

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e
Recursos Naturais**

**EFEITOS DO ASSOREAMENTO SOBRE AS COMUNIDADES DE PEIXES DE
IGARAPÉS DA BACIA DO RIO URUCU, COARI, AMAZONAS, BRASIL.**

YNGLEA GEORGINA DE FREITAS GOCH

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Ecologia.

**MANAUS-AM
Agosto de 2007**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e
Recursos Naturais**

**EFEITOS DO ASSOREAMENTO SOBRE AS COMUNIDADES DE PEIXES DE
IGARAPÉS DA BACIA DO RIO URUCU, COARI, AMAZONAS, BRASIL.**

YNGLEA GEORGINA DE FREITAS GOCH

ORIENTADOR: Dr. BRUCE RIDER FORSBERG

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Ecologia.

Fonte Financiadora: FINEP/CTPetro: Rede Amazônia - Projeto PI-3.

**MANAUS-AM
Agosto de 2007**

G576 Goch, Ynglea Georgina de Freitas
Efeitos do assoreamento sobre as comunidades de peixes da bacia do
rio Urucu, Coari, Amazonas, Brasil / Ynglea Georgina de Freitas Goch
.--- Manaus : [s.n.], 2007.
96 f. : il.

Dissertação (mestrado)-- INPA/UFAM, Manaus, 2007
Orientador : Forsberg, Bruce Rider
Área de concentração : Ecologia

1. Peixes. 2. Igarapés. 3. Assoreamento - Amazônia. I. Título.

CDD 19. ed. 597.0929

Sinopse: Os efeitos do assoreamento sobre as comunidades de peixes foram investigados em 27 igarapés na Província Petrolífera de Urucu, Coari – AM. Amostras de peixes, sedimentos de fundo e sedimentos em suspensão foram coletadas; além de medidas de parâmetros morfométricos e limnológicos dos igarapés. Foram coletadas 71 espécies de peixes e um total de 2223 exemplares. O Índice de Assoreamento, juntamente com os parâmetros limnológicos condutividade e pH, foram os que influenciaram a composição das comunidades, especialmente a diversidade e dominância. O uso da terra, calculado a partir de imagens do satélite LANDSAT, influenciou na quantidade de Material Particulado em Suspensão na coluna d'água dos igarapés.

Palavras-chave: 1. Peixes 2. Igarapés 3. Assoreamento – Amazônia.

A TODA minha família, minha fonte de inspiração e de força para buscar e lutar por tudo o que acredito.

Dedico

AGRADECIMENTOS

- A Deus por ter me concedido serenidade, paciência e saúde para finalizar esta etapa de minha vida.

- A TODA minha família, em especial minha mãe Graça, meu pai Mario, minhas irmãs Polyana e Greice, meu cunhado Odenildo, meu lindo e querido sobrinho Otto e minha avó Assunção; pessoas que contribuíram incansavelmente me dando todo o apoio possível e orando sempre por mim.

- Ao meu querido e amado esposo Reinaldo Peleja, pelo seu auxílio em todos os momentos possíveis e necessários, pelo grande incentivo e por estar ao meu lado nas horas mais difíceis desta jornada.

- Ao INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – pela infra-estrutura oferecida para as atividades acadêmicas, de campo e de laboratório. Ao CNPq pela bolsa de estudo.

- A todos os professores e demais membros do curso de Ecologia, em especial a Dra. Claudia Keler, por sua atenciosa atuação a frentes da coordenação do curso, e a Beverly Franklin, por toda a atenção e apoio sempre a mim destinados.

- A PETROBRAS, nas pessoas dos senhores Bruno Ladeira e Calderaro do SMS, por toda a infra-estrutura nos cedida sempre em Urucu, logística de campo, traslado, ou seja, todo o suporte de campo necessário para a viabilização deste trabalho na província de Urucu.

- Aos estudantes de Biologia da Universidade Federal do Pará – Campus de Santarém, pela colaboração no trabalho de identificação das espécies e processamento das amostras de sedimento no Laboratório de Biologia Ambiental; em especial à Alessandra Mendonça, Danieli Bianchi, Elton Jhon, Raquel Miranda e Sâmea Cibebe.

- Aos mais fiéis escudeiros Sandro Torres, João Rocha e João Santos, que tornaram mesmo os momentos mais difíceis em campo, uma “divertida aventura na selva”. Além do incondicional apoio tanto nas coletas de campo, como na triagem do material em Manaus, e em o que fosse necessário. Sou eternamente grata a vocês!!!

- À Dra. Neusa Hamada pelo apoio e empréstimo dos livros de grande valia, e à Sheyla Couceiro pelas trocas de dúvidas e idéias, e pelo apoio com as análises multivariadas.

- Aos amigos do Laboratório de Ecossistemas Aquáticos do INPA, em especial ao Warley Arruda, pelo acompanhamento deste trabalho desde o início e pelas várias trocas de idéias, além do grande auxílio no manuseio com as imagens de satélite. E aos demais amigos do laboratório pela convivência e amizade neste período: Rosirene Farias, Maria Cicília e Lauren Belger pela companhia de SEMPRE e pelos gostosos cafés; Bruce Marshall, Mário Thomé, Juliana Schietti, Fernando Frikmam e Alexandre Kemenes.

- Ao querido Dr. Jansen Zuanon, que desde o mestrado acreditou e me incentivou a percorrer mais uma fase - o Doutorado – e que contribuiu grandemente com este trabalho desde o planejamento até a fase final, além de identificar a maioria das espécies.

- E finalmente, ao meu orientador, Dr. Bruce Rider Forsberg, por sua capacidade enorme de construir interessantes questionamentos, por acreditar e confiar em mim para a realização deste trabalho e demais atividades de pesquisa, nas quais aprendi muito. E especialmente por ter me passado à herança de pensar o ambiente de uma forma ecossistêmica, tendo uma visão integrada.

MUITO OBRIGADA A TODOS!!!!

RESUMO

Os efeitos do assoreamento e do uso do solo sobre as comunidades de peixes foram avaliados em igarapés da Província Petrolífera de Urucu, entre os meses de setembro a dezembro de 2004. Os peixes foram coletados em água aberta e em bancos de liteira localizados nos meandros, com a utilização de redinha, rapiché e armadilhas. Foram amostrados 27 igarapés, sendo 4 pontos por igarapé, totalizando 108 pontos de coleta. O Índice de assoreamento (IA) e o teor de Material Particulado em Suspensão (MPS) foram utilizados para quantificar o grau de assoreamento dos igarapés. Para estimar o percentual de Área Antropizada (AA), imagens de satélite LANDSAT -7, sensor ETM foram classificadas. Foram medidas variáveis limnológicas, como pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido; além de variáveis morfométricas como, largura do igarapé, profundidade, velocidade média, vazão e abertura de dossel. Foram coletados 2.228 indivíduos distribuídos em 71 espécies, 5 ordens e 20 famílias. Os Characiformes constituíram o grupo de maior riqueza e abundância, representando 82,9% do número total de exemplares coletados. As espécies mais abundantes foram *Hemigrammus belottii* e *Hyphessobrycon copellandi* tanto nos igarapés do interior da base quanto nos controles. O IA não influenciou as comunidades de peixes quando analisado independentemente; porém, quando associado ao pH e à condutividade, estes exerceram influências sobre a diversidade e sobre a dominância das espécies. O MPS, também quando associado à velocidade, profundidade, largura, AD e vazão, influencia a composição das espécies de peixes. Os percentuais de AA não apresentaram influências sobre o IA, mas sim sobre as quantidades de MPS nos igarapés.

ABSTRACT

The siltation and the soil use effects on the fish assemblages were evaluated in Província Petrolífera de Urucu streams, between the months of September and December of 2004. The fish were collected in open water and in litter benches located in meanders. Fishnets, dipnets (rapiché) and traps were utilized to sample 27 streams with a total of 108 collection. The Siltation Index (IA) and the Total Sedments in Suspension (TSS) content were utilized to quantify the degree of stream siltation. To estimate the Anthropic Area (AA) percentage, images of satellite LANDSAT -7, sensor ETM were classified. Limnological variables were also estimated, which included pH, conductivity, temperature, and dissolved oxygen; morphometric variables that were measured included stream width, stream depth, medium current speed, outflow and canopy opening. A total of 2.228 fish were collected that were distributed in 71 species, 5 orders and 20 families. *Characiformes* constituted the largest, most diverse and most abundant group, representing 82,9% of the total number of fishes collected. *Hemigrammus belottii* and *Hyphessobrycon copellandi* were the most abundant species, both in the interior base streams and in the control streams. The IA did not influence the fish assemblages when analyzed independently; however, when associated with pH and conductivity, it exerted influence on the diversity and on the dominant species. The MPS, when associated with current speed, depth, width, AD and outflow, appeared to significantly influence fish species composition. Although the AA percentages did not present an influence on the IA, they were correlated with TSS quantities in the streams.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	13
1.1- Os igarapés da Amazônia.....	13
1.2- Antropização e assoreamento de corpos d'água.....	15
1.3- Assoreamento e suas conseqüências para as comunidades ícticas.....	17
1.4- A comunidade íctica como bioindicador da integridade de igarapés perante impactos antrópicos.....	18
1.5- Justificativa o estudo.....	21
2- OBJETIVOS.....	23
2.1- Objetivo Geral.....	23
2.2- Objetivos Específicos.....	23
3- MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1- Área de estudo.....	25
3.2- Delineamento experimental.....	26
3.3- Métodos de Campo.....	28
a) Quantificação do Índice de Assoreamento (IA).....	28
b) Coleta, triagem e identificação dos peixes.....	29
c) Coleta de dados da cobertura vegetal e limnológicos.....	30
3.4- Quantificação da Área Antropizada.....	33
3.5- Análises estatísticas.....	34
4- RESULTADOS.....	38
4.1- Perfil limnológico e morfométrico dos igarapés da Província Petrolífera de Urucu.....	38

4.2- Caracterização do uso do solo das bacias de drenagem dos igarapés.....	45
4.3- A Comunidade íctica da Província Petrolífera de Urucu.....	47
4.4- Variações na composição e nos descritores ecológicos da ictiofauna em relação aos fatores morfométricos, limnológicos e ao IA dos igarapés da Província Petrolífera do Urucu.....	57
4.5- Efeitos da ação antrópica (AA) sobre o IA e a composição íctica.....	65
5- DISCUSSÃO.....	67
5.1- Perfil limnológico e morfométrico dos igarapés.....	67
5.2- Caracterização do uso do solo das bacias de drenagem dos igarapés.....	71
5.3- A Comunidade íctica da Província Petrolífera de Urucu.....	73
5.4- Influência de fatores ambientais sobre a composição da comunidade de peixes e sobre os descritores ecológicos da ictiofauna.....	75
5.5- Efeitos do uso da terra (AA) sobre fatores ambientais e a composição íctica.....	79
6- CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Imagem LANDSAT da região do Urucu, evidenciando a base de operações da Petrobrás – Geólogo Pedro de Moura.....	25
Figura 2 - Imagem ilustrando os 27 igarapés amostrados. B= igarapés localizados dentro da base, C = igarapés controles.....	26
Figura 3 - Desenho amostral demonstrando a seleção dos trechos dos igarapés amostrados.....	27
Figura 4 - Equipamentos utilizados para amostragem do sedimento de fundo (A, B), homogeneização do volume coletado (C) e separação do sedimento fino (silte e argila) (D).....	29
Figura 5- Fotos da cobertura vegetal da floresta ripária acima do espelho d'água do canal de um dos igarapés amostrados. A: foto original em cores; B: foto após processamento no programa Adobe Photoshop, com abertura de dossel de 33,15%.....	31
Figura 6- Imagem de parte da Província Petrolífera, demonstrando tipos de uso do solo e delineamento das microbacias.....	33
Figura 7 - Valores médios referentes ao IA, evidenciando as significativas diferenças existentes entre os igarapés do interior da base e os controles.....	40
Figura 8 - Vista dos igarapés amostrados dentro da Província Petrolífera de Urucu (B = Base) e dos igarapés em áreas adjacentes à área de exploração (C = Controles).....	41
Figura 9 - Variáveis limnológicas que se diferenciaram entre o grupo de igarapés categorizados como controles e os localizados no interior da base de operações. A) Oxigênio dissolvido, B) Profundidade C) Potencial hidrogeniônico – pH.....	42
Figura 10 - Valores médios de MPS nos 27 igarapés amostrados.....	43
Figura 11 – Imagem classificada da Província Petrolífera do Urucu.....	45
Figura 12 - Ordenação por meio de Escalonamento Multidimensional (MDS) a partir dos dados de abundância.....	57

Figura 13 – Análise de Componentes Principais (CP1 e CP2) mostrando as projeções das variáveis morfométricas, limnológicas, IA e AA (A), e as ordenações dos igarapés do interior da base (B) e Controles (C) (B).	59
Figura 14 – Relações entre Eixo 1 da MDS e CP2 da PCA (A), e entre Eixo 2 da MDS e CP1 da PCA (B).....	62
Figura 15 – Relação entre diversidade e CP2 da PCA (A) e dominância e CP2 da PCA (B).....	63
Figura 16 – Relação entre MPS e Área Antropizada (%) nos igarapés em estudo.....	65
Figura 17 – Relação entre MPS e Área Antropizada e Área total da bacia de drenagem de cada igarapé com o MPS.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios das variáveis morfométricas e limnológicas dos igarapés do interior da base (B) e controles (C). Larg.=Largura, Prof.=Profundidade, Veloc.=Velocidade, Vaz.=Vazão, A.D.=Abertura de Dossel, (O ₂ =Oxigênio, Temp.=Temperatura, pH, Cond.=Condutividade, MPS=Material Particulado em Suspensão, IA=Índice de Assoreamento.....	38
Tabela 2 – Matriz de correlação (Pearson) entre os fatores morfométricos e limnológicos dos igarapés amostrados.....	44
Tabela 3 – Valores referentes ao uso do solo nas bacias de drenagem dos 19 igarapés localizados no interior da Província Petrolífera de Urucu bem como, a área de drenagem total e AA de cada microbacia.....	46
Tabela 4 – Espécies de peixes por número de exemplares e frequência de ocorrência (%) capturadas nos igarapés na Província Petrolífera de Urucu.....	48
Tabela 5 – Número de exemplares capturados por espécie e por trecho amostrados nos igarapés da bacia do rio Urucu, Coari, A.....	51
Tabela 6 – Valores médios referentes aos parâmetros de estrutura das comunidades de peixes dos 27 igarapés amostrados. (1B a 19B = igarapés do interior da base; 20C a 27C = igarapés controles).....	55
Tabela 7 – Coeficientes dos três primeiros eixos, variâncias e autovalores da ACP para os 12 parâmetros analisados.....	60
Tabela 8 – Valores dos eixos 1 e 2 da análise de MDS para os dados quantitativos de abundância (índice de Bray-Curtis).....	61

1- INTRODUÇÃO

1.1- Os igarapés da Amazônia

A Amazônia central tem cerca de dois a quatro quilômetros lineares de igarapés por quilômetro quadrado de floresta (Franken & Leopoldo, 1984) que abrigam uma biota pouco conhecida e diversa, que vem sofrendo impactos ambientais de diversas origens (Walker, 1995a).

Os igarapés são corpos d'água de pequeno porte, caracterizados pelo leito bem delimitado, correnteza relativamente acentuada, água com temperatura baixa e pouco variável ao longo do ano (cerca de 26°C), cursos médios e superiores totalmente encobertos pelo dossel da floresta de terra firme e leito entulhado de troncos caídos (Lowe-McConnel, 1999; Forsberg, 2001). Esta cobertura exercida pelo dossel impede a penetração de luz na superfície dos igarapés, limitando a produção de plantas aquáticas, as quais poderiam servir de alimento para a biota (Junk & Furch, 1985; Walker, 1990, 1995a). O regime hidrológico dos igarapés é regido, em parte, pelas condições pluviométricas da região, em períodos de chuva, apresentam-se com um volume de água relativamente grande, enquanto que no período da seca, muitos chegam, inclusive, a desaparecer (Junk, 1983). Porém, também são sensíveis à precipitação local, sofrendo variações significativas de vazão com cada evento de chuva.

Sem produção autóctone significativa, as cadeias alimentares nestes sistemas dependem principalmente da decomposição da matéria orgânica florestal que cai na água e do folhiço submerso, além de flores, frutos e pequenos artrópodes (Goulding *et al.*, 1988; Walker, 1991, Nessimian *et al.*,

1998). Relações intrínsecas entre representantes dos ecossistemas fluviais e de mata ciliar, assim como entre peixes characiformes frugívoros e árvores frutíferas da Amazônia, foram documentadas por Goulding (1980). Desta forma, mudanças nas florestas associadas aos igarapés poderiam ter conseqüências graves em relação à integridade das comunidades (Angermeier & Karr, 1984) e ao funcionamento do sistema, especialmente se as margens do igarapé foram desmatadas (Walker, 1978).

Segundo Walker (1987; 1990) inúmeros animais aquáticos, incluindo macroinvertebrados e peixes, alimentam-se de frutos e sementes da floresta. A grande quantidade de flores e folhas que caem na água, pode ser diretamente consumida e digerida por animais superiores ou podem ser atacadas por fungos decompositores e bactérias, que por sua vez servem de alimento para animais pequenos, os quais são consumidos por predadores.

Variações laterais e longitudinais na estrutura dos ecossistemas, associadas com o tamanho do tributário e com os padrões de inundação, controlam a disponibilidade de habitats e recursos essenciais à manutenção da diversidade da fauna e flora aquáticas. (Forsberg *et al.*, 2001).

A floresta influencia os habitats aquáticos e é essencial para manter a qualidade da água e a diversidade de espécies. A eliminação da mata ciliar e as alterações hidráulicas também podem aumentar a erosão das margens, causando o assoreamento do sistema fluvial (Forsberg *et al.*, 1989), com reflexos imediatos e negativos sobre as comunidades de peixes (Silva, 1995, Kirovsky, 1999; Anjos, 2007). Quanto menores os igarapés, mais constante e previsível será a dieta dos organismos, e mais dependentes estes serão do

substrato de fundo e dos itens alóctones da floresta. Além disso, a seleção do habitat de peixes em igarapés tende a depender de fatores como, disponibilidade de alimento, intensidade de predação, tolerância a fatores físico-químicos e heterogeneidade de substratos (Caramaschi, 1986). Segundo Sabino & Zuanon (1998) espécies como os bagres *Helogenes marmoratus* (Cetopsidae), *Nemuroglanis* spp. (Heptapteridae) e sarapós *Microsternarchus bilineatus* e *Steatogenys duidae* (Hypopomidae) utilizam o folhiço submerso como abrigo diurno, enquanto ciclídeos do gênero *Apistogramma* utilizam-no como habitat para forrageamento.

1.2- Antropização e assoreamento de corpos d'água

A aceleração dos processos erosivos, que vem ocorrendo em todo o Brasil e em outras partes do mundo, decorre muito mais de interferências antrópicas no meio ambiente, tais como, a retirada da cobertura vegetal, alteração de cursos de rios, assoreamento de corpos d'água; que propriamente de eventos geológicos (Fonseca, 1999).

Karr *et al.* (1986 *in* National Research Council, 1992) apresenta cinco classes de fatores ambientais que, quando alterados, provocam estresse em componentes bióticos de ecossistemas de rios e igarapés: (1) a mudança na qualidade, quantidade e disponibilidade sazonal de alimento para os organismos; (2) a deterioração da qualidade da água, incluindo mudanças na temperatura e excessivas turbidez e sedimentação; (3) as modificações dos habitats, incluindo o substrato; (4) a quantidade ou o fluxo de água; e (5) as interações bióticas.

Os sedimentos constituem 47% do material introduzido de fontes não pontuais em rios e igarapés. O tamanho das partículas varia de rochas, cascalho e areia, até as partículas muito finas como o silte. As partículas grandes tendem a sedimentarem-se rapidamente, mas o silte fino permanece suspenso por longos períodos de tempo, produzindo turbidez. Associados às partículas, nutrientes e poluentes podem ser dissolvidos na água ou podem viajar nestas, rio abaixo, acumulando-se em áreas deposicionais, sendo eventualmente ingeridos por organismos. Sedimentos ricos em matéria orgânica podem decompor e assim gerar amônia, gás sulfídrico e baixos níveis de oxigênio na água de fundo (Stern & Stickle, 1984 *in* National Research Council, 1992).

De acordo com Tucci (1997), o sedimento provavelmente é o mais significativo de todos os poluentes, por sua concentração na água, seus impactos no uso da água e seus efeitos no transporte de outros poluentes. O autor frisa ainda que a qualidade da água de mananciais que compõe uma bacia hidrográfica está relacionada com o uso do solo na bacia e com o grau de controle sobre as fontes de poluição.

Atualmente na Amazônia Brasileira, o processo de desmatamento é aumentado devido ao rápido desenvolvimento humano (Fearnside, 1982, 1984). Com a destruição da cobertura vegetal original, é provável o aumento da erosão (Fearnside, 1986) e conseqüentemente o assoreamento de corpos d'água amazônicos, especialmente os de pequeno porte como os igarapés. Esses processos erosivos estão principalmente associados à mineração e outras indústrias extrativistas (Forsberg *et al.*, 1989).

1.3- Assoreamento e suas conseqüências para as comunidades ícticas

A associação da perda ou a redução de populações de peixes à turbidez e assoreamento de igarapés não é recente, principalmente na América do Norte, como indicam os trabalhos de Jordan (1889), Titcomb (1926) e Ellis, (1936) *in* Waters (1995).

Quando a deposição de sedimentos excede o transporte dos mesmos, depósitos de sedimentos finos podem cobrir o cascalho do fundo, local onde muitos organismos encontram alimento e utilizam como habitat para reprodução. Essas partículas finas podem preencher as fendas do fundo, cobrindo as rochas e fragmentos de madeira onde muitos peixes vivem e alimentam-se (Roseboom *et al.*, 1983 *in* National Research Council, 1992).

Estudos realizados com populações de salmonídeos mostraram que quando a quantidade de sedimento fino sobre as desovas destes peixes excede 20 a 30% por volume, a sobrevivência dos embriões declina, além disso, o tamanho das populações foi inversamente proporcional ao conteúdo de sedimento fino no substrato (Rinne & Medina, 1989). Algumas espécies de peixes de regiões temperadas exsudam um muco que protege suas nadadeiras e brânquias, retendo e limpando continuamente a superfície de seus corpos. Porém, este mecanismo protetor requer energia metabólica e constitui um estresse para estes peixes, podendo reduzir também a habilidade de procura de alimento. Assim, a longo prazo o efeito crônico do sedimento em suspensão muda a composição da fauna íctica de um corpo d'água através da produção

de taxas basais diferenciais de reprodução em diferentes espécies, em função da mudança dos habitats e do suplemento alimentar (National Research Council, 1992).

O assoreamento espacial e temporal em larga escala, pode causar a extinção de espécies de peixes que dependem diretamente do substrato de fundo para reprodução e alimentação, além de espécies nectônicas que dependem de um mínimo volume de água para forrageamento (Casatti, 2004).

1.4- A comunidade íctica como bioindicadora da integridade de igarapés perante impactos antrópicos

O biomonitoramento é utilizado para acompanhar as alterações ambientais, e bioindicadores, como peixes e invertebrados aquáticos (crustáceos e insetos), são utilizados para identificar perturbações nos recursos hídricos. Os bioindicadores também são definidos como organismos ou comunidades que respondem à poluição ambiental, alterando suas densidades e funções vitais ou acumulando toxinas. Esta definição pode ser ampliada ao se considerar que bioindicadores são organismos ou comunidades que reagem a alterações ambientais modificando suas funções vitais, sua composição química e sua auto-ecologia (Alves & Pompeu, 2006).

A estrutura de comunidades de peixes é um importante “indicador biológico” em ecossistemas aquáticos (Bojsen & Barriga, 2002; Casatti, 2004; Melo *et al.*, 2004; Mol & Ouboter, 2004; Rosa, 2006), porém no Brasil este é um parâmetro apenas recentemente utilizado, especialmente em igarapés amazônicos.

Na Amazônia brasileira, a utilização de bioindicadores como instrumento de avaliação e monitoramento de sistemas aquáticos vem se tornando mais corrente. Principalmente com o uso de macroinvertebrados (Cleto-Filho & Walker, 2001; Callisto *et al.*, 1998 a; Couceiro, 2005) e peixes (Silva, 1995; Kirovsky, 1999; Anjos, 2007).

Na Amazônia Equatoriana, Bojsen & Barriga (2002) investigaram os efeitos do desmatamento na estrutura das comunidades de peixes em doze igarapés. Eles encontraram uma diversidade Beta mais elevada nos ambientes com cobertura florestal íntegra, do que nos locais desmatados. Além disso, evidenciaram um aumento na densidade total de peixes em relação ao desmatamento.

Mol & Ouboter (2004) pesquisaram os efeitos da erosão por mineração de ouro em pequena escala, em comunidades de peixes de pequenos igarapés de floresta neotropical do Suriname. Os autores concluíram que erosão reduzia a diversidade de peixes e alterava a estrutura da comunidade, devido a: (1) aumento da turbidez resultante do aumento da carga de sedimentos em suspensão; e (2) redução da diversidade de habitats dos igarapés, relacionada com a sedimentação.

No Brasil, na bacia do Alto Rio Paraná, Casatti (2004) amostrou a ictiofauna de dois igarapés, um assoreado e outro não alterado, com o objetivo de identificar espécies potencialmente indicadoras da integridade ou degradação. A autora encontrou como espécies dominantes, as favorecidas por microhabitats relacionados ao assoreamento e à remoção da vegetação marginal. No cerrado Mato-grossense, Melo *et al.* (2004) demonstraram que o

desmatamento da vegetação ripária apresentou efeito negativo sobre as populações de peixe que dependem de recursos alóctones, além de promoverem o assoreamento e destruição de muitos micro-habitats de forrageamento e refúgio, utilizados por peixes. Em estudo realizado na mesma região, Rosa (2006) investigando a ictiofauna de dois tipos de córregos da Chapada dos Guimarães, um com sua natureza íntegra e outro degradado com assoreamento do leito, concluiu que as relações significativas entre a riqueza e as variáveis físicas dos córregos indicaram o efeito do assoreamento sobre a riqueza de espécies. O autor observou ainda que a composição da ictiofauna do córrego assoreado (predominantemente Siluriformes) diferiu drasticamente da ictiofauna do córrego íntegro (predominantemente Characiformes).

Na Amazônia Brasileira, estudos realizados em igarapés no município de Manaus mostraram uma maior dominância e menores valores de riqueza, número de indivíduos e biomassa na comunidade de peixes de um igarapé urbano e poluído, em relação a outro igarapé de uma outra bacia em boas condições de integridade ambiental (Silva, 1995). Já Kirovsky (1999) observou em igarapés de terra-firme da Amazônia central, que os fatores bióticos (peixes) e abióticos (pH, profundidade do canal, temperatura, condutividade, largura, oxigênio dissolvido, tipo de substrato) estudados por ele, foram sensíveis ao crescente impacto de barragens e clareiras artificiais existentes naquela região.

Mais recentemente, Anjos (2007) estudou as assembléias de peixes de igarapés em 15 fragmentos florestais urbanos, visando avaliar os efeitos da fragmentação florestal e características estruturais dos igarapés sobre a

composição e diversidade da ictiofauna. O autor concluiu que diferenças nas características ambientais originais dos igarapés, além do subsequente isolamento de populações de peixes por barreiras químicas podem ser responsáveis pelas atuais diferenças observadas na composição de espécies em igarapés próximos.

1.5- Justificativa do estudo

Desde 1986 está em funcionamento na área da Província Petrolífera do rio Urucu (Coari, AM), a base de operações da Petrobrás “Geólogo Pedro de Moura”, a qual explora atualmente o segundo maior depósito de gás natural do Brasil, com uma produção de 1,88 milhões de metros cúbicos por dia (Soltani *et al.*, 2001). Estudos preliminares realizados por Forsberg (comunicação pessoal) em um igarapé dentro da área de exploração, que sofreu um derramamento de petróleo, apontaram para uma elevada acumulação de sedimentos de origem antrópica nesse igarapé. Esse assoreamento era decorrente principalmente da forte erosão advinda da construção de estradas para o deslocamento de veículos dentro da base de operações, e das clareiras artificiais onde são perfurados os poços. Estas clareiras são permanentemente mantidas a fim de prevenir o alastramento do fogo em caso de possíveis incêndios, o que acelera o processo de erosão.

Forsberg (comunicação pessoal) observou ainda no igarapé em estudo, a inexistência de uma diversidade de substratos de fundo, como bancos de folhas, galhos e bancos de areia submersos, característicos de ecossistemas fluviais ecologicamente íntegros. Aparentemente, o soterramento desses

substratos, habitats de extrema importância para a comunidade bentônica, resultou na perda de espécies de peixes, dado que não foi possível observar esses animais durante os trabalhos no local. O pesquisador sugeriu que a perda de habitats nesse ecossistema poderia estar resultando na eliminação das condições naturais necessárias à sobrevivência de várias espécies de peixes, devido ao soterramento dos substratos de fundo com conseqüente anoxia no ambiente.

Bojsen & Barriga (2002) através de suas revisões bibliográficas, afirmam a existência de vários estudos em igarapés de regiões temperadas, que comprovam a importância da cobertura florestal da vegetação ripária, como um dos mais importantes parâmetros estruturais para a fauna de peixes, e que a retirada desta cobertura exerce forte influência na distribuição longitudinal desta fauna. Além disso, ainda em ecossistemas temperados, estudos têm concluído que o excesso de assoreamento é um dos mais importantes fatores adversos que afetam os habitats dos peixes, e conseqüentemente suas comunidades (Judy *et al.*, 1984 *in* Waters, 1995).

Desta forma, torna-se importante avaliar os efeitos do assoreamento sobre a comunidade de peixes em tributários do rio Urucu nos arredores da área de extração petrolífera. Esta avaliação deve considerar tanto a estrutura destas comunidades (diversidade, abundância, dominância, etc.) quanto às características físico-químicas (pH, O₂ dissolvido, temperatura, condutividade) e morfológicas (largura, profundidade, % de abertura de dossel) naturais e antrópicas (MPS, nível de assoreamento, desmatamento da bacia) do sistema. Assim, será possível relacionar os níveis de assoreamento encontrados e

propor ações no sentido de minimizar possíveis impactos tanto de ordem biótica como abiótica nesta área.

2- OBJETIVOS

2.1- Objetivo Geral

Avaliar o efeito do assoreamento sobre as comunidades de peixes em tributários do rio Urucu, próximos à base de operações da Petrobrás “Geólogo Pedro de Moura”, Coari, AM.

2.2- Objetivos Específicos

a) Determinar a composição, riqueza, abundância, dominância, diversidade e eqüitabilidade das comunidades de peixes de igarapés da província petrolífera de Urucu;

H₁: A composição, riqueza, abundância, dominância, diversidade e eqüitabilidade das comunidades de peixes variam entre os igarapés da província petrolífera de Urucu, especialmente entre os localizados na base em relação aos controles;

b) Verificar as variações na composição íctica e nos descritores ecológicos da ictiofauna (riqueza, dominância, diversidade, abundância e eqüitabilidade de espécies) em relação às características morfométricas dos igarapés (largura do canal, abertura do dossel, profundidade, velocidade da corrente, vazão) e limnológicas (temperatura da água, oxigênio dissolvido, condutividade, pH);

H₁: As variações na composição íctica e nos descritores ecológicos da ictiofauna, têm relação com as características morfométricas e limnológicas da água dos igarapés da província petrolífera de Urucu;

c) Avaliar o efeito do Índice de Assoreamento (IA) sobre a riqueza, abundância, diversidade, dominância e a composição íctica dos igarapés da província petrolífera de Urucu;

H₁: O IA influencia negativamente a riqueza, abundância, diversidade, dominância e a composição íctica dos igarapés da província petrolífera de Urucu;

d) Verificar os efeitos dos percentuais de uso da terra (Área Antropizada - AA) sobre o IA e a composição íctica dos igarapés da província petrolífera de Urucu;

H₁: O IA e a composição íctica dos igarapés variam de acordo com os percentuais de uso da terra da província petrolífera de Urucu;

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1- Área de estudo

A Província Petrolífera de Urucu (Figura 1) está situada no rio Urucu, na margem direita do rio Solimões, a 16 km a montante da sede do município de Coari – AM, cerca de 630 km a sudoeste da cidade de Manaus. Atualmente, é o segundo maior depósito de gás natural do Brasil, com uma produção de 1,88 milhões de metros cúbicos por dia (Soltani *et al.*, 2001).

O solo é classificado como cambissolo álico, de textura média, argiloso e de consistência dura, ocorrendo em relevo que varia de suave ondulado a ondulado (PETROBRAS,1989). O clima da região é classificado como “Afi”, no esquema de Köppen, com uma flutuação anual, sendo a temperatura média mínima de 22,5°C e média máxima de 31,5°C, RADAM/Brasil (1978).

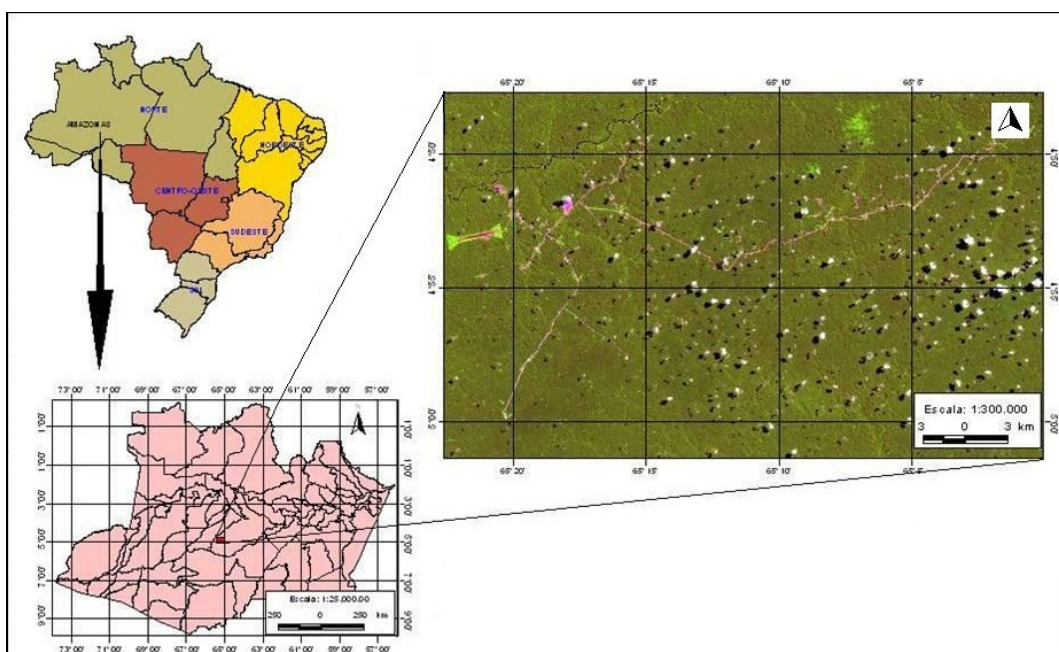


Figura 1- Imagem LANDSAT da região do Urucu, apresentando a rede de estradas da base de operações da PETROBRAS – Geólogo Pedro de Moura.

Fonte: Imagem Landsat 7 ETM + de 30 de julho de 2001 (<ftp://ftp.glcf.umd.edu/glcf>).

3.2- Delineamento experimental

As coletas foram realizadas entre os meses de Setembro e Dezembro de 2004 em 27 igarapés de água branca, sendo 19 localizados dentro da Província Petrolífera, e oito no lado oposto do rio na margem esquerda do rio Urucu. Estes últimos foram os igarapés controles, ou seja, sem interferência antrópica (Figura 2).

Os igarapés controles foram escolhidos na época da seca, porém na cheia observou-se que eles estavam localizados na planície de inundação do rio Urucu, fato este que levou aos resultados e as características limnológicas descritas posteriormente.

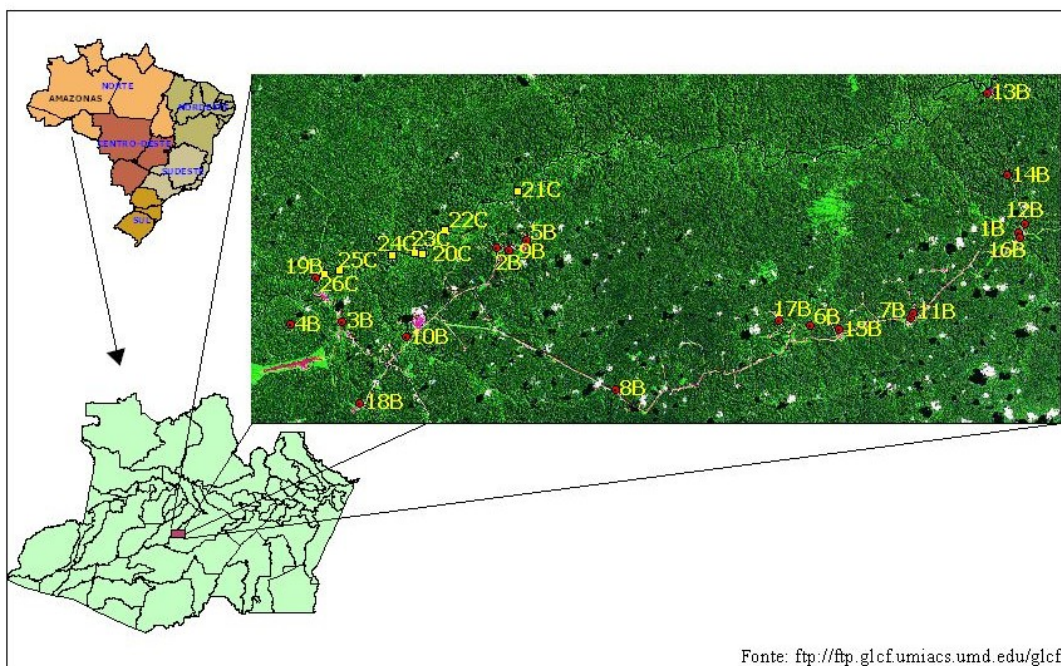


Figura 2 – Imagem ilustrando os 27 igarapés amostrados. **B**= igarapés localizados dentro da base, **C** = Igarapés controles.

Cada igarapé localizado dentro da Província, cada um foi dividido em quatro trechos, sendo dois localizados a montante (M), ou seja, acima da

estrada; e dois a jusante (J), abaixo da estrada (Figura 3), totalizando 76 trechos amostrados. Para a escolha do trecho a ser amostrado, percorreu-se aproximadamente 100m após a estrada, a fim de evitar interferências advindas da estrada e como forma de padronização, e localizou-se a partir daí o primeiro meandro. Tomando o meandro como ponto central, marcou-se uma área de 50m a fim de procederem-se as medidas e coletas da fauna. Em seguida, percorreu-se aproximadamente 30m para escolher novamente o próximo meandro, a fim de demarcar 100m como o segundo trecho a ser amostrado; este procedimento foi realizado tanto a jusante quanto a montante. Já nos igarapés controles, localizados fora da Província, foram amostrados quatro pontos consecutivos, com espaçamentos de aproximadamente 30m, totalizando 32 trechos amostrados. Tais trechos funcionaram como réplicas intra-igarapés e totalizaram 108 nos 27 igarapés amostrados. Todos os igarapés e seus compartimentos foram devidamente georeferenciados utilizando-se GPS (GARMIN, modelo 50).

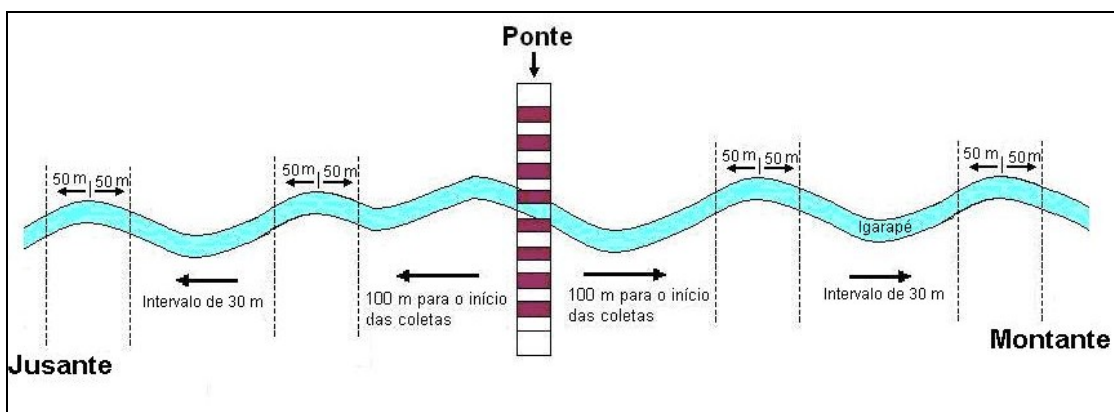


Figura 3 – Desenho amostral demonstrando a seleção dos trechos dos igarapés amostrados.

3.3- Métodos de Campo

a) Quantificação do Índice de Assoreamento (IA)

Considerando-se que o assoreamento dos corpos d'água é conseqüência da grande quantidade de deposição de sedimentos finos (silte e argila) compostos por partículas de tamanho inferior a $63\mu\text{m}$ (Waters, 1995), a metodologia utilizada para quantificar os níveis de assoreamento consistiu na utilização de um coletor volumétrico de material bentônico (Figura 4). Este coletor é composto de um cilindro de 15 cm de diâmetro, com fundo afiado, que foi introduzido no substrato para obtenção do sedimento. Em seguida os 25 cm superficiais de material foram coletados e transferidos para um balde de subamostras de sedimentos em suspensão, onde o volume amostral foi então diluído e homogeneizado em 8 litros de água do próprio igarapé. Foi então retirada através de uma torneira localizada na parte inferior do balde, uma subamostra (0,05l) do homogeneizado aquoso, a qual foi acondicionada em tubos FALCON de 50ml. Folhas e gravetos foram excluídos da amostra, pois os mesmos não são considerados como poluentes, e sim servem como habitats para os organismos aquáticos em igarapés (Waters, 1995).

Já no laboratório, foi realizada a centrifugação do material a fim de retirar todo o líquido da amostra, sendo que o material sólido que permaneceu no tubo, foi colocado em estufa a aproximadamente 40°C até secagem total. Em continuidade, foi realizada a pesagem do material sólido presente na subamostra, o qual foi em seguida separado em peneira com poro de $63\mu\text{m}$, com o intuito de separar o sedimento fino (silte e argila - $<63\mu\text{m}$) dos outros

componentes como areia e cascalho (>63 μ m) (Carvalho, 1994). Em seguida o material obtido após passagem pela peneira foi pesado.

Para obtenção do IA utilizou-se a seguinte fórmula:

$$IA \text{ (g/L)} = \frac{SD \cdot (VD/VSA)}{VOS}$$

Onde:

IA= Índice de Assoreamento (g/L)

SD= Sedimento <63 μ m (g)

VD= Volume de Diluição (l)

VSA= Volume da Sub-amostra (l)

VOS= Volume Original do Sedimento (l)

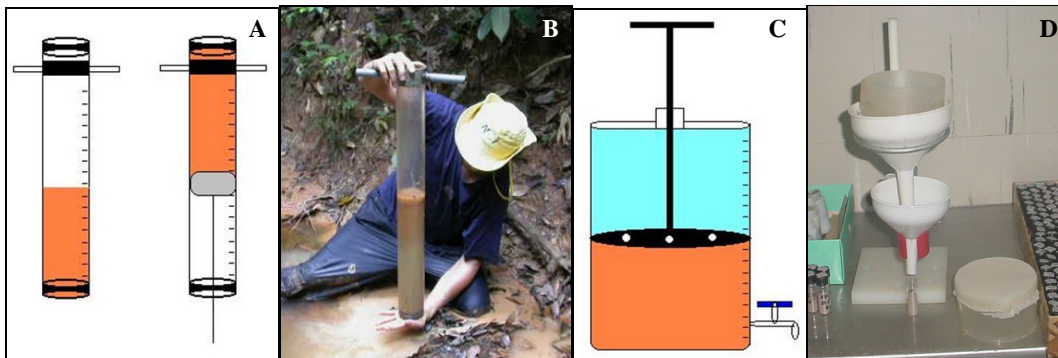


Figura 4 – Equipamentos utilizados para amostragem do sedimento de fundo (A, B), homogeneização do volume coletado (C) e separação do sedimento fino (silte e argila) (D).

b) Coleta, triagem e identificação dos peixes

A metodologia utilizada na coleta dos peixes consistiu de pesca ativa, efetuando-se cinco lances padronizados de redinha e cinco de rapiché em cada trecho amostrado; além da pesca passiva com a utilização de dez armadilhas conhecidas como covos, distribuídas (10 em cada trecho) também em cada

trecho dos igarapés impactados e dos controles. As coletas foram sempre efetuadas pelas mesmas pessoas, sendo que os lances de redinha foram efetuados por duas pessoas. A redinha utilizada possuía 5mm de abertura de malha e 6m² de área, e o rapiché abertura de malha de 1mm e 45cm de abertura de circunferência.

Considerando-se que a deposição de sedimentos concentra-se principalmente nos meandros, as amostragens concentraram-se nestes habitats. Após a captura os indivíduos foram fixados em formalina 10% e acondicionados em sacos plásticos devidamente etiquetados. Posteriormente, as amostras foram transportadas para o laboratório, onde foram lavadas com água corrente por 24 horas, em seguida acondicionadas em álcool etílico 70%. Em seguida, procedeu-se triagem dos exemplares por morfotipos, para posterior identificação das espécies até o nível taxonômico mais preciso possível, utilizando bibliografia especializada (Géry, 1977; Mago-Leccia, 1994; Römer, 2001) e ajuda de especialistas do laboratório de Biologia Aquática do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

c) Coleta de dados da cobertura vegetal e limnológicos

Os dados da cobertura vegetal e limnológicos foram medidos antes de proceder-se as coletas das amostras de peixes, e foram constituídos de:

% Abertura do dossel: foi calculada por meio de fotos digitais, utilizando lente grande angular (WC – E63, Nikon/Coolpix), tiradas do meio do canal com ajuda de um tripé, a uma altura padronizada de 70cm da superfície da água (Almeida, 2005). A porcentagem de abertura do dossel (% AD) foi calculada, no programa

Adobe Photoshop 7.0 utilizando a função *threshold*, pela proporção de pixels brancos obtidos em cada foto (Figura 5). Esta variável estimou a disponibilidade de luz nos igarapés;

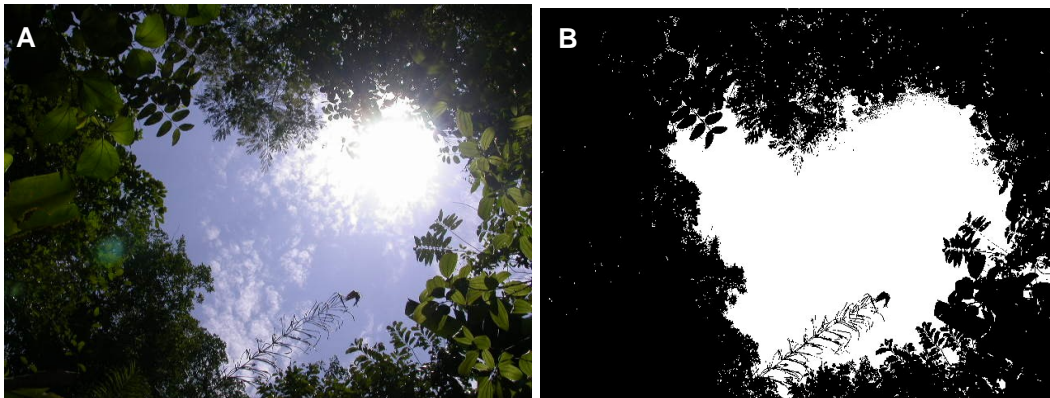


Figura 5 – Fotos da cobertura vegetal da floresta ripária acima do espelho d’água do canal de um dos igarapés amostrados. **A**: foto original em cores; **B**: foto após processamento no programa Adobe Photoshop, com abertura de dossel de 33,15%.

Concentração de íons de hidrogênio na água (pH): foi determinada com um potenciômetro portátil (ORION-250A);

Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$): foi determinada com um condutímetro portátil (WTW, modelo pH90);

Largura do canal (m): foi medida utilizando-se uma trena;

OD (mg/L) e Temperatura ($^{\circ}\text{C}$): foram medidas utilizando-se oxímetro portátil YSI, modelo 55;

Profundidade do canal (m): com a utilização de uma trena esticada horizontalmente no igarapé, foram feitas sondagens verticais a cada 10cm, iniciando a 10cm da margem,

Velocidade da corrente (m/s): foi medida através da média entre três pontos dispostos no meio do canal, medida no meio da coluna d'água, utilizando-se um medidor de fluxo da marca General Oceanics, modelo 2030, com hélice para baixa velocidade;

Vazão (m³/s): calculada a partir da multiplicação dos valores médios de velocidade, profundidade, largura (Vazão = velocidade*profundidade*largura);

Material Particulado em Suspensão (MPS) em mg/L: foi calculado por gravimetria, utilizando-se sistema de filtragem, com dois filtros de membrana de celulose (0,45µm de poro) pré-pesados (Meade, 1985). Após secagem dos filtros em estufa a 40°C até peso constante, utilizou-se a seguinte fórmula para obtenção do valor final:

$$OS= [(Pfcs - Pics) + (Pfss - Piss)]/lf$$

Onde:

PS= partículas em suspensão

Pfcs= peso final do filtro com sedimento

Pics= peso inicial do filtro onde foi depositado o sedimento

Pfss= peso final do filtro sem sedimento (do segundo filtro)

Piss= peso inicial do filtro sem sedimento

lf= litros de água filtrados

A pesagem dos filtros foi efetuada em balança com precisão de 0,00001g.

3.4- Quantificação da Área Antropizada

A classificação dos usos da terra e conseqüentemente da área antropizada (AA), foi realizada por meio da classificação do mosaico de imagens ortoretificadas do satélite LANDSAT-7, sensor ETM+ com resolução de 14,25 metros e bandas 7(R), 4(G) e 2(B), processadas pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). A imagem foi então classificada pelo método não supervisionado *IsoData* e depois reagrupada em oito classes. A classificação das imagens foi realizada no software *PCI Geomatica 9* (2003), enquanto o processamento final e a produção de mapas foram realizados no software *ArcView 3.2a* (Esri, 1996) (Figura 6).

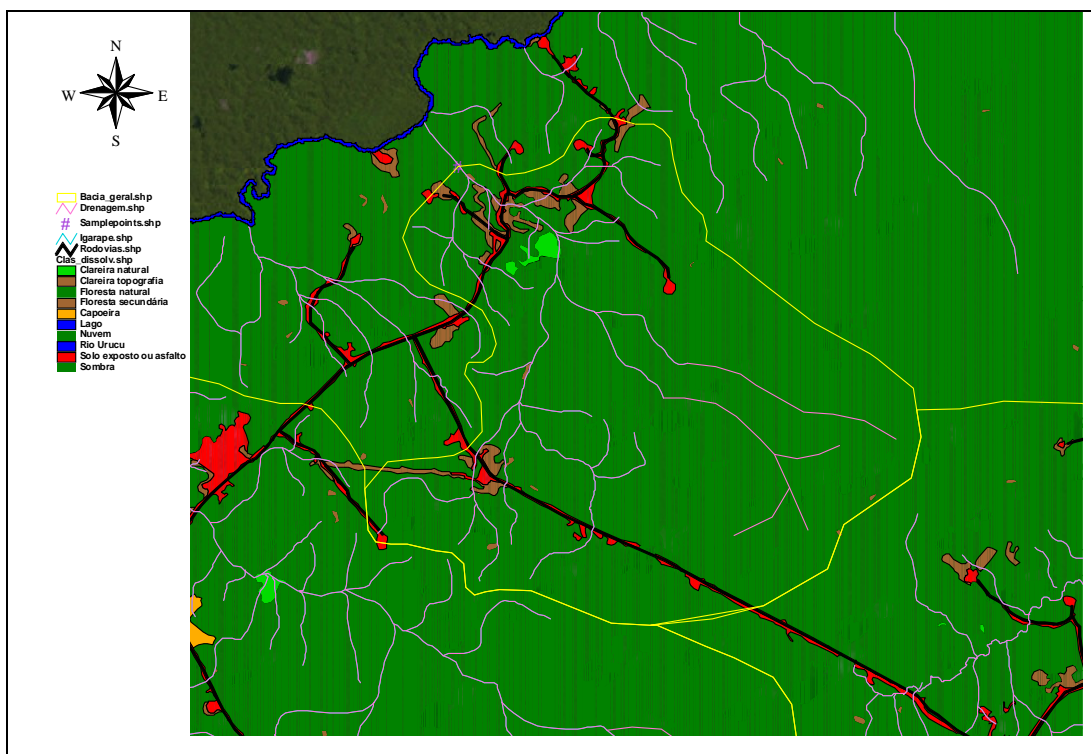


Figura 6- Imagem de parte da área de exploração, demonstrando os tipos de uso do solo e delimitação das microbacias (linhas amarelas).

3.5- Análises estatísticas

A abundância das espécies de peixes foi representada pelo número de indivíduos coletados em cada trecho, a partir da prévia padronização do esforço amostral, com igualdade no número de lances tanto da redinha, quanto do rapiché. Já a frequência de ocorrência de cada espécie foi calculada pela porcentagem de igarapés em que a espécie ocorre.

A riqueza de espécies para cada igarapé foi estimada utilizando-se o índice de Jackknife de primeira ordem, que segundo Palmer (1990, 1991), é um dos índices não paramétricos mais precisos para expressar a riqueza de uma comunidade. O índice Jackknife (Krebs, 1999) foi calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$S^* = S + (n - 1/n) k$$

Onde:

S^* = estimativa da riqueza;

S = número total de espécies observadas na amostra “ n ”;

n = número total de amostras;

k = número de espécies únicas, isto é, coletadas uma única vez.

Para a análise da diversidade e dominância de espécies foram montadas matrizes a partir dos dados de abundância das espécies de peixes (número de exemplares). O índice de Shannon-Wiener (H') (log na base 10) foi utilizado para estimar a diversidade, por integrar riqueza e equitabilidade no mesmo parâmetro. Este índice mede a diversidade média entre as amostras da

comunidade e dá menos peso às espécies raras do que às comuns (Pielou, 1975).

O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') foi calculado pela equação (Krebs, 1999):

$$H' = - \sum (n_i/N) (\log^* n_i/N)$$

Onde:

H' = índice de diversidade Shannon-Wiener

n_i = abundância da espécie i

$N = \sum n_i$ = é o número total de indivíduos

O índice de dominância foi calculado utilizando-se o índice de Berger-Parker (Berger & Parker, 1970), que representa a dominância de uma espécie na estrutura da comunidade. Sendo calculado pela seguinte fórmula:

$$d = n \text{ max} / N$$

Onde:

$n \text{ max}$ = número de exemplares da espécie mais abundante

N = número de exemplares da amostra

O cálculo de abundância relativa das espécies (equitabilidade) foi realizado segundo o proposto por Pielou (1969 *in* Magurran, 1988), calculando-se a relação entre a diversidade observada e a diversidade máxima. Esta relação é obtida pela seguinte fórmula:

$$E = H' / \ln S$$

Onde:

H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener

S = número de espécies presentes na amostra

\ln = log normal

Para verificar as diferenças entre os igarapés do interior da Província e os controles, considerando as variáveis morfométricas e limnológicas foram realizadas Análises de variância (ANOVA) (Zar, 1984).

A correlação entre as variáveis morfométricas e limnológicas, e entre estas e o IA e a Área Antropizada (AA) foi determinada utilizando-se uma análise de correlação de Pearson (r).

Com o objetivo de avaliar as relações existentes entre as comunidades de peixes nos diferentes igarapés amostrados, realizou-se ordenação a partir dos dados de abundância, utilizando-se o Método de Escalonamento Multidimensional (MDS), com a utilização do índice de Bray-Curtis.

A Análise de Componente Principal (ACP) foi utilizada como forma de determinar a ordenação dos igarapés, em função das características morfométricas, limnológicas, IA e AA.

Uma análise de regressão linear simples foi realizada a fim de determinar as relações entre AA e IA; AA e MPS; a área total da bacia de drenagem de cada igarapé e o MPS.

Uma análise de regressão linear múltipla foi utilizada para:

- verificar a relação entre a composição das espécies (através dos dois primeiros eixos da MDS) e as variáveis morfométricas, limnológicas, IA e AA (através das componentes da PCA, CP1 e CP2);

- verificar a relação entre as variáveis morfométricas, limnológicas, IA e AA (através das 3 componentes da PCA) e os descritores ecológicos da ictiofauna;
- analisar o efeito do IA sobre os descritores ecológicos da ictiofauna;

O teste t pareado foi empregado para determinar se os igarapés do interior da base e os controles apresentaram diferenças com relação aos descritores ecológicos da ictiofauna.

As análises de MDS foram realizadas com o auxílio do programa *PC-ORD 4.14*. Todas as demais análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa *Statistica 6.0*.

4- RESULTADOS

4.1- Perfil limnológico e morfométrico dos igarapés da Província

Petrolífera de Urucu

Os resultados das determinações morfométricas (largura do canal, profundidade, velocidade da corrente, vazão, % de abertura do dossel) e limnológicas (oxigênio dissolvido, temperatura, pH, condutividade e MPS) dos igarapés tanto do interior da base de operações quanto dos controles estão apresentados na Tabela 1.

Os igarapés amostrados apresentaram águas levemente ácidas (média = 5,8; DP = 0,44), com temperatura média de 25,56 °C e pouco variável (DP = 0,75), valores relativamente baixos de condutividade de 16,29 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (DP = 12,3), concentrações de oxigênio próximas a de saturação (média = 7,57 mg/L; DP = 3,12) e materiais particulados em suspensão com média de 14,2 g/L (DP = 23,25). A vazão apresentou-se com média de 0,57m³/s (DP = 1,1) e abertura de dossel com média de 22,88% (DP = 15,86).

Tabela 1 – Valores médios das variáveis morfométricas e limnológicas dos igarapés do interior da base (B) e controles (C). Larg.=Largura, Prof.=Profundidade, Veloc.=Velocidade, Vaz.=Vazão, A.D.=Abertura de Dossel, O₂=Oxigênio, Temp.=Temperatura, pH, Cond.=Condutividade, MPS=Material Particulado em Suspensão, IA=Índice de Assoreamento.

Igarapé	Larg. (m)	Prof. (m)	Veloc. (m/s)	Vaz (m ³ /s)	A.D. (%)	O ₂ (mg/L)	Temp. (°C)	pH	Cond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	MPS (mg/L)	IA (mg/L)
1B	7,5	0,39	0,17	0,45	28,0	5,43	26,0	6,5	21,5	3,40	43,42
2B	2,3	0,28	0,04	0,00	17,0	5,38	25,4	5,8	14,9	2,78	251,03
3B	6,3	0,39	0,12	0,28	25,2	6,35	24,3	5,8	6,9	7,31	232,91
4B	7,1	0,64	0,11	0,46	20,5	12,48	25,5	6,2	15,3	5,92	145,06
5B	1,5	0,13	0,15	0,01	12,8	13,70	26,2	5,8	18,8	3,70	169,77
6B	4,2	0,58	0,05	0,02	27,1	14,03	26,1	5,5	5,8	3,02	553,57

7B	8,1	0,46	0,34	1,22	19,8	8,43	25,7	5,8	9,4	7,14	112,18
8B	2,8	0,24	0,11	0,05	13,4	5,30	25,4	5,9	12,5	7,98	226,79
9B	3	0,44	0,15	0,19	12,9	9,05	26,9	5,3	11,5	9,74	440,62
10B	4,2	0,38	0,27	0,48	51,4	8,15	25,8	6,3	10,7	84,02	215,47
11B	11,1	0,99	0,38	4,03	39,1	6,88	25	6,5	52,7	89,32	89,03
12B	2,5	0,35	0,06	0,02	17	10,88	25,3	5,9	9,3	14,14	500,32
13B	3,6	0,50	0,12	0,08	19,5	7,53	24,7	6,1	11,1	10,36	239,42
14B	2,7	0,36	0,29	0,02	24,5	7,33	25,5	5,7	5,8	11,69	253,72
15B	2,9	0,32	0,24	0,08	14,9	7,13	25,2	5,6	5,4	8,76	274,24
16B	1,4	0,22	0	0,00	18	6,85	26	5,5	5,7	10,51	220,59
17B	6,8	1,19	0,35	2,74	16,1	6,28	25,8	5,6	13,0	2,99	442,18
18B	3,6	1,18	0,38	1,45	13,9	7,08	26,1	5,2	9,0	2,05	401,85
19B	3,7	0,36	0,02	0,02	19,4	4,07	24,9	6,6	37,6	8,30	718,90
20C	10,1	0,46	0,57	2,51	51,6	7,22	26	6,8	35,3	6,02	634,61
21C	1,3	0,14	0,17	0,02	23,5	5,76	26	6,3	33,9	9,99	975,80
22C	1	0,12	0,09	0,01	17,7	4,37	25,2	6,3	31,4	4,97	718,90
23C	0,9	0,17	0,12	0,02	52,2	5,91	25,1	6,4	13,5	6,09	1211,18
24C	0,6	0,09	0,12	0,01	18,8	5,47	24,6	6,2	19,9	5,88	757,11
25C	4,1	0,22	0,33	0,29	23,1	6,86	25,4	6,5	38,8	7,16	720,38
26C	1	0,13	0,03	0,00	14,6	5,71	24,2	6	7,7	7,08	762,14
27C	0,5	0,12	0,00	0,00	13,9	3,29	24,2	5,5	9,2	8,07	507,86

Os resultados referentes ao IA apresentaram padrão diferente do esperado, maiores valores de IA nos igarapés do interior da base. Os valores médios encontrados nos igarapés do interior da base foram inferiores (média = 291,11 g/L; DP = 174,4) aos dos igarapés controles (média = 786 g/L; DP = 216,23), com significativas diferenças (ANOVA, $F_{1,25} = 39,4$, $p = 0,000001$) (Figura 7).

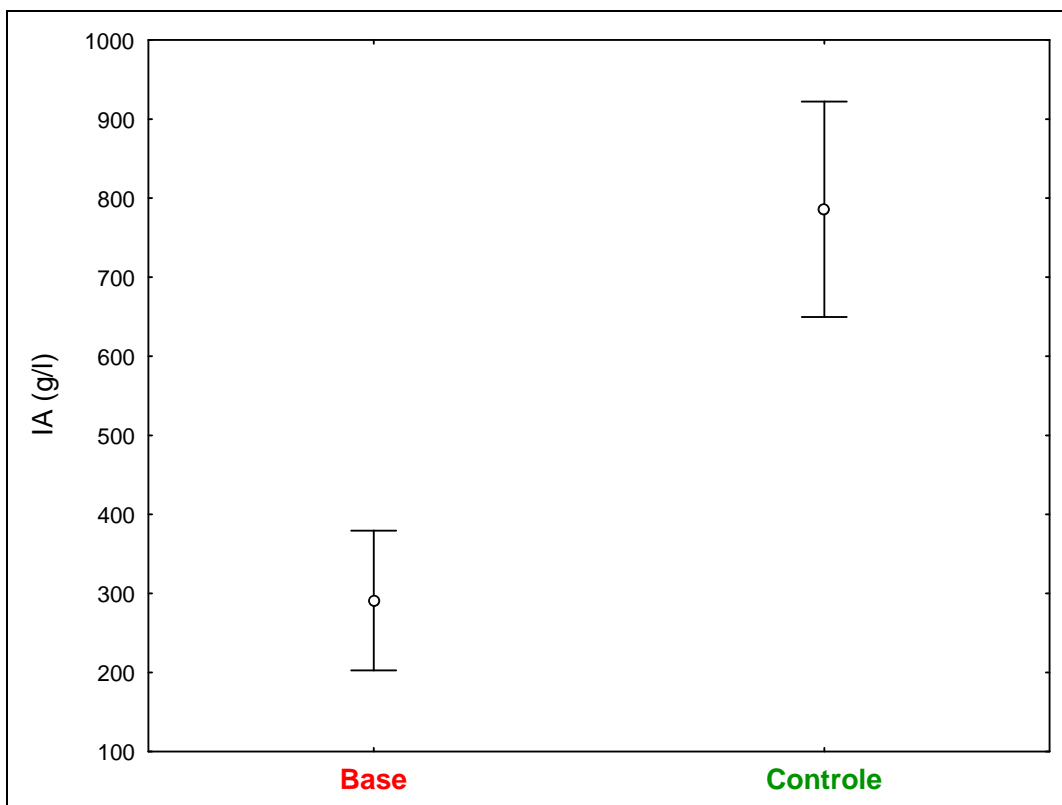


Figura 7 – Valores médios referentes ao IA, evidenciando as significativas diferenças existentes entre os igarapés do interior da base e os controles.

De modo geral, o grupo de igarapés do interior da base e o grupo dos controles foram semelhantes, tanto no aspecto morfométrico, quanto no limnológico. Porém, os resultados das análises de variância (ANOVA) apontaram diferenças significativas para os parâmetros, profundidade, oxigênio dissolvido e pH. Neste sentido os igarapés do interior da base apresentaram valores de profundidade ($F_{1, 25} = 7,764$, $p = 0,0100$) e oxigênio ($F_{1, 25} = 5,386$, $p = 0,0289$) significativamente mais elevados que os controles, todavia, o inverso ocorreu com os valores de pH ($F_{1, 25} = 5,027$, $p = 0,0340$), sendo estes mais básicos nos igarapés controles (Figura 9).



Figura 8 – Vista dos igarapés amostrados dentro da Província Petrolífera de Urucu (B = Base) e dos igarapés em áreas adjacentes à área de exploração (C = Controles).

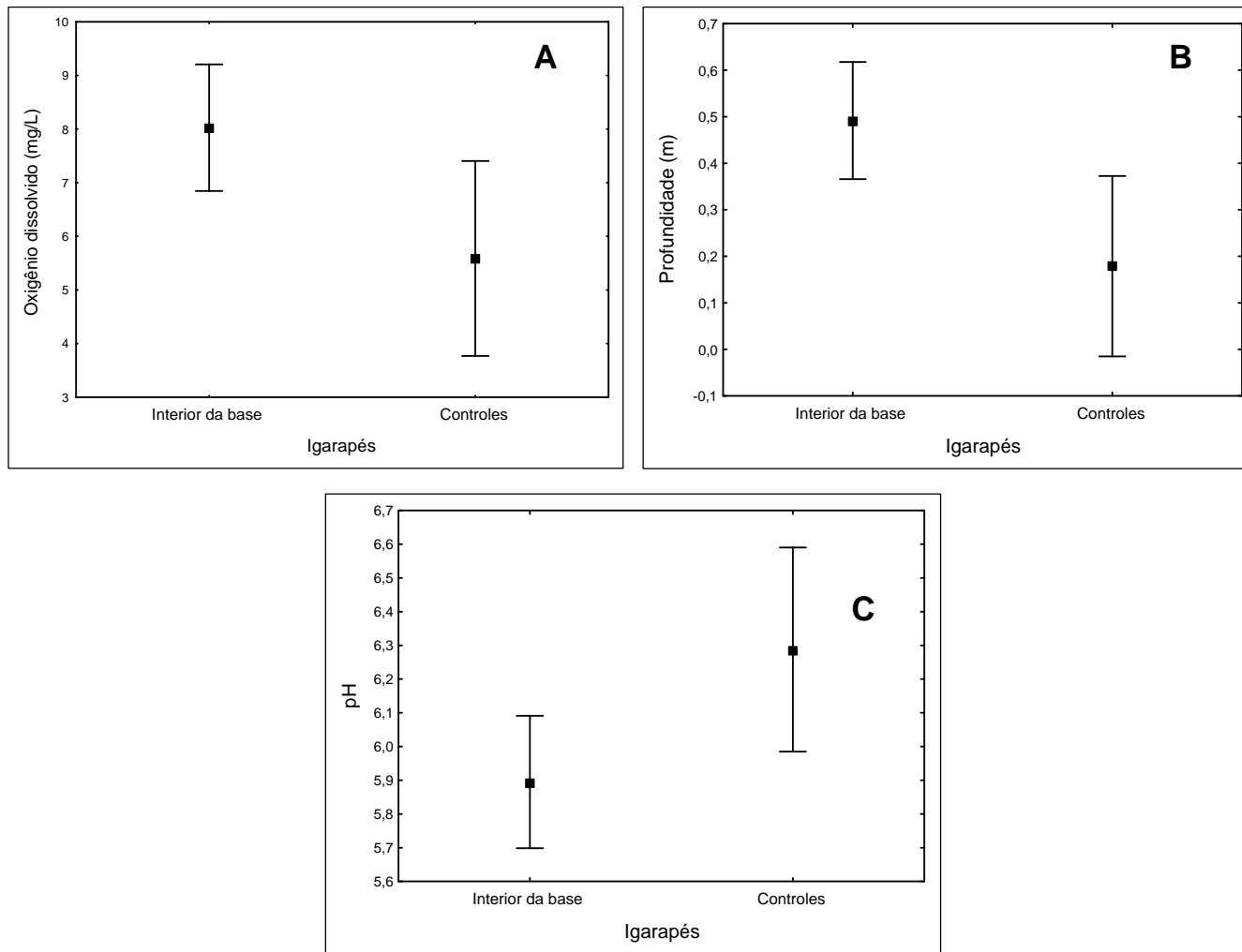


Figura 9 - Variáveis limnológicas que se diferenciaram entre o grupo de igarapés categorizados como controles e os localizados no interior da base de operações. A) Oxigênio dissolvido, B) Profundidade C) Potencial hidrogeniônico – pH.

O Material Particulado em Suspensão (MPS) não apresentou diferenças significativas (ANOVA, $F_{1,89} = 1,83$, $p = 0,17$) entre os igarapés da base e os controles, porém nos igarapés do interior da base foram evidenciados altos valores de MPS (Figura 10).

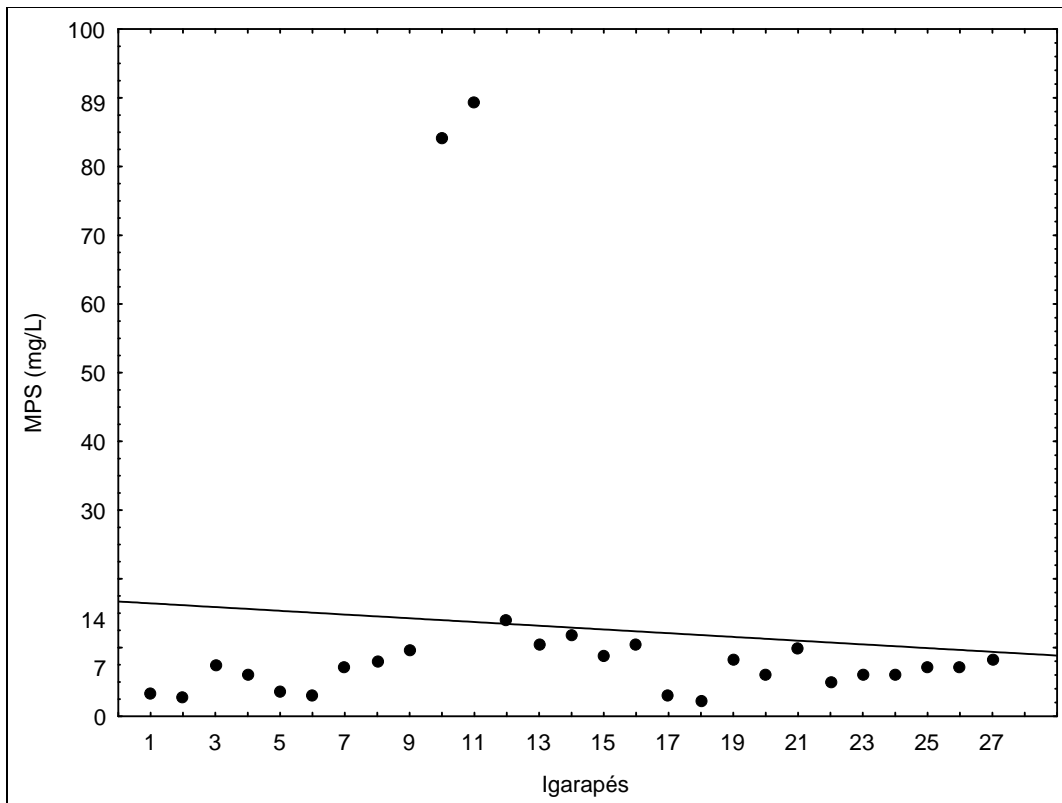


Figura 10 – Valores médios de MPS nos 27 igarapés amostrados.

Nos resultados da análise da matriz de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais (morfometria e limnologia) dos igarapés amostrados, obtive-se 23 resultados significativos (Tabela 2). Além das relações hidrológicas já esperadas como correlações positivas entre largura e profundidade, podemos observar que a variável MPS correlacionou-se positivamente com pH, condutividade, profundidade, largura, abertura de dossel e vazão. Além disso, fortes relações foram também evidenciadas entre pH e condutividade.

Tabela 2 – Matriz de correlação (Pearson) entre os fatores morfométricos e limnológicos dos igarapés amostrados. Os valores em negrito significam coeficientes de Pearson significativos a nível de $\alpha < 0,05$. Larg. = Largura, Prof. = Profundidade, Veloc. = Velocidade, Vaz. = Vazão, A.D. = Abertura de Dossel, O₂ = Oxigênio dissolvido, Temp. = Temperatura, Cond. = Condutividade, MPS = Material Particulado em Suspensão, IA = Índice de Assoreamento, AA = Área Antropizada.

	MPS (mg/L)	Veloc. (m/s)	O₂ (mg/L)	Temp. (°C)	pH	Cond. (μ S/cm)	Prof. (m)	Larg. (m)	A.D. (%)	Vaz. (m ³ /s)	IA (g/L)	AA (%)
MPS	1											
Veloc.	0,24	1										
O₂	0,00	0,07	1									
Temp.	-0,12	0,18	0,49	1								
pH	0,31	0,03	-0,19	-0,31	1							
Cond.	0,45	0,18	-0,26	-0,16	0,71	1						
Prof.	0,31	0,41	0,06	0,13	-0,10	0,22	1					
Larg.	0,40	0,49	0,12	0,11	0,25	0,40	0,66	1				
A.D.	0,45	0,27	0,02	0,02	0,36	0,20	0,12	0,29	1			
Vaz.	0,50	0,63	-0,02	0,01	0,12	0,44	0,83	0,77	0,31	1		
IA	-0,31	-0,18	-0,19	-0,07	0,15	0,12	-0,26	-0,49	0,14	-0,25	1	
AA	0,41	0,15	0,12	0,12	0,08	-0,23	0,01	0,19	0,33	-0,02	-0,42	1

4.2- Caracterização do uso do solo das bacias de drenagem dos igarapés

As percentagens de Área Antropizada (AA) das bacias de drenagem dos igarapés localizados no interior da base de operações variaram de 0,1 (igarapé 17) a 31,7% (igarapé 10). Houve uma variação de 0,04 a 17,32% de solo exposto e asfalto (Tabela 3), nos mesmos igarapés, com média de 4% de área para os 17 igarapés calculados. Estes igarapés localizam-se em áreas das bacias com superfícies potenciais a processos de escoamento superficial. De acordo com a figura 11, podemos observar que a principal utilização do solo é para a construção e abertura de estradas.

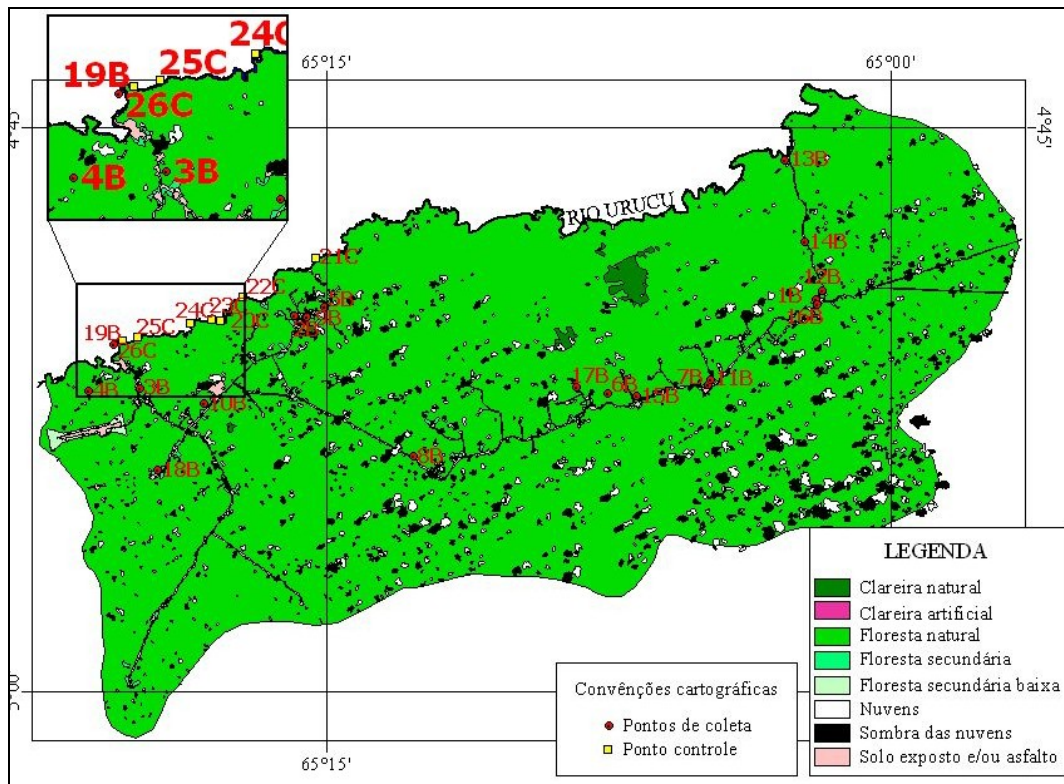


Figura 11 – Imagem classificada da Província Petrolífera do Urucu.

Tabela 3 – Valores referentes ao uso do solo nas bacias de drenagem dos 19 igarapés localizados no interior da Província Petrolífera de Urucu bem como, a área de drenagem total e AA de cada microbacia.

Igarapé	Área de drenagem total (ha)	Floresta secundária (ha)	Solo Exposto e asfalto (ha)	% solo Exposto e asfalto	% Área Antropizada
1	16,1	1,22	1,27	7,87	15,4
2	-	-	-	-	-
3	303,3	4,04	5,35	1,76	3,1
4	188,1	3,71	4,25	2,26	4,5
5	-	-	-	-	-
6	14,8	0,05	0,11	0,75	1,1
7	14,6	1,05	0,76	5,23	12,4
8	22,7	0,37	0,30	1,32	3,0
9	48,9	-	0,89	1,82	1,8
10	11,4	1,64	1,97	17,32	31,7
11	776,0	3,56	8,48	1,09	1,7
12	34,3	0,69	2,89	8,43	10,4
13	73,1	1,17	1,88	2,57	4,2
14	3,9	-	0,12	3,13	3,1
15	45,0	-	0,68	1,51	1,5
16	12,0	0,41	0,81	6,73	10,2
17	600,5	0,10	0,23	0,04	0,1
18	18,9	0,36	1,08	5,70	7,6
19	387,0	1,78	4,33	1,12	1,6

Obs.: Não foi possível realizar cálculos referentes ao uso do solo para os igarapés 2 (dois) e 5 (cinco), devido a não visualização dos mesmos pelas imagens de satélite adquiridas para o presente estudo.

4.3- A Comunidade íctica da Província Petrolífera de Urucu

Foram capturados 2.228 indivíduos distribuídos em 71 espécies, cinco ordens e 20 famílias (Tabela 4). Os Characiformes constituíram o grupo de maior riqueza e abundância (1.847 indivíduos), sendo que as 27 espécies deste grupo representaram 82,9% do número total de exemplares coletados.

Foram encontradas 16 espécies de Siluriformes, sete de Perciformes, quatro de Gymnotiformes e uma espécie de Beloniformes. Siluriformes foi o segundo grupo mais abundante (150 indivíduos), seguidos de Perciformes (108 indivíduos), Gymnotiformes (15 indivíduos) e Beloniformes com apenas um indivíduo. Análises em separado dos igarapés do interior da base e dos controles apresentaram a mesma configuração taxonômica quanto à abundância por ordens: Characiformes, Siluriformes, Perciformes e Gymnotiformes.

Das 71 espécies capturadas, 16 espécies foram exclusivamente encontradas nos igarapés controles, 20 nos igarapés do interior da base e 35 foram capturadas nos dois ambientes (Tabela 5).

As espécies *Hemigrammus belottii* (23,7%), *Hyphessobrycon copellandi* (9,1%), *Moenkhausia collettii* (5,5%), *Hyphessobrycon melazonatus* (4,9%), *Tytocharax madeirae* (4,8%) e *Jupiaba zonata* (4,5%) foram as mais abundantes para os 27 igarapés. As espécies *Hemigrammus belottii* e *Hyphessobrycon copellandi*, também foram as mais abundantes tanto para os igarapés do interior da base, quanto para os controles (Figuras 12 e 13).

Tabela 4 – Espécies de peixes por número de exemplares e frequência de ocorrência (%) capturadas nos igarapés na Província Petrolífera de Urucu.

Família Gênero e espécie	Exemplares	Frequência de ocorrência
BELONIFORMES		
BELONIDAE		
<i>Potamorhaphis guianensis</i> (Jardine, 1843)	1	3,70
CHARACIFORMES		
CHARACIDAE		
<i>Astyanax zonatus</i> (Eigenmann, 1908)	11	11,11
<i>Axelrodia stigmatias</i> (Fowler, 1913)	3	7,41
<i>Bryconella pallidifrons</i> (Fowler, 1946)	65	74,07
<i>Bryconops alburnoides</i> (Kner, 1858)	9	18,52
<i>Bryconops giacopinii</i> (Fernández-Yépez, 1950)	5	11,11
<i>Bryconops inpai</i> (Knöppel, Junk & Géry, 1968)	1	3,70
<i>Creagrutus aff. beni</i> (Eigenmann, 1911)	11	18,52
<i>Creagrutus aff. pearsoni</i> (Majmert & Géry, 1988)	14	25,93
<i>Gephyrocharax sp.</i> (Eigenmann, 1912)	41	44,44
<i>Hemigrammus belottii</i> (Steindachner, 1882)	528	92,59
<i>Hemigrammus ocellifer</i> (Steindachner, 1882)	82	51,85
<i>Hyphessobrycon aff. heterorhabdus</i> (Ulrey, 1894)	64	48,15
<i>Hyphessobrycon copellandi</i> (Durbin, 1908)	202	70,37
<i>Hyphessobrycon melazonatus</i> (Durbin, 1908)	109	44,44
<i>Hyphessobrycon peruvianus</i> (Ladiges, 1938)	20	11,11
<i>Iguanodectes spirulus</i> (Günther, 1864)	1	3,70
<i>Jupiaba aff. apenima</i> (Zanata, 1997)	1	3,70
<i>Jupiaba anteroides</i> (Géry, 1965)	15	7,41
<i>Jupiaba zonata</i> (Eigenmann, 1908)	101	37,04
<i>Knodus aff. moenkhausii</i> (Eigenmann & Kennedy, 1903)	81	55,56
<i>Microschemobrycon aff. casiquiare</i> (Böhlke, 1953)	2	7,41
<i>Moenkhausia collettii</i> (Steindachner, 1882)	122	59,26
<i>Moenkhausia lepidura</i> (Kner, 1858)	40	33,33
<i>Moenkhausia oligolepis</i> (Günther, 1864)	26	44,44
<i>Moenkhausia sp.</i>	1	3,70
<i>Phenacogaster aff. megalostictus</i> (Eigenmann, 1909)	90	25,93
<i>Phenacogaster aff. pectinatus</i> (Cope, 1870)	94	62,96
<i>Tyttocharax madeirae</i> (Fowler, 1913)	108	66,67
CRENUCHIDAE		
<i>Ammocryptocharax minutus</i> (Buckup, 1993)	2	3,70
<i>Characidium aff. pteroides</i> (Eigenmann, 1909)	6	22,22
<i>Crenuchus spirulus</i> (Günther, 1863)	4	3,70
<i>Elachocharax pulcher</i> (Myers, 1927)	4	14,81

Continuação Tabela 4:

Família Gênero e espécie	Exemplares	Frequência de ocorrência
CURIMATIDAE		
<i>Cyphocharax spiluroopsis</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1889)	1	3,70
ERYTHRINIDAE		
<i>Erythrinus erythrinus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	2	7,41
GASTEROPELECIDAE		
<i>Carnegiella marthae</i> (Myers, 1927)	47	7,41
<i>Carnegiella strigata</i> (Günther, 1964)	12	22,22
<i>Gasteropelecus sternicla</i> (Linnaeus, 1758)	7	11,11
LEBIASINIDAE		
<i>Copella nigrofasciata</i> (Meinken, 1936)	1	3,70
<i>Nannostomus bifasciatus</i> (Hoedeman, 1954)	9	14,81
<i>Nannostomus diagrammus</i> (Fowler, 1913)	4	11,11
<i>Nannostomus eques</i> (Steindachner, 1876)	1	3,70
<i>Nannostomus marginatus</i> (Eigenmann, 1909)	3	7,41
<i>Pyrrhulina cf. brevis</i> (Steindachner, 1876)	4	14,81
GYMNOTIFORMES		
HYPOPOMIDAE		
<i>Brachyhypopomus cf. beebei</i> (Schultz, 1944)	1	3,70
<i>Hypopygus lepturus</i> (Hoedeman, 1962)	3	7,41
<i>Steatogenys duidae</i> (La Monte, 1929)	1	3,70
RHAMPHICHTHYIDAE		
<i>Gymnorhamphichthys rondoni</i> (Miranda Ribeiro, 1920)	10	14,81
PERCIFORMES		
CICHLIDAE		
<i>Apistogramma eunotus</i> (Kullander, 1980)	46	55,56
<i>Apistogramma</i> sp.	20	44,44
<i>Aequidens aff. tetramerus</i> (Heckel, 1840)	22	25,93
<i>Bujurquina</i> sp.	17	25,93
<i>Crenicichla inpa</i> (Ploeg, 1991)	1	3,70
<i>Crenicichla regani</i> (Ploeg, 1989)	1	3,70
POLYCENTRIDAE		
<i>Monocirrhus polyacanthus</i> (Heckel, 1840)	1	3,70
SILURIFORMES		
ASPREDINIDAE		
<i>Bunocephalus coracoideus</i> (Cope, 1874)	4	3,70

Continuação Tabela 4:

Família Gênero e espécie	Exemplares	Frequência de ocorrência
CALLICHTHYIDAE		
<i>Corydoras acutus</i> (Cope, 1872)	1	3,70
CETOPSIDAE		
<i>Helogenes marmoratus</i> (Günther, 1863)	6	11,11
DORADIDAE		
<i>Amblydoras affinis</i> (Kner, 1855)	2	7,41
<i>Physopyxis ananas</i> (Sousa & Rapp Py-Daniel, 2005)	1	3,70
HEPTAPTERIDAE		
<i>Gladioglanis conquistador</i> (Lundberg, Bornbusch & Mago-Leccia, 1991)	1	3,70
<i>Mastiglanis asopos</i> (Bockmann, 1994)	25	18,52
<i>Myoglanis</i> sp.	2	3,70
<i>Nemuroglanis pauciradiatus</i> (Ferraris, 1988)	8	18,52
LORICARIIDAE		
<i>Ancistrus</i> sp.	18	29,63
<i>Farlowella smithi</i> (Fowler, 1913)	4	14,81
<i>Hemiodontichthys acipenserinus</i> (Kner, 1853)	1	3,70
<i>Otocinclus hoppei</i> (Miranda Ribeiro, 1939)	62	37,04
<i>Oxyropsis wrightiana</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1889)	3	11,11
PSEUDOPIMELODIDAE		
<i>Microglanis</i> sp.	8	18,52
TRICHOMYCTERIDAE		
<i>Ochmacanthus</i> sp.	4	11,11
Total = 71 espécies	2.228	

Tabela 5 – Número de exemplares capturados por espécie e por trecho amostrados nos igarapés da bacia do rio Urucu, Coari, AM

Ordem/Família/Espécie	Igarapés localizados no interior da Província Petrolífera																	Igarapés Controles									
	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16B	17B	18B	19B	20C	21C	22C	23C	24C	25C	26C	27C
BELONIFORMES																											
BELONIDAE																											
<i>Potamorrhaphis guianensis</i>																						1					
CHARACIFORMES																											
CHARACIDAE																											
<i>Astyanax zonatus</i>											8	1				2											
<i>Axelrodia stigmatias</i>													1							2							
<i>Bryconella pallidifrons</i>	1			3	1	3	7	6		4	2	1		1	1	1			9		2	4	7	1	1	3	7
<i>Bryconops alburnoides</i>						1	3	1					2				2										
<i>Bryconops giacopinii</i>								1												3	1						
<i>Bryconops inpai</i>	1																										
<i>Creagrutus aff. beni</i>				1							1								3	1					5		
<i>Creagrutus aff. pearsoni</i>		1	2					1			5								2	1		2					
<i>Gephyrocharax sp.</i>	1				3	2		22				3	2	1	1	2			2							1	1
<i>Hemigrammus belottii</i>	6	16	11	17	3	34	43	80	42	12	59	27	22	15	7	4	6		9		13	28	15	11	11	18	19
<i>Hemigrammus ocellifer</i>		2	1	5		5	5		1		4			16					2	11	8	3				13	6
<i>Hyphessobrycon aff. heterorhabdus</i>	1	4	1		4			26	6	1		4	8			2		1	1								5
<i>Hyphessobrycon copellandi</i>	9	3	1	3		1	33	2	7	12	25	1		8					8	2	53	9		1	7	17	
<i>Hyphessobrycon melazonatus</i>		1				2		4	9			1		16	6	1			20					5		31	13
<i>Hyphessobrycon peruvianus</i>												3							5	12							
<i>Iguanodectes spirulus</i>																					1						
<i>Jupiaba aff. apenima</i>																1											
<i>Jupiaba anteroides</i>										13	2																
<i>Jupiaba zonata</i>	5		7			5	13			30				1					2	28	5				5		
<i>Knodus aff. moenkhausii</i>	4	1	3	7			2	12			6	6	6					3	3	10		8	1		9		
<i>Microschemobrycon aff. casiquiare</i>												1															1
<i>Moenkhausia collettii</i>	4	5	4	9	3	2	14			6	20			4					1	4	11	21			13	1	
<i>Moenkhausia lepidura</i>		2	1						9	1	14	2		1					9	1							
<i>Moenkhausia oligolepis</i>		1				2		2		1						1					2	1	4	3	2	2	5
<i>Moenkhausia sp.</i>									1																		
<i>Phenacogaster aff. megalostictus</i>		1					35	18			1	2							18			15					
<i>Phenacogaster aff. pectinatus</i>	6	7	12	2	5	1		19	3	1	3	3	1	1					3		22	4	1				

Continuação Tabela 5:

Ordem/Família/Espécie	Igarapés localizados no interior da Província Petrolífera																	Igarapés Controles									
	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16B	17B	18B	19B	20C	21C	22C	23C	24C	25C	26C	27C
<i>Tytocharax madeirae</i>	2	1	8	1	3		18	33	1	5	1	3			4				1	2		4	7	13	1		
CRENUCHIDAE																											
<i>Ammocryptocharax minutus</i>																				2							
<i>Characidium</i> aff. <i>pteroides</i>	1			1			1	1																	1		1
<i>Crenuchus spirulus</i>									4																		
<i>Elachocharax pulcher</i>			1					1											1				1				
CURIMATIDAE																											
<i>Cyphocharax spiluroopsis</i>																					1						
ERYTHRINIDAE																											
<i>Erythrinus erythrinus</i>					1	1																					
GASTEROPELECIDAE																											
<i>Carnegiella marthae</i>																					39	8					
<i>Carnegiella strigata</i>		2		1					1				6		1												1
<i>Gasteropelecus sternicla</i>					5								1								1						
LEBIASINIDAE																											
<i>Copella nigrofasciata</i>		1																									
<i>Nannostomus bifasciatus</i>	1																				1		1			6	
<i>Nannostomus diagrammus</i>				1		2							1														
<i>Nannostomus eques</i>																					1						
<i>Nannostomus marginatus</i>								2								1											
<i>Pyrrhulina</i> cf. <i>brevis</i>			1	1											1												1
GYMNOTIFORMES																											
HYPOPOMIDAE																											
<i>Brachyhypopomus</i> cf. <i>beebei</i>							1																				
<i>Hypopygus lepturus</i>								1																	2		
<i>Steatogenys duidae</i>																									1		
RHAMPHICHTHYIDAE																											
<i>Gymnorhamphichthys rondoni</i>			2				2			3		3															
PERCIFORMES																											
CICHLIDAE																											
<i>Apistogramma eunotus</i>		2		2	1	2	4	5						1			3		3		1	4		2	2	10	4
<i>Apistogramma</i> sp.		1		9	1		3				5	1												2		1	1
<i>Aequidens</i> aff. <i>tetramerus</i>		2			2	2	3	4			1			1					1	1							1

Continuação Tabela 5:

Ordem/Família/Espécie	Igarapés localizados no interior da Província Petrolífera																	Igarapés Controles										
	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16B	17B	18B	19B	20C	21C	22C	23C	24C	25C	26C	27C	
<i>Bujurquina</i> sp.			1	6	1		3	2			1								3									
<i>Crenicichla inpa</i>																						1						
<i>Crenicichla regani</i>								1																				
POLYCENTRIDAE																												
<i>Monocirrhus polyacanthus</i>																											1	
SILURIFORMES																												
ASPREDINIDAE																												
<i>Bunocephalus coracoideus</i>																					4							
CALLICHTHYIDAE																												
<i>Corydoras acutus</i>							1																					
CETOPSIDAE																												
<i>Helogenes marmoratus</i>		4													1													1
DORADIDAE																												
<i>Amblydoras affinis</i>																						1		1				
<i>Physopyxis ananas</i>																											1	
HEPTAPTERIDAE																												
<i>Gladioglanis conquistador</i>																						1						
<i>Mastiglanis asopos</i>	1		1	2			2	19																				
<i>Myoglanis</i> sp.	2																											
<i>Nemuroglanis pauciradiatus</i>				1			1	1											2	3								
LORICARIIDAE																												
<i>Ancistrus</i> sp.	3	1	1		2		3	4		1																3		
<i>Farlowella smithi</i>	1		1				1													1								
<i>Hemiodontichthys acipenserinus</i>																											1	
<i>Otocinclus hoppei</i>			22	3			16			5	4								3		2	2	1	4				
<i>Oxyropsis wrightiana</i>							1				1								1									
PSEUDOPIMELODIDAE																												
<i>Microglanis</i> sp.																					3		1		2	1	1	
TRICHOMYCTERIDAE																												
<i>Ochmacanthus</i> sp.																					1	2				1		
Total	49	58	81	75	35	65	215	268	84	95	163	59	44	75	20	17	11	5	113	44	198	128	42	46	64	108	66	

Com relação aos descritores ecológicos da ictiofauna, os igarapés não apresentaram diferenças para os valores de número de espécies ($t=-0,069$; $p=0,94$), riqueza ($t=-0,40$; $p=0,69$), diversidade ($t=0,16$; $p=0,87$), dominância ($t=1,22$; $p=0,23$) e eqüitabilidade ($t=0,23$; $p=0,81$) de espécies; quando comparados os igarapés da base versus os controles (Tabela 6). Os valores de abundância também não apresentaram diferenças significativas entre os igarapés da base e os controles ($t=-0,23$; $p=0,82$).

Os igarapés que apresentaram maior número de espécies foram o 7B (24), 8B (25) e 19B (25); todos estes localizados no interior da província. Estes também apresentaram maiores valores de diversidade. Porém, os maiores valores de dominância também foram encontrados nos igarapés do interior da base, como os igarapés 6, 9, 13 e 18. Os valores de eqüitabilidade ficaram entre 0,695 e 0,943.

Tabela 6 – Valores médios referentes aos parâmetros de estrutura das comunidades de peixes dos 27 igarapés amostrados. (1B a 19B = igarapés do interior da base; 20C a 27C = igarapés controles).

Igarapé	Nº de espécies	S	H'	d	E
1B	16	17,93	1,080	0,188	0,897
2B	21	22,96	1,128	0,271	0,866
3B	19	19,00	1,018	0,272	0,796
4B	19	19,00	1,098	0,227	0,859
5B	14	14,00	1,078	0,143	0,940
6B	15	15,00	0,817	0,523	0,695
7B	24	25,93	1,088	0,200	0,788
8B	25	25,96	1,045	0,299	0,748
9B	11	12,93	0,736	0,500	0,707
10B	14	14,00	0,923	0,316	0,805
11B	19	19,00	0,937	0,362	0,733
12B	15	15,00	0,878	0,458	0,747
13B	7	7,00	0,642	0,500	0,760
14B	16	16,00	0,935	0,213	0,777
15B	6	6,00	0,651	0,350	0,837

16B	11	11,96	0,983	0,235	0,943
17B	3	3,00	0,432	0,545	0,906
18B	3	3,00	0,413	0,600	0,865
19B	25	25,96	2,789	0,159	0,889
20C	14	14,96	0,966	0,273	0,843
21C	20	24,81	0,951	0,268	0,731
22C	19	20,93	1,083	0,219	0,847
23C	11	11,00	0,830	0,357	0,797
24C	12	12,96	0,900	0,283	0,834
25C	15	15,96	1,014	0,203	0,863
26C	16	17,93	0,914	0,287	0,759
27C	14	14,00	0,929	0,288	0,811

4.4- Variações na composição e nos descritores ecológicos da ictiofauna em relação aos fatores morfométricos, limnológicos e ao IA dos igarapés da Província Petrolífera do Urucu

Os resultados da análise de ordenação (MDS) com base nos dados quantitativos de abundância (índice de Bray-Curtis), não indicaram a existência de um agrupamento nos igarapés, quando analisadas as possíveis diferenças existentes entre os igarapés do interior da base em relação aos controles. A conformação formada para os dados de abundância apresenta uma distribuição uniforme dos igarapés ao longo dos eixos 1 e 2 da MDS (Figura 12).

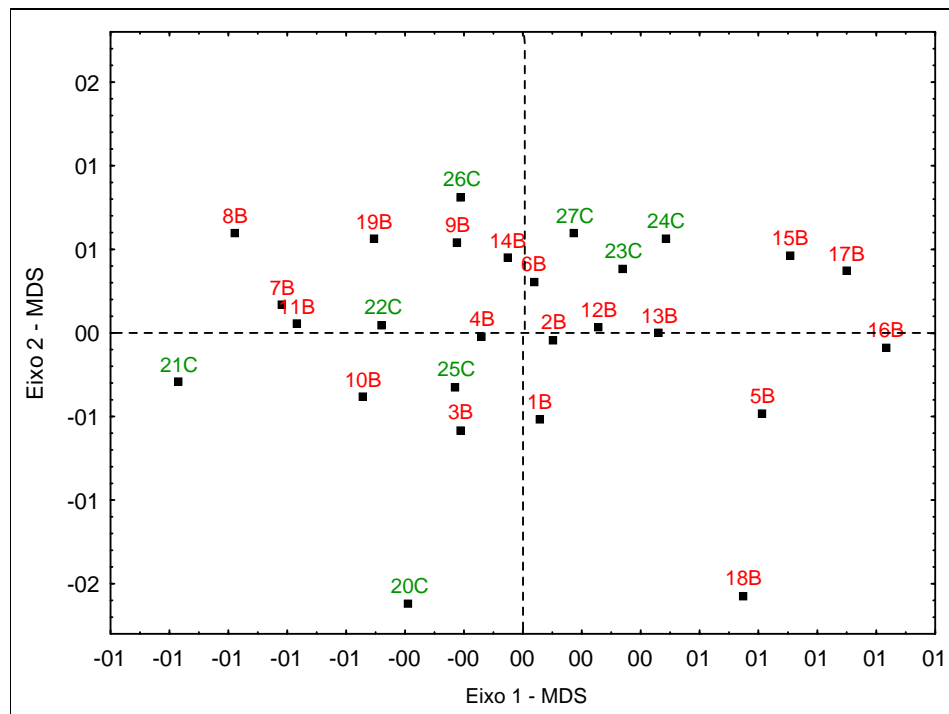


Figura 12 – Ordenação por meio de Escalonamento Multidimensional (MDS) a partir dos dados de abundância. (B= igarapés no interior da base; C= igarapés controles).

A análise de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais (morfometria e limnologia) dos igarapés amostrados demonstrou um alto nível de co-variação entre tais fatores, com 30 relações significativas (Tabela 2). O IA apresentou relações negativas com o MPS, profundidade, largura e vazão dos igarapés (Tabela 2).

Devido ao alto grau de correlação entre as variáveis supracitadas, utilizou-se a Análise de Componentes Principais (PCA) a fim de produzir um menor número de variáveis ortogonais. Desta forma, foram considerados três eixos que explicaram 69,95% da variância total das variáveis originais.

O eixo 1 (CP1) explicou 35,72% da variância total e foi influenciada negativamente pelas variáveis MPS, velocidade, profundidade, largura, AD e vazão (Tabela 7). Este eixo foi responsável pelo agrupamento da grande maioria dos igarapés localizados no interior da base de operações e dos controles (Figura 13).

O eixo 2 (CP2) explicou 21,31% da variância, e foi influenciada negativamente pelo pH, condutividade e IA (Tabela 7). Este eixo representou a variabilidade entre igarapés da base e controles (Figura 13). Já o eixo 3 (CP3), explicou 12,92% da variância, sendo influenciada principalmente pela temperatura e AA (Tabela 7).

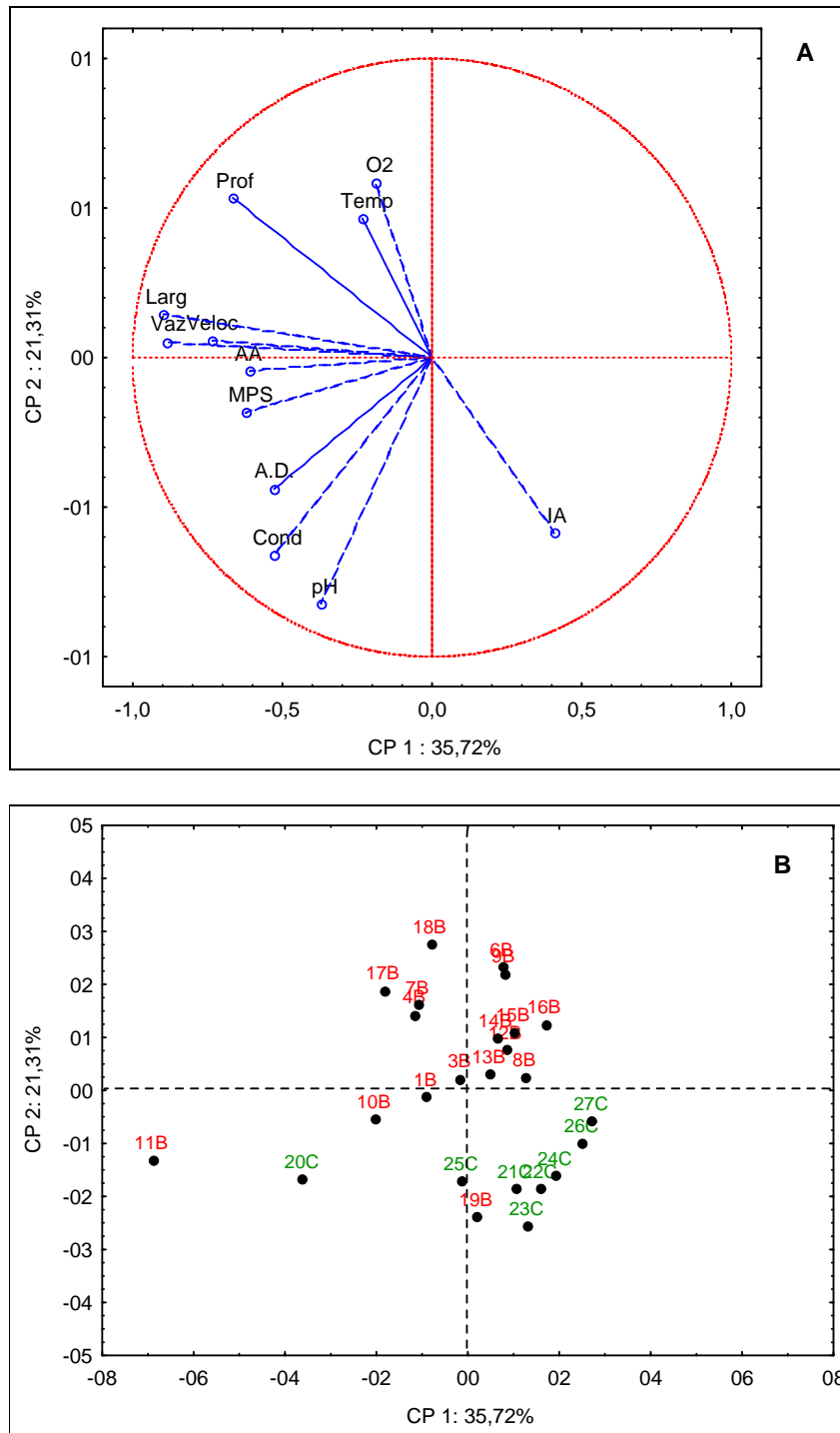


Figura 13 – Análise de Componentes Principais (CP1 e CP2) mostrando as projeções das variáveis morfométricas, limnológicas, IA e AA (**A**), e as ordenações dos igarapés do interior da base (B) e Controles (C) (**B**).

Larg. = Largura, Prof. = Profundidade, Veloc. = Velocidade, Vaz. = Vazão, A.D. = Abertura de Dossel, O₂ = Oxigênio, Temp. = Temperatura, Cond. = Condutividade, MPS = Material Particulado em Suspensão, IA = Índice de Assoreamento, AA= Área Antropizada.

Tabela 7 – Coeficientes dos três primeiros eixos, variâncias e autovalores da ACP para os 12 parâmetros analisados.

	CP 1	CP 2	CP 3
MPS	-0,623783	-0,185037	-0,347792
Velocidade (m/s)	-0,733728	0,056446	0,484750
O₂ (mg/L)	-0,186073	0,586291	0,105190
Temperatura °C	-0,232366	0,463563	0,636483
pH	-0,371269	-0,823013	0,065223
Condutividade (µS/cm)	-0,529831	-0,660836	0,075196
Profundidade (m)	-0,668561	0,533449	0,020995
Largura (m)	-0,897297	0,144347	-0,005039
A.D. (%)	-0,526974	-0,438619	0,289437
Vazão (m³/s)	-0,887083	0,052725	0,079273
AA (ha)	-0,608080	-0,045393	-0,690078
IA (mg/L)	0,406691	-0,586919	0,449961
Variância (%)	35,72	21,31	12,92
Variância Acumulada			69,95
Autovalor	4,28	2,55	1,55
Autovalor Acumulado			8,38

AA= Área Antropizada, IA= Índice de Assoreamento, MPS = Material Particulado em Suspensão, AD= Abertura de Dossel.

O resultado da regressão linear múltipla (Tabela 8) mostrou que existem relações significativas entre a composição das espécies de peixes (análise – MDS) e os fatores morfométricos, limnológicos, IA e AA dos igarapés em questão (análise PCA). Essas relações foram significativas entre o eixo 1 da MDS com CP2 da PCA ($R^2 = 0,22$; $F_{2,22} = 3,16$; $p < 0,041$), e entre o eixo 2 da MDS com CP1 da PCA ($R^2 = 0,22$; $F_{2,22} = 3,18$; $p < 0,019$) (Figura 14).

Tabela 8 – Valores dos eixos 1 e 2 da análise de MDS para os dados quantitativos de abundância (índice de Bray-Curtis). B= igarapés do interior da base; C= igarapés controles.

Igarapé	Eixo 1	Eixo 2
1B	0,06	-0,52
2B	0,10	-0,04
3B	-0,21	-0,58
4B	-0,14	-0,02
5B	0,81	-0,48
6B	0,04	0,31
7B	-0,82	0,17
8B	-0,98	0,60
9B	-0,22	0,54
10B	-0,54	-0,39
11B	-0,77	0,05
12B	0,26	0,03
13B	0,46	-0,00
14B	-0,05	0,45
15B	0,91	0,46
16B	1,23	-0,09
17B	1,10	0,37
18B	0,75	-1,57
19B	-0,51	0,56
20C	-0,39	-1,62
21C	-1,17	-0,30
22C	-0,48	0,05
23C	0,34	0,38
24C	0,48	0,57
25C	-0,23	-0,32
26C	-0,21	0,82
27C	0,17	0,59

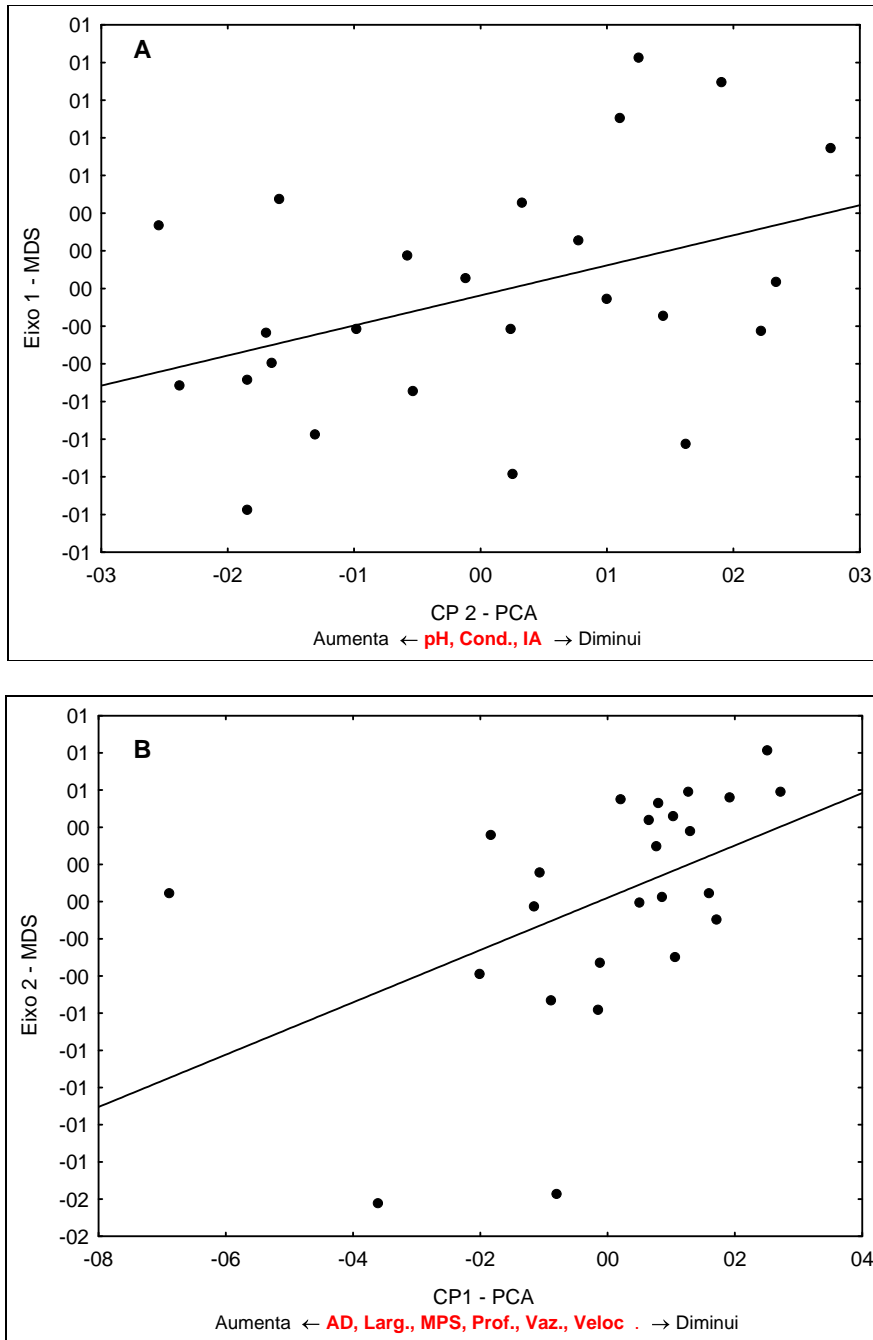


Figura 14– Relações entre o eixo 1 da MDS e CP2 da PCA (**A**), e entre Eixo 2 da MDS e CP1 da PCA (**B**). Larg. = Largura, Prof. = Profundidade, Veloc. = Velocidade, Vaz. = Vazão, A.D. = Abertura de Dossel, Cond. = Condutividade, MPS = Material Particulado em Suspensão, IA = Índice de Assoreamento.

As análises de regressão linear múltipla relacionando as três Componentes Principais com os descritores ecológicos da ictiofauna mostraram que a CP2 representada pelo pH, condutividade e IA, influenciam significativamente na diversidade das comunidades de peixes dos igarapés da Província Petrolífera ($R^2 = 0,291$; $F_{3,21} = 2,8746$; $p < 0,060$) (Figura 15-A). A CP2 afeta também a dominância das espécies de peixes ($R^2 = 0,33$; $F_{3,21} = 3,4995$; $p < 0,033$) (Figura 15-B).

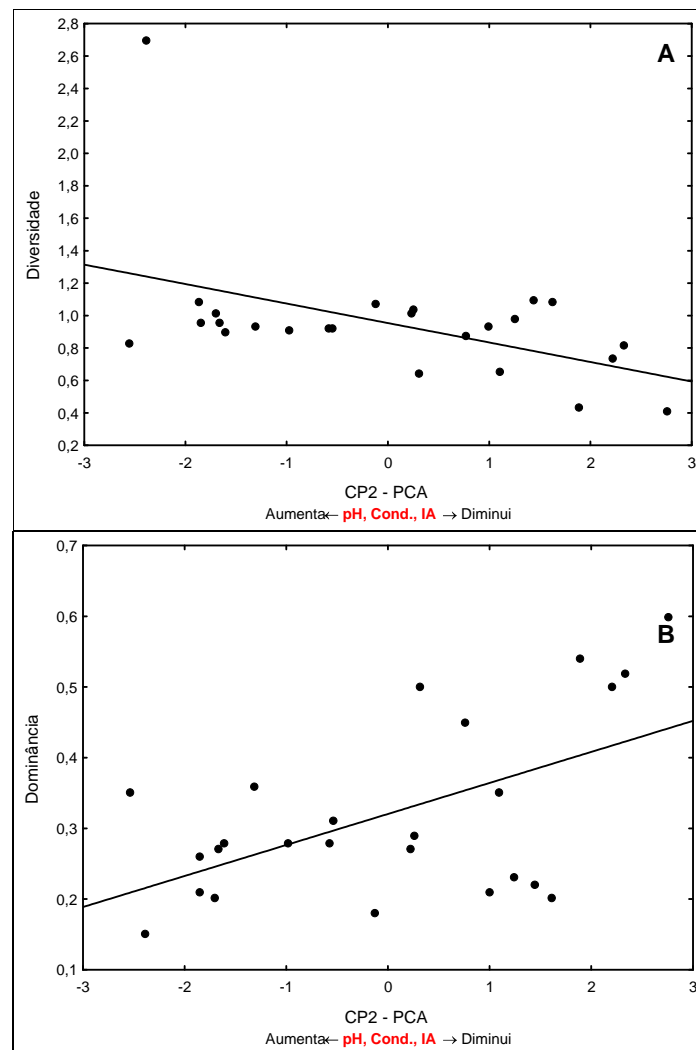


Figura 15– Relação entre diversidade e CP2 da PCA (A) e dominância e CP2 da PCA (B). Cond. = Condutividade, IA = Índice de Assoreamento.

Quando o IA foi analisado individualmente, as análises de regressão linear simples não evidenciaram influência significativa do IA dos igarapés sobre a abundância ($R^2 = 0,0006$; $F_{1,25} = 0,01668$; $p < 0,89828$), número de espécies ($R^2 = 0,004$; $F_{1,25} = 0,1019$; $p < 0,75211$), riqueza/Jackknife ($R^2 = 0,000$; $F_{1,25} = 0,00012$; $p < 0,991$), diversidade ($R^2 = 0,01088411$ $F_{1,25} = 0,275$; $p < 0,604$), dominância ($R^2 = 0,0024$; $F_{1,25} = 0,060$; $p < 0,807$) e equitabilidade ($R^2 = 0,023$; $F_{1,25} = 0,599$; $p < 0,446$).

4.5- Efeitos da ação antrópica (AA) sobre o IA e a composição íctica

Não houve relação significativa entre a AA das bacias dos igarapés com o IA dos mesmos. Porém, a AA se correlacionou diretamente com a concentração de MPS ($R^2 = 0,24$, $F_{1,23} = 7,35$, $p = 0,012$) presente na coluna d'água dos 27 igarapés amostrados (Figura 16).

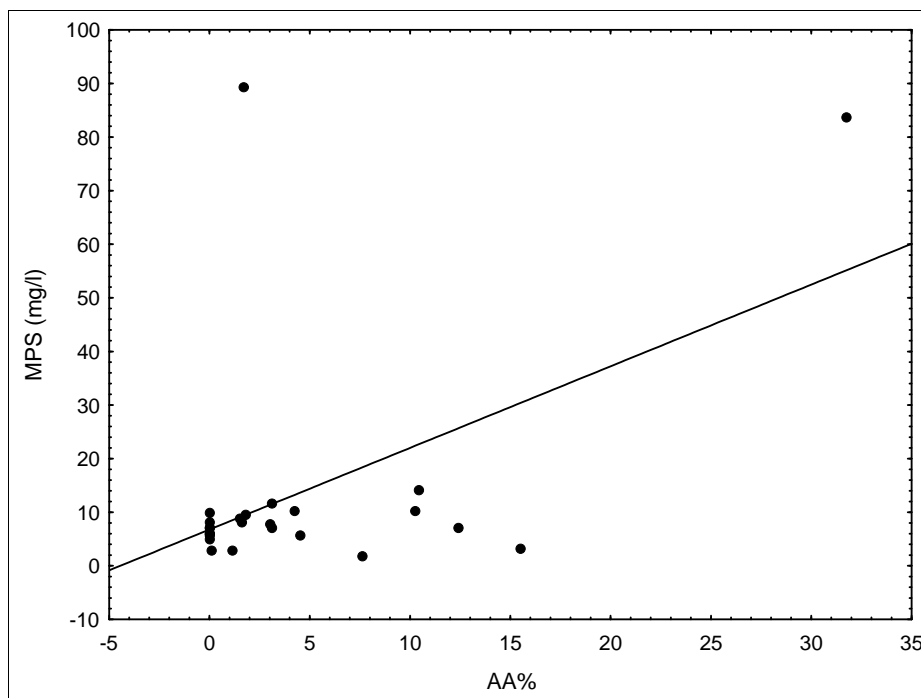


Figura 16 – Relação entre MPS e Área Antropizada (%) nos igarapés em estudo. **Obs.:** Os igarapés 2 e 5 não estão incluídos nesta análise.

Ao realizar-se a análise de regressão entre MPS e área total da bacia de drenagem de cada igarapé, verificou-se e confirmou-se a relação ($R^2 = 0,17$, $F_{1,89} = 19,16$; $p < 0,00003$) existente entre o uso da terra e o MPS na coluna d'água dos igarapés em questão (Figura 17).

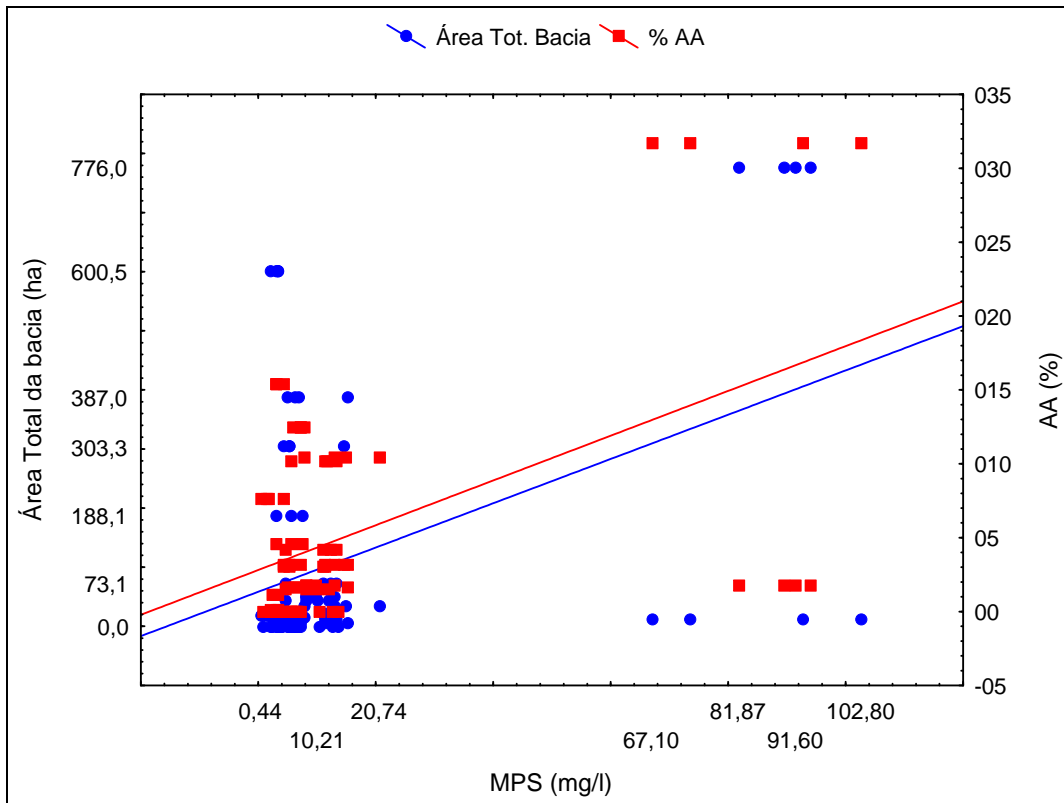


Figura 17 – Relação entre MPS e Área Antropizada e Área total da bacia de drenagem de cada igarapé com o MPS.

Ao realizar a análise de regressão múltipla entre os dados de AA com os descritores ecológicos da ictiofauna, não foram encontradas relações significativas. Da mesma forma, ao analisar-se em separado apenas os 19 igarapés localizados dentro da base de operações, também não foram identificadas tais relações entre AA e os descritores ecológicos.

5- DISCUSSÃO

5.1- Perfil limnológico e morfométrico dos igarapés

As correlações encontradas entre parâmetros morfométricos (largura, profundidade, velocidade, vazão) refletem o padrão descrito por Vannote *et al.* (1980) no Conceito de Rio Contínuo (CRC), o qual descreve a covariação longitudinal de características morfométricas do canal e a influência desta sobre a distribuição de fatores físico-químicos, habitats e biota ao longo do sistema fluvial.

Em igarapés de diversas ordens, pertencentes à bacia do rio Jaú, outro rio amazônico, Forsberg *et al.* (2001) encontraram uma relação positiva entre o oxigênio e a largura do canal, até cerca de 10m, sendo que a partir desta largura os teores de oxigênio passaram a diminuir. Este padrão foi corroborado por Kemenes (2000) em igarapés da mesma bacia. No presente trabalho, foi observado o mesmo comportamento, sendo que os teores de oxigênio passaram a diminuir em igarapés menores que 8 metros de largura. As concentrações médias de oxigênio estiveram próximas à saturação (7,57 mg/L; DP = 3,12), similares aos níveis encontradas em igarapés de terra firme da Reserva Florestal Adolfo Ducke, por Mendonça *et al.* (2005) (média de 7,7 mg/L).

Foram observadas maiores valores de oxigênio em igarapés localizados no interior da base (8,01 mg/L) comparado com os controles (5,57 mg/L), provavelmente devido a maior quantidade de folhiço nos igarapés controles, o que resultará em uma maior decomposição da matéria orgânica e consumo de oxigênio por fungos decompositores (Walker, 1990). Já os igarapés do interior

da base, apresentaram um leito com muito mais material inorgânico (especialmente silte) do que orgânico.

A temperatura apresentou-se pouco variável com média de 25,56 °C (DP = 0,75), o que é típico para pequenos igarapés amazônicos que são amplamente sombreados pela floresta adjacente (Forsberg *et al.*, 2001). Este sombreamento foi evidenciado na maioria dos pontos de coleta deste trabalho, mesmo nos igarapés localizados dentro da base de operações, com exceção das margens localizadas próximas as pontes ou estradas .

Os valores de pH em tributários amazônicos variam em função das particularidades geológicas da cada bacia de drenagem. Os afluentes de terra firme geralmente drenam solos pobres em carbonatos e outros sais minerais. Portanto têm pouco “tampão natural” e são caracterizados por baixo pH (Esteves, 1998). Segundo Furch & Junk (1997) os igarapés de terra firme da Amazônia Central apresentam valores de pH entre 4 e 5. O valor médio de pH nos igarapés do presente estudo foi de 6,03 (DP = 0,44), com os igarapés do interior da base apresentando valor médio de 5,91 e os controles apresentando um valor médio de 6,3, significativamente maior. Os maiores valores de pH encontrados nos igarapés do rio Urucu são associados a valores relativamente altos de condutividade (média de 16,29 $\mu\text{S}/\text{cm}$, DP = 12,3) o que sugere que o elevado pH pode ser um resultado da presença de quantidades significativas de carbonatos dissolvidos nos solos e águas da região. Uma forte correlação positiva ($R^2=0,57$; $F_{1,25} = 33,053$, $p = 0,00001$) existente entre estes parâmetros apóia esta hipótese. Uma relação similar foi encontrada por Ferreira *et al.* (2007) para igarapés de terra firme da bacia do rio Branco no

estado de Roraima. Estes autores também atribuem esta correlação à presença de carbonatos no sistema, derivados do intemperismo químico nos solos da drenagem.

A utilização de medidas do teor de MPS em estudos de avaliação dos efeitos de atividades antrópicas sobre comunidades de peixes, ainda é escassa no Brasil (Mendonça *et al.* 2005). Já foi comprovado em vários estudos em climas temperados que excessivas quantidades de MPS em corpos d'água, acarretam efeitos negativos na fauna íctica, como mortalidade, doenças, efeitos sub-letais no sucesso reprodutivo, crescimento, comportamento, suprimento alimentar (invertebrados), além de efeitos nas pescarias (Waters, 1995). Os valores médios de MPS encontrados neste estudo (média de 14,2 g/L; DP = 23,25) estão acima dos observados por Mendonça *et al.* (2005) em igarapés da Amazônia Central (média = 5,6 mg/L) sem perturbação antrópica; e abaixo dos valores médios encontrados por Mol & Ouboter (2004) em um estudo realizado em igarapés ao Sul de Paramaribo, no Suriname. Estes autores estudaram dois igarapés, um afetado por mineração de ouro e outro não alterado, sendo que no impactado os valores médios de MPS foram de 318 mg/L (DP = 556) e no controle 28,9 mg/L (DP = 38,1). Já Bojsen & Barriga (2002) em um estudo na Amazônia Equatoriana, encontraram valores médios de MPS em um igarapé sem cobertura florestal de 8,5 mg/L e com floresta ripária de 6,7 mg/L. Desta forma os valores médios de MPS encontrados neste estudo apresentam-se inferiores quando comparados com igarapés neotropicais de área de mineração. Porém, quando comparados com igarapés de áreas sem floresta ripária, percebe-se que os valores deste estudo encontram-se mais elevados,

haja vista, ter-se ainda encontrado alguns igarapés com valores médios de 89,32 mg/L. Não foram detectadas diferenças significativas nos valores de MPS dos igarapés controles em relação aos da base, porém, os maiores valores de MPS foram detectados em igarapés do interior da base. Como será mostrado abaixo, a variação no nível de antropismo entre igarapés pode explicar parte destas diferenças.

O Índice de Assoreamento (IA) apresentou-se com valores opostos ao esperado, ou seja, os maiores valores de IA foram encontrados nos igarapés controles. Porém, as maiores concentrações de sedimento fino nos igarapés controles provavelmente não se devem às atividades antropogênicas, mas sim à localização destes igarapés em planície de inundação do rio Urucu, aonde sofrem constantes influências do pulso de inundação. Sendo numa planície de inundação, estes igarapés sofrem processos periódicos e intensos de deposição de matéria orgânica advinda predominantemente do rio Urucu. Em contraste, os igarapés do interior da base são sujeitos a um assoreamento menos intenso de sedimentos inorgânicos provido da bacia local. Walker (1995b) também encontrou altas taxas de sedimentação na planície de inundação do rio Tarumã, com o material particulado, composto de areia, silte e material orgânico fino, provindo principalmente do rio.

Uma segunda hipótese para explicar os maiores índices de IA nos controles é que, independente da fonte dos sedimentos (rio ou bacia local) a taxa de sedimentação seria maior nos igarapés controles devido à menor velocidade da correnteza, especialmente durante o pico de inundação pelo rio Urucu, quando o fluxo dos igarapés cai até quase zero.

Forsberg (2006), num estudo sobre a sedimentologia de tributários que drenam a Província Petrolífera de Urucu, encontrou uma correlação positiva entre a concentração de MPS em igarapés e a porcentagem de uso antrópico na bacia de drenagem a montante. Ele encontrou efeitos significativos de dois tipos específicos de uso da terra, clareiras e áreas construídas, sobre a concentração de MPS. Este autor também não encontrou uma diferença significativa entre a concentração média de sedimentos em suspensão (MPS) do rio Urucu a montante, e a jusante da área de exploração, e concluiu que a maior parte dos sedimentos exportados da área de exploração pelos igarapés se depositava na planície de inundação antes de chegar ao rio, o que reforça a segunda hipótese levantada no presente trabalho.

5.2- Caracterização do uso do solo das bacias de drenagem dos igarapés

A maioria dos estudos da fauna aquática realizados na Amazônia e em outras regiões investiga flutuações na fauna aquática associadas a variações longitudinais ou laterais nas características de ecossistemas lóticos. Poucos são os trabalhos que investigam a influência do uso de solo sobre a fauna aquática e utilizando a bacia hidrográfica como unidade de estudo (Gerhard, 2005). O interesse neste enfoque tem aumentado com o desenvolvimento e a utilização de técnicas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) que possibilitam a análise e avaliação deste tipo de impacto. Neste trabalho, a classificação dos diversos tipos de uso do solo na Província Petrolífera de Urucu apresenta uma correlação positiva entre a porcentagem de uso antrópico

na bacia de drenagem e a concentração de MPS. Não foi constatada, no entanto, uma correlação similar para IA.

Roth *et al.* (1996) *in* Gerhard (2005) analisaram a integridade biótica e a qualidade de habitat de riachos através de SIG em diferentes escalas, relacionando-as com a atividade agrícola. Eles tinham como principal objetivo, determinar se o uso do solo é um bom estimador da integridade de ecossistemas lóticos, medido através de atributos das comunidades de peixes destes riachos. Estes autores concluíram que os índices de integridade biótica correlacionam-se negativamente com a extensão da área utilizada para a agricultura na microbacia e positivamente com a extensão de florestas. Verificaram ainda que as correlações foram mais fortes na escala da microbacia e tendiam a tornar-se mais fracas ou não significativas na escala local.

Da mesma forma, quando observamos a integridade dos igarapés do presente estudo a nível local, a maioria destes, mesmos os localizados no interior da base, apresentaram-se com suas florestas ripárias intactas, sem o comprometimento da abertura do dossel, ou até mesmo da entrada de material alóctone nestes ambientes. Deste modo, o comprometimento através da entrada de sedimento fino nestes igarapés não é proveniente de alterações locais, e sim de alterações da bacia hidrográfica. Arruda (2005) estudou processos erosivos em 30 parcelas distribuídas na área de exploração do rio Urucu, com diferentes tipos de cobertura da terra, gradientes topográficos e comprimentos de rampas e observou elevadas perdas de solo na área. Quando

integrados ao nível de bacia estas perdas representaram uma contribuição significativa de sedimentos aos igarapés da região.

5.3- A Comunidade íctica da Província Petrolífera de Urucu

Estudos sobre a composição da ictiofauna feitos no Panamá (Angermeier & Karr, 1984), Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana Francesa (Ouboter & Mol, 1993), bem como no Brasil, nas bacias do Alto Rio Paraná (Agostinho & Júlio Jr, 1999), e Amazônica (Lowe-McConnell, 1987; Goulding, 1989), demonstram a grande diversidade de peixes existentes na região Neotropical.

Estudos ictiológicos realizados em igarapés íntegros da Amazônia mostram uma dominância de Characiformes, seguida de Siluriformes (Buhrnheim, 1998; Araújo-Lima *et al.*, 1999; Castro, 1999; Kemenes, 2000; Martins, 2000; Buhrnheim & Cox Fernandes, 2003; Mendonça *et al.*, 2005; Anjos & Zuanon, 2007).

No presente estudo a comunidade íctica da Província Petrolífera de Urucu apresentou-se com 71 espécies pertencentes a cinco ordens e 20 famílias (Tabela 4). Os Characiformes constituíram o grupo de maior riqueza e abundância, seguidos dos Siluriformes, Perciformes, Gymnotiformes e uma espécie de Beloniformes, com apenas um exemplar. Estes valores são semelhantes àqueles encontrados em outros igarapés da Amazônia.

O padrão de abundância das espécies das comunidades em estudo coincide com o padrão observado para outras comunidades ícticas tropicais. Poucas espécies são encontradas com alta representatividade, algumas com

representatividade média e várias espécies com baixa representatividade (Lowe-McConell, 1999).

Cada tipo de ambiente estudado (igarapé controle e base) apresentou uma fauna particular, aparentemente adaptada às características locais. Das 71 espécies capturadas, 16 espécies foram exclusivamente encontradas nos igarapés controles, 20 nos igarapés do interior da base e 35 foram capturadas nos dois ambientes. Das 16 espécies encontradas apenas nos igarapés controles, seis pertenciam à ordem Siluriforme e as outras dez estavam distribuídas entre Characiformes, Perciformes, Gymnotiformes e Beloniformes. A riqueza de espécies encontrada no presente estudo foi maior do que a encontrada em outros ambientes aquáticos da região amazônica. Araújo-Lima *et al.* (1995), revisando estudos realizados em diversos ambientes aquáticos da Amazônia, observaram uma variação de 7 a 52 espécies de peixes por ambiente, e atribuíram esta variação a heterogeneidade dos estudos e ambientes. Kemenes (2000) estudou 34 igarapés da bacia do rio Jaú, e encontrou 66 espécies. Mendonça *et al.* (2005) observaram em 38 igarapés não impactados da Amazônia um total de 49 espécies, pertencentes a 6 ordens e 16 famílias. Já Anjos (2007) realizou um estudo em 15 fragmentos florestais na zona urbana de Manaus, e coletou um total de 41 espécies.

Os igarapés do interior da base apresentaram maior número de indivíduos (média de 283) do que os controles (média de 121). Este mesmo padrão foi encontrado por Gerhard (2005). Este autor investigou as relações existentes entre abundância, diversidade e estrutura de comunidades de peixes de riachos com as principais categorias de uso e cobertura do solo na bacia do

rio Corumbataí, em São Paulo e encontrou menos espécies e menor diversidade de peixes nas microbacias com matas nativas do que nas bacias antropizadas.

A maior abundância de *Hemigrammus belottii*, *Hyphessobrycon copellandi*, *Moenkhausia collettii*, *Hyphessobrycon melazonatus*, *Tytocharax madeirae* e *Jupiaba zonata* nos igarapés estudados pode ser relacionado ao fato que todas estas espécies utilizam principalmente habitats bento-pelágicos e são na maioria do tempo onívoras, características que juntas lhes oferecem acesso a uma diversidade de ambientes e recursos alimentares. Estudos ecológicos também comprovam que o gênero *Hyphessobrycon* possui espécies bastante resistentes, sendo facilmente encontradas em ambientes alterados onde formam cardumes bastante numerosos (Oyakawa *et al.*, 2006).

5.4- Influência de fatores ambientais sobre a composição da comunidade de peixes e sobre os descritores ecológicos da ictiofauna

Vários trabalhos têm mostrado a influência de fatores ambientais, isoladamente ou em conjunto, na diversidade e estrutura de comunidades de peixes de igarapés (Gorman & Karr, 1978; Angermeier & Karr, 1984; Schlosser, 1982; Roth *et al.*; 1996; Vadas & Orth, 2000; Esteves & Lobón-Cerviá, 2001; Gerhard, 2005).

Segundo Angermeier & Winston (1998), a forma ou a força com que os fatores atuam na determinação da diversidade de uma comunidade local, variam entre regiões geográficas, o que é proporcionado também pelas atividades antrópicas decorrentes nestas regiões.

A influência negativa do fator CP2 (representando pH, condutividade e IA) sobre a diversidade e a dominância das comunidades de peixes nos igarapés do rio Urucu indicou que a maior diversidade e dominância eram associados aos menores valores de pH e condutividade. Este mesmo padrão foi encontrado por Mendonça *et al.* (2005) em igarapés de terra firme da Amazônia Central. Ele atribuiu a maior diversidade de peixe em igarapés ácidos e pobres em sais às diversas adaptações que os peixes desenvolveram para sobreviver a estas condições adversas (Val *et al.*, 1999).

Mérigoux *et al.* (1998) encontraram também fortes relações entre a condutividade e riqueza de espécies e disponibilidade de habitats em estudo realizado em igarapés da Guiana Francesa.

A correlação negativa observada entre a composição da ictiofauna, velocidade da corrente, profundidade, largura do canal, AD e vazão, está aparentemente relacionada à integridade dos igarapés amostrados. Os igarapés mais profundos, mais largos e conseqüentemente com maior velocidade de corrente e vazão, foram os que apresentaram uma maior degradação da vegetação marginal, comprometendo desta forma a disponibilidade de itens alóctones, essenciais à manutenção das comunidades de peixes. Em contraste, os igarapés com uma menor abertura de dossel, tinham a vegetação marginal mais intacta e uma maior disponibilidade de material alóctone e habitats, o que acarretava em uma maior abundância ou diversidade de espécies. Espécies abundantes neste estudo, como *Hyphessobrycon copelandi* e *Moenkhausia collettii*, têm como habitat

preferencial águas lentas e substrato enlameado, apresentando comportamento gregário (Planquette *et al.*, 1996).

De acordo com Mortati (2004) em seu estudo em igarapés da Amazônia Central, o tamanho dos cursos de água foi um fator importante na disponibilidade de substrato, e conseqüentemente na manutenção das espécies de peixes. Ela verificou que os igarapés maiores, com maior profundidade, têm maior vazão, o que contribui para o transporte mais rápido das folhas rio abaixo; desta forma, o tempo de permanência das folhas é menor e sua distribuição restringe-se às margens. Já nos igarapés menores e mais rasos, a permanência das folhas é maior, além da maior distribuição destas no leito dos igarapés.

Não detectou-se influência do IA sobre os descritores ecológicos da ictiofauna. Mol & Ouboter (2004) também não encontraram diferenças com relação à riqueza das comunidades de peixes numa bacia hidrográfica no Suriname, quando compararam um córrego assoreado pela mineração com um córrego controle. O mesmo ocorreu com Casatti (2004) em estudo realizado no sudeste brasileiro. Esta autora também comparou as comunidades de peixes de dois riachos, um assoreado e um controle, e encontrou riqueza de espécies de Characiformes e Siluriformes semelhantes.

Scott & Helfman (2001) afirmam que paisagens muito alteradas podem causar homogeneização entre agrupamentos de peixes, por exemplo, entre espécies adaptadas a rios de planície e rios de cabeceiras com maior declividade. Este tipo de homogeneização pode existir em conseqüência do desmatamento de uma bacia hidrográfica que transforma segmentos de

riachos de cabeceira (ambientes oligotróficos) em segmentos similares a rios de terras mais baixas (eutróficos), permitindo que peixes de planície invadam trechos mais à montante. Esta tendência é prevista pelo Conceito de Rio Contínuo (Vannotte *et al.*, 1980), onde homogeneização de habitats ao longo do contínuo de rios, provocado pelo desmatamento generalizado, resultaria na homogeneização de grupos funcionais de fauna ao longo do contínuo. Na ocorrência da homogeneização, a ictiofauna pode apresentar aumento do número de espécies localmente (diversidade alfa), e conseqüente perda de diversidade beta, ou seja, diversidade entre ambientes de uma mesma região (Magurran, 1988).

Segundo Gerhard (2005) a ausência ou pequena diferenciação entre os fatores de diversidade, riqueza, abundância e estrutura de comunidades de peixes entre ambientes impactados e íntegros, pode ser um efeito direto da biologia das espécies de peixes de cabeceiras. Isto é, seriam espécies altamente adaptadas a fortes distúrbios físicos e químicos, com populações altamente resilientes e dotadas de diversos mecanismos de recolonização de ambientes de elevado gradiente.

Dentre as espécies mais abundantes encontradas no presente estudo duas (*Hyphessobrycon copelandi*, *Hyphessobrycon melazonatus*) são citadas como espécies de elevada resiliência (Planquette *et al.*, 1996).

A correlação negativa, representando IA e fatores químicos do MDS indicou que o assoreamento e fatores químicos tiveram um impacto significativo sobre algum aspecto da composição da comunidade íctica, não refletido nos índices faunísticos (riqueza, diversidade, dominância). Os

aspectos envolvidos são difíceis de identificar, mais podem incluir diferenças na composição de guildas tróficas, diferenças na estrutura da cadeia alimentar e diferenças na associação com habitats, entre outros.

5.5- Efeitos do uso da terra (AA) sobre fatores ambientais e a composição íctica

A utilização de SIG para auxiliar estudos ecológicos que visem avaliar os efeitos do uso do solo sobre o comportamento de animais aquáticos, vem reforçar e auxiliar no entendimento do funcionamento de determinado ambiente aquático a nível de bacia hidrográfica. Esta ferramenta vem sendo utilizada no Brasil em estudos de comunidade de organismos aquáticos como macroinvertebrados (Couceiro, 2005) e peixes (Mortati, 2004, Gerhard, 2005; Casatti *et al.*, 2006; Anjos, 2007).

O SIG foi utilizado neste estudo para investigar a influência do uso do solo sobre as características ambientais e a composição e abundância da ictiofauna da bacia hidrográfica. Só foi encontrada, neste contexto, uma influência significativa do percentual da bacia antropizada (AA) sobre o MPS.

Estes resultados corroboram os encontrados por Forsberg (2006), na região objeto deste estudo. Este autor avaliou a influência de diferentes atividades antrópicas sobre o nível de MPS, estimando a porcentagem da área de drenagem a montante de estações fluviométricas previamente montadas, com o uso de SIG. Os resultados apresentaram três diferentes classes de uso antrópico: estradas (incluído uma faixa de 20 m em cada lado), clareiras (clareiras, jazidas e poços) e áreas construídas (áreas residenciais, industriais

e outras). A influência dos diferentes tipos de uso antrópico foi significativa, sobre a concentração de sedimentos nos rios, especialmente as clareiras e as áreas construídas. Segundo o autor, as maiores concentrações de sedimentos associadas a estas duas classes de uso são claramente relacionadas à erosão. A retirada da vegetação arbórea que ocorre em clareiras e áreas construídas expõe o solo à ação direta da chuva, aumentando o potencial para erosão. A compactação do solo que ocorre em clareiras e a cobertura de asfalto e cimento encontrada em áreas construídas também reduzem a penetração de água, aumentando o escoamento e a erosão superficial, como o observado neste estudo.

O efeito da AA sobre o MPS, constatado com o auxílio de regressão linear simples, comprova a existência de alterações já observadas nos ambientes aquáticos da província. Na análise de regressão múltipla, não foram encontradas influências significativas dessas variáveis sobre as comunidades de peixes. Porém quando associado com a velocidade, profundidade, largura, AD e vazão, na CP2, o MPS teve uma influência significativa sobre a composição da comunidade íctica (Fig. 14B), indicando alguma influência, embora indireta, das ações antrópicas sobre as comunidades de peixes.

6- CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A composição, riqueza, abundância, dominância e equitabilidade das comunidades de peixes não apresentaram significativas diferenças entre os igarapés localizados na base em relação aos controles;

- As variações na composição íctica e os descritores ecológicos da ictiofauna, apresentaram relações significativas com as características morfométricas e limnológicas dos igarapés;

- O MPS em associação com a velocidade, profundidade, largura, AD e vazão exerceu influência significativa sobre a composição das comunidades de peixes;

- O percentual da bacia de drenagem, alterado para uso antrópico, influenciou significativamente o teor de MPS nos igarapés e, por associação, a composição das comunidades de peixes da Província Petrolífera de Urucu;

- O IA, quando associado ao pH e a condutividade em uma componente principal, influenciou significativamente a dominância e a diversidade das espécies de peixes;

O exposto acima sugere indícios de alterações nos igarapés da Província Petrolífera de Urucu, os quais são associados ao uso do solo nesta

região. Resultados como altos teores de MPS nestes corpos d'água, variações nos níveis de pH e condutividade, além das influências destes parâmetros na composição, diversidade e dominância de espécies, sugerem que nos sistemas estudados já estão ocorrendo alterações de alguns parâmetros. Porém as diferenças detectadas são ainda pequenas e exigirão métodos mais precisos para avaliação.

Sugerimos a necessidade de um estudo mais amplo, utilizando igarapés controles localizados em outras áreas que não sofram influência do pulso de inundação do rio Urucu, além de uma metodologia para a determinação de IA que separe a matéria orgânica da inorgânica na fração de sedimento fino coletada, para melhor diferenciar a variação natural e antrópica no grau de assoreamento. Outro parâmetro que deve também ser investigado é a dieta dos peixes destes ambientes. Desta forma poderemos comprovar se a alimentação destes organismos é advinda de origem autóctone ou alóctone, ou seja, se os igarapés da província ainda estão oferecendo alimento para suprir as necessidades das comunidades de peixes.

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agostinho, A. A. & Júlio Jr., H. F. 1999. Peixes da Bacia do Alto Rio Paraná. p. 345-373. *In: Lowe-McConnell, R. H. Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. Edusp, São Paulo.

Alves, C. B. M. & Pompeu, P. dos S. 2006. Peixes do rio das Velhas: estado atual e perspectivas de recuperação. *Cadernos Manuelzão*, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 20-26, 2006. Meio de divulgação: Impresso; Home page: http://www.manuelzao.ufmg.br/folder_atuacao/folder_biblio/caderno_manuelzao.pdf; Série: 1; ISSN/ISBN: 1980301X.

Angermeier, P.L. & Winston, M.R. 1998. Local vs. Regional influences on local diversity in stream fish communities of Virginia. *Ecology*, 79 (3): 911-927.

Angermeier, P.L. & Karr, J.R. 1983. Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams, p.39-57. *In: Zaret, T.M. (Ed.) Evolutionary ecology of neotropical freshwater fishes*. Netherlands, Dr. W Junk Publishers, The Hague.

Anjos, H.D.B. 2007. *Efeitos da fragmentação florestal sobre as assembléias de peixes de igarapés da zona urbana de Manaus, Amazonas*. Dissertação de mestrado. INPA/UFAM, Manaus, AM. 101p.

Anjos, M.B. & Zuanon, J. 2007. Sampling effort and fish species richness in small *terra firme* forest streams of central Amazonian, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 5(1): 45-52.

Araújo-Lima, C.A.R.M.; Jiménez, L.F.; Oliveira, R.S.; Eterovick, P.C.; Mendonza, U.; Jerolimki, A. 1999. Relação entre o número de espécies de peixes, complexidade de hábitat e ordem do riacho nas cabeceiras de um tributário do rio Urubu, Amazônia Central. *Acta Limnológica Brasiliensis*, 11(2): 127-135.

Araújo-Lima, C.A.R.M.; Agostinho, A. A. & Fabr , N. N. 1995. Trophic aspects of fish communities in Brazilian rivers and reservoirs, p.105-136. In: Tundisi, J. G.; Bicudo, C. E. M. & Tundisi, C. E. M. (eds.) *Limnology in Brazil*. ABC/SBL.

Arruda, W.C. 2005. *Estimativa dos processos erosivos na base de opera es Ge logo Pedro de Moura – Coari, AM*. Disserta o de mestrado. UFAM, Manaus, AM. 80p.

Berger, W.H. & Parker, F. L. 1970. Diversity of planktonic foraminifera in deep sea sediments. *Science*, 168: 1345-1347.

Bojsen, B.H. & Barriga, R. 2002. Effects of deforestation on fish community structure in Ecuadorian Amazon streams. *Freshwater Biology*, 47: 2246-2260.

Buhrnheim, C.M. 1998. *Estrutura de Comunidades de peixes em igarapés de floresta de terra firme na Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado. INPA/UFAM, Manaus, AM. 166p.

Buhrnheim, C.M & Cox Fernandes, C. 2003. Structure of fish assemblages in Amazonian rain-forest streams: effects of habitats and locality. *Copeia*, 2: 255-262.

Callisto, M.; Esteves, F.; Goncalves, J. & Fonseca, J. 1998a. Benthic macroinvertebrates as indicators of ecological fragility of small rivers (igarapés) in a bauxite mining region of Brazilian Amazonia. *Amazoniana*, 15(1):1-9.

Caramaschi, E.P. 1986. *Distribuição da ictiofauna de riachos das bacias do Tietê e do Paranapanema, junto ao divisor de águas (Botucatu, SP)*. Tese de doutorado. UFSCAR, São Paulo. 245 p.

Carvalho, N. de O. 1994. *Hidrossedimentologia Prática*. CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, Rio de Janeiro, RJ. 372p.

Casatti, L. 2004. Ichthyofauna of two streams (silted and reference) in the upper Paraná river basin, Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, 64 (4): 757-765.

Castro, R.M.C. 1999. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais, p. 139-155. *In*: CARAMASCHI, E. P., MAZZONI, R., PERES-NETO, P. R. (Eds). *Ecologia de peixes de riachos*. Série Oecologia Brasiliensis, v. 6, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro.

Couceiro, S.R.M. 2005. *Efeito do desmatamento e da poluição sobre a riqueza, densidade e composição de macroinvertebrados aquáticos de igarapés urbanos de Manaus, Amazonas*. Dissertação de Mestrado. INPA/UFAM, Manaus, AM. 98p.

ESRI, 1996. *ArcView GIS 3.2: User Guide*. Redlands: ESRI Press, 345p.

Esteves, K.E. & Lobón-Cerviá, J. 2001. Composition and trophic structure of a fish community of a Clearwater Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. *Environ. Biol. of Fish*, 62: 429-440.

Esteves, F.A. 1998. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro, Interciência. 602p.

Fearnside, P.M. 1982. Deforestation in the Brazilian Amazon: How fast is it occurring? *Interciencia* 7, 82-88.

Fearnside, P.M. 1986. *Human Carrying Capacity of the Brazilian Amazon*, 280p. Columbia University Press, New York.

Fonseca, A.C. 1999. Geoquímica dos Solos, p.165-193. *In: Guerra, A.J.T., Da Silva, A.S., Botelho, R.G.M. (Eds.). Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações.* Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.

Forsberg, B.R. 2006. *Análise de sensibilidade ambiental, modelagem e previsão de impactos (Projeto PI-3).* Relatório técnico apresentado a FINEP. 22p.

Forsberg, B.R., Castro, J.G.D, Carginin - Ferreira, E.C. and Rosenqvist, A. 2001. The structure and function of the Negro river ecosystem: Insights from the Jaú Project, p.125-144. *In: Chao, N.L., Petry, P., Prang, G., Sonneschein, L. and Tlusty, M. (Eds.). Conservation and management of ornamental fish resources of the rio Negro basin, Amazonia., Brazil – Project Piaba.* Manaus, EDUA.

Forsberg, B.R., Godoy, J.M., Victoria, R.L. and Martinelli, L.A. 1989. Development and erosion in the Brazilian Amazon: A geochronological case study. *GeoJournal*, 19: 399-405.

Franken, W. & Leopoldo, P.R. 1984. Hydrology of catchment of Central Amazonian forest streams, p.501-519. *In: Sioli, H. (Ed.). The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin.* Dr. W. Junk Publ. Dordrecht, The Hague.

Furch, K. & Junk, W.J. 1997. Physicochemical conditions in the floodplains. *In: Junk, W.J. (Ed.). The Central Amazon Floodplain*. Springer-Verlag, Berlin, p.69-108.

Gerhard, P. 2005. *Comunidades de peixes de riachos em função da paisagem da bacia do rio Corumbataí, Estado de São Paulo*. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, SP. 241p.

Géry, J. 1977. *Characoids of the world*. Neptune City, T.F.H. 672p.

Gorman, O.T. & Karr, J.R. Habitat structure and stream fish communities. *Ecology*, 59: 507-515.

Goulding, M. 1980. *The Fishes and Forest: explorations in Amazonian natural history*. Los Angeles. University of California Press. 280p.

Goulding, M.; Carvalho, L. and Ferreira, E.G. 1988. *Rio Negro: Rich Life in Poor Water*. SPB Academic, The Hague, Netherlands.

Goulding, M. 1989. *Amazon. The Flooded Forest*. BBC Books, London. 208p.

Jordan, D.S. 1889. Report of explorations in Colorado and Utah during the summer of 1889, with an account of the fishes found en each of the river basins examined. *U.S. Fish Center*, Bulletin 144, Blacksburg.

Junk, W.J.; Soares, M.G.M.; Carvalho, F.M. 1983. Distribution of fish species in a lake of the Amazon River Floodplain near Manaus Lago Camaleão with special reference to extreme oxygen condition. *Amazoniana*, 7: 397-431.

Junk, W.J. & Furch, K. 1985. The physical and chemical properties of Amazonian waters and their relationship with the biota, p.03-17. *In*: J. E. Treherne (Ed.). *Key Environments: Amazonia*. Pergamon, Oxford.

Karr, J.R., Fausch, K.D., Angermeier, P.L., Yant, P.R. and Schlosser, I.J. 1986. *Assessing biological integrity in running waters: A method and its rationale*. Special Publication 5. Illinois Natural History Survey, Champaign, Ill. 28 p.

Kirovsky, A.L. 1999. *Comunidades de peixes de áreas naturais e impactadas por barragens e clareiras artificiais em igarapés da Amazônia central*, Am. Dissertação de mestrado. INPA/UFAM, Manaus, AM. 331p.

Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. 2nd ed. Benjamin/Cummings. Menlo Park, CA, USA. 620p.

Lowe-McConnell, R. H. 1987. *Ecological Studies in Tropical Fish Communities*. Cambridge University Press, Cambridge. 382p.

Lowe-McConnell, R. H. 1999. *Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. EDUSP, São Paulo. 536 p.

Mago-Leccia, F. 1994. *Electric fishes of the continental waters of América*. FUDECI, Caracas. Fundacion para el Desarrollo de las Ciências Físicas, Matemáticas y Naturales. 223 p.

Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Chapman and Hall, New York, 215p.

Martins, C.S. 2000. *Estrutura de comunidade da ictiofauna em igarapés da bacia do rio Urubu, Amazônia Central, Brasil*. Dissertação de Mestrado. INPA/UFAM. Manaus, Am. 49p.

Meade, R.H. 1985. *Suspended sediment in the Amazon River and its tributaries in Brazil during 1982-1984*. U.S. Geol. Surv. Open File Rep. 85-492. 39p.

Melo, C.H., Machado, F.A. and Pinto-Silva, V. 2004. Feeding Habitats of fish from a Stream in the Savanna of Central Brazil, Araguaia Basin. *Neotropical Ichthyology*. 2(1), p. 37-44.

Mendonça, F.P.; Magnusson, W.E. and Zuanon, J. 2005. Relationships Between Habitat Characteristics and Fish Assemblages in Small Streams of Central Amazônia. *Copeia*, 4: 750–763.

Mérigoux, S.; Ponton, D. and Mérona, B. 1998. Fish richness and species-habitat relationships in two coastal streams of French Guiana, South America. *Env. Biol. of Fish*, 51: 25-39.

Mol, J.H. & Ouboter, P.E. 2004. Downstream effects of erosion from small-scale gold mining on the instream habitat and fish community of a small Neotropical rainforest stream. *Conservation Biology*, 18 (1): 201-214.

Mortati, A.F. 2004. Colonização por peixes no folheto submerso: implicações das mudanças na cobertura florestal sobre a dinâmica da ictiofauna de igarapés na Amazônia Central. Dissertação de mestrado. INPA/UFAM. 69p.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). Geocover Landsat Global Coverage Available. Disponível em: < <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>>. Acesso em: 02 abr. 2006.

National Research Council, 1992. *Restoration of Aquatic Ecosystems: science, technology, and public policy*. Washington, National Academy Press. 552p.

Nessimian, J.L.; Dorvillé, L.F.M.; Sanseverino, A.M. and Baptista, D.F. 1998. Relation between flood pulse and functional composition of the macroinvertebrate benthic fauna in the lower Rio Negro, Amazonas, Brazil. *Amazoniana*, 15: 35-50.

PCI Geomatics. 2003. *Introduction to Geomatica*, Course Guide, Version 9.0, 136, Ontario, Canada.

Palmer, M. W. 1990. The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology*, 71: 1195-1198.

Palmer, M. W. 1991. Estimating richness species: the second order jackknife reconsidered. *Ecology*, 72: 1512-1513.

PETROBRAS. 1989. *Relatório Individual do Meio Ambiente - RIMA*. Urucu. 74 - 77 p.

Pielou, E. C. 1975. *Ecological diversity*. New York: Wiley-Interscience, 165 p.

Planquette, P.; Keith, P. and Le Bail, P.Y. 1996. Atlas des poissons d'eau douce de Guyane (tome 1). Collection du Patrimoine Naturel, vol.22. IEGB-Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, INRA, CSP, Min. Env., Paris. 429 p.

RADAM-BRASIL. 1978. *Programa de Integração Nacional. Levantamentos de Recursos Naturais*. Vol.18 (Manaus - RADAM/Projeto - DBPM). Ministério das Minas e Energia. 626 p.

Rinne, J.N. & Medina, A.L. 1989. Factors influencing salmonid populations in six headwater streams, central Arizona, U.S.A. *Pol. Arch. Hidrobiol.* 35(3-4): 515-535.

Roth, N.E.; Allan, J.D.; Ericson, D.L. 1996. Influences on stream biotic integrity assessed at multiple spatial scales. *Landscape Ecology*. 11 (3): 141-156.

Römer, U. 2001. *Cichlid Atlas*. Volume 1: Natural history of Neotropical Dwarf Cichlid. 1st English Edition 2001/2002. Melle: Mergus – Verlag. 1311p.

Rosa, F.R. 2006. *Ictiofauna e assoreamento em dois córregos da Chapada dos Guimarães: Comparações entre o íntegro e o degradado*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Cuiabá – MT. 59 p.

Roseboom, D.P., Evans, R.L., Erickson, J.E. and Brooks, L.G. 1983. *An Inventory of Court Creek Watershed Characteristics That May Relate to Water Quality in the Watershed*. Document No. 83/23-A. Illinois Department of Energy and Natural Resources, Illinois State Water Survey, Peoria, Ill. 95p.

Sabino, J. & Zuanon, J. 1998. A stream fish assemblage in Central Amazonia: distribution, activity patterns and feeding behavior. *Icthyol. Explor. Freshwaters* 8 (3): 201-210.

Santos, G.M. & Ferreira, E.J.G. 1999. Peixes da Bacia Amazônica, p. 345-354. *In: Lowe-McConnell, R. H. Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. Edusp, São Paulo.

Schiatti, J. *Influência da disponibilidade de luz na dinâmica do mercúrio em pequenos tributários do sistema fluvial do rio Jaú, Amazônia Central*. Dissertação de mestrado. INPA/UFAM, Manaus, AM. 61p.

Shlosser, I.J. 1982. Fish community and function along two habitat gradients in a headwater stream. *Ecological Monographs*, 52 (4): 395-414.

Silva, C.P.D. 1995. Community structure of fish in urban and natural streams in the Central Amazon. *Amazoniana*. XIII (3/4): 221-236.

Titcomb, J.W. 1926. Forests in relation to freshwater fishes. *Transactions of the American Fisheries Society* 56:122-129.

Tucci, C.E.M. 1997. Hidrologia – ciência e aplicação. Editora da Universidade (UFRGS)/Edusp/ABRH, Porto Alegre, RS.

Vadas, R.L.J. & Orth, D.J. Habitat use of fish communities in a Virginia stream system. *Environ. Biol. of Fishes*, 59:253-269.

Val, A.L., Marcon, J.L., Costa, O.T.F., Barcelos, J.F.M., Garcia, J.T.M., Almeida-Val, V.M.F. 1999. Fish of the Amazon: surviving environmental changes, p. 389-402. *In: Sakesena, D.N. (Ed). Ichthyology: recent research advances.* Science Publishers, Inc. Enfield, USA.

Vannote, R. L., Minshall, G. M., Cummins, K. W. Seddel, J. R. & E., C. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Science*, 37: 130 – 137.

Walker, I. 1995b. Sedimentation in the inundation forest flanking the Central Amazonian blackwater stream Rio Tarumã Mirim (Manaus, Amazonas State). *Amazoniana*, 3(4): 237-243.

Walker, I. 1995a. Amazonian streams and small rivers. *In: Tundisi, J.E., Bicudo, C.E.M. and Matsumura-Tundisi, T. (Eds.). Limnology in Brasil.* ABC/SBL. Rio de Janeiro, Brasil. 384p.

Walker, I. 1991. Algumas considerações sobre um programa de zoneamento da Amazônia. *In: Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia*, v. 1. Val, A.L.; Figliuolo, R. and Feldberg, E. (eds.). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brazil.

Walker, I. 1990. Ecologia e biologia dos igapós e igarapés. *Ciência Hoje*, 11 (64): 46-52.

Walker, I. 1987. The biology of streams as part of Amazonian forest ecology. *Experientia*. (5): 279–287.

Walker, I. 1978. Rede de alimentação de invertebrados das águas pretas do sistema rio Negro. *Acta Amazonica*, 8 (3): 423-438.

Waters, T.F. 1995. *Sediment in streams: sources, biological effects and control*. American Fisheries Society Monograph 7. Bethesda, Maryland 251p.

Zar, J.H. 1984. *Biostatistical Analysis*. 2ed. Ed. Prentice Hall. 718p.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)