF tem sido usado para o aperfeiçoamento dos professores?

( ) Sim ( ) Não

O Conselho Escolar constituído pela direção da escola, por professores, representantes dos pais de alunos e alunos, existe em sua escola esse tipo de Conselho?

( ) Sim ( ) Não

Você trabalha?

( ) Sim ( ) Não

Trabalha ( ) em sua própria propriedade; ( )fazenda particular;

( ) indústria agropecuária; ( ) indústria metalúrgica; ( ) granja;

É ( ) agricultor ; ( ) pescador; ( ) merceeiro; ( ) autônomo;

Você paga colégio para os seus filhos estudarem?

( ) Sim ( ) Não

O seu salário está na faixa de

( ) menos de um salário mínimo; ( ) de dois a três salários mínimos;

( ) quatro salários mínimos; ( ) acima de cinco salários mínimos;

Você paga pelo consumo de água?

( ) Sim ( ) Não

O valor deste consumo está na faixa de

( ) R$1,00 a 5,00; ( ) R$ 6,00 a 10.00; ( ) R$11,00 a 20,00;

( ) acima de R$20,00; ( ) nenhum.

Você consome água proveniente do poço artesiano perfurado pela prefeitura?

( ) Sim ( ) Não

A quantidade de água é suficiente para atender as necessidades de sua família ao longo do ano?

( ) Sim; ( ) Não.

Qual o período que a água do poço artesiano não atende as necessidades da Comunidade?

( ) junho; ( ) julho; ( ) agosto a outubro; ( ) setembro a novembro;

( ) outubro a novembro; ( ) outubro a dezembro.

Na falta de água, onde você busca água?

( ) rio ou igarapé ( ) no poço da casa do vizinho.

Você tem poço em sua propriedade?

( ) sim ( ) não

O poço está distante do sanitário de

( ) 1 a 2 metros; ( ) 3 a 4m; ( ) 5 a 6m; ( ) 6 a 10m; ( ) acima de 10 m.

Quais são as doenças mais comuns no período chuvoso (dezembro a maio)?

( ) Escabiose ou coceiras ; ( )dengue; ( ) diarréia;

( ) leptospirose ou doença de rato; ( ) resfriado; ( ) hepatite; ( ) malária.

Quais as doenças mais comuns no período menos chuvoso (junho a novembro)?

( ) Escabiose ou coceiras; ( ) dengue; ( ) diarréia; ( ) leptospirose;

( ) hepatite; ( ) malária.

Há casa de porcos (pocilgas) em seu quintal?

( ) Sim ( ) não

Os resíduos das pocilgas caem nos igarapés?

( ) Sim ( ) não

Qual o igarapé que passa em seu Quintal?

_____

Se você pudesse trocar a atividade que hoje desempenha por outra com a mesma rentabilidade econômica da atual faria isso?

( ) Sim ( ) Não

QUESTIONÁRIO 03 – Perguntas direcionadas ao responsável pelas ações da Companhia de Saneamento do Estado do Pará - C O S A N P A

1- Qual a área de atuação da COSANPA nos Municípios de Castanhal e Inhangapí?

2- Quantos poços artesianos há em Castanhal sob a responsabilidade da COSANPA?

3- Quais são os bairros na Cidade de Castanhal e no Distrito do Apeú que são a tendidos pela COSANPA?

4- Qual a capacidade de abastecimento desses poços?

5- Quantas residências são abastecidas pela COSANPA nesses bairros?

6- Quantos mm3 são consumidos em média pelas residências?

7- Qual o consumo máximo de uma residência?

8- Quais são os tipos de indústrias abastecidas pela COSANPA?

9- Quantos mm3 de água são necessários por dia para o abastecimento dessas indústrias?

10- Os Frigoríficos utilizam água fornecida pela COSANPA?

11- Quantos mm3 são necessários por dia para o abastecimento desses frigoríficos?

12- A taxa de cobrança da água utilizada pelas residências é semelhante as da Industrias e frigoríficos?

13- A COSANPA tem um plano para ampliar o abastecimento de água no Município de Castanhal?

14- Como é feito o tratamento da água ofertada pela COSANPA que é consumida pela população?

15- Há algum programa para o tratamento de esgoto do Município de Castanhal?

16- Há uma rede de esgotamento do esgoto?

17- Como é feito esse esgotamento?

18- CASO não haja a rede de esgotamento de esgoto, para onde segue o mesmo?

19- A COSANPA tem monitoriamento dos efluentes industriais e dos frigoríficos?

20- Esses efluentes deságuam nos igarapés?

21- A COSANPA tem algum programa para o tratamento do lixo no Município de Castanhal?

22- Nos dias atuais como é tratado o lixo no Município?

QUESTIONÁRIO 04

Caros Agricultores,

Estou desenvolvendo uma pesquisa sobre a qualidade da águas superficiais da Bacia do Apeú, que corre nos Municípios de Castanhal, Santa Izabel e Inhangapí, e necessito de informações sobre a propriedade agrícola e dos recursos financeiros que vocês já obtiveram. Por isso, gostaria que os mesmos respondessem esse questionário com a máxima responsabilidade e sinceridade, porque as respostas são de grande valia para a minha tese de Doutorado. Esclareço que as informações serão apenas para o meu conhecimento. Não é para assiná-lo. Dia 25/062003, estarei presente à reunião para receber os questionários e conversar com vocês. Gostaria de contar com a colaboração dos senhores. Muito Obrigada.

Profa. Odete Cardoso de Oliveira Santos -UFPA/ UFRJ

Questionário

1- Você mora na Agrovila
São João ( ) Trindade ( ) Apeteua ( ) Serraria ( ) Americano ( )
Nenhuma dessas ( )

2- Há quantos quilômetros fica a sua propriedade da agrovila que mora
Resposta _____

3 - Você mora em seu próprio Sítio SIM ( ) Não ( )

4- A sua propriedade foi obtida através do Programa de reforma Agrária do Instituto de Reforma Agrária SIM ( ) Não ( )

5- A sua propriedade foi obtida
Como parte de herança ( ) parte de invasão ( )

6- Tem título de Propriedade SIM ( ) Não ( )

7 – Quais as dimensões da sua propriedade?
Resposta _____

8 – Quantas nascentes tem em sua propriedade?
Resposta _____

9 - Qual o igarapé que passa pela sua propriedade?
Resposta _____

10- Qual a estrada que passa em frente a sua propriedade?
Resposta _____

11- A sua propriedade é servida por ramal SIM ( ) Não ( )

12- O ramal que passa pela sua propriedade está a quantos quilômetros da estrada principal?
Resposta: _____

13- Como é o nome ou prefixo da estrada principal?
Resposta _____

14- O ramal é de fácil acesso? Sim ( ) Não ( )

15- A estrada principal é asfaltada SIM ( ) Não ( )

16- A estrada é trafegável no período chuvoso? SIM ( ) Não ( )

17- Recebem assistência técnica da EMATER? SIM ( ) Não ( )

18 - Quantas visitas são realizadas pelos técnicos da EMATER?
2 vezes em 30 dias ( ) 1vez em trinta dias ( )
Somente quando solicitados ( ) nenhuma das respostas ( )

19- Quais as culturas perenes que são cultivadas?
Resposta_____
_____
_____

20- As culturas foram obtidas a partir de
Sementes ( ) mudas ( )

21-Aonde obtiveram as sementes EMATER ( ) Secretaria Municipal de Agricultura ( ) EMBRAPA ( ) SAGRI ( ) Banco do Brasil ( ) BASA ( )

22 – Alguma vez solicitou empréstimo financeiro em algum Banco?
SIM ( ) Não ( )

23- O empréstimo foi em forma de dinheiro ( ) sementes ( ) adubos ( ) instrumentos agrícolas ( ) trator ( ) caminhão ( ) nenhuma das respostas ( )

24- Você obteve o empréstimo através do Fundo Constitucional do Norte - FNO
Sim ( ) Não ( )

25- Você faz parte do Programa Nacional da Agricultura Familiar?
SIM ( ) Não ( )

26 -Este Programa tem correspondido as suas expectativas? SIM ( ) Não ( )

POR QUE?
_____
_____

27- Quais são as culturas de ciclo curto que são cultivadas?
Resposta:_____

_____

_____

28 – Essas culturas são plantadas a partir de
Sementes ( ) Mudas ( )
29 - Você conhece os tipos de solos que compõem a sua propriedade?
SIM ( ) Não ( )

30 - Quais os tipos de solos? Resposta _____

31- Há facilidades no transporte dos produtos? SIM ( ) Não ( )

32- Há facilidades para os transportes dos produtos no período chuvoso?
SIM ( ) Não ( )

33- Os igarapés são importantes para o Cultivo? SIM ( ) Não( )

34 - Porque?
Resposta_____
_____

35-Você prática a irrigação em sua propriedade? SIM ( ) Não ( )

36 - Além da Agricultura, você dedica-se à criação de algum tipo de animal?
SIM ( ) Não ( )

37- Qual tipo? Porcos ( ) Aves ( ) Boi ( ) Peixes ( )

38- È fácil comercializar esses produtos? SIM ( ) Não ( )

39- O ganho financeiro com a agricultura é suficiente para o sustento familiar?
SIM ( ) Não ( )

40 – Caso negativo, como você faz para complementar a renda familiar?
Resposta: _____