

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

OLIGOCHAETA EM RIACHOS (Igarapés)
DA FLORESTA NACIONAL SARACÁ-
TAQUERA (PA): Abundância, Riqueza,
Diversidade e potencial como
Indicador de impacto antrópico.

María Silvina Bevilacqua

2014

OLIGOCHAETA EM RIACHOS (Igarapés) DA FLORESTA NACIONAL SARACÁ-TAQUERA (PA): Abundância, Riqueza, Diversidade e potencial como indicador de impacto antrópico.

María Silvina Bevilacqua

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Conservação, Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Socio-Ambiental de Macaé, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador(es): Francisco de Assis Esteves

Rio de Janeiro

Julho/2014

OLIGOCHAETA EM RIACHOS (Igarapés) DA FLORESTA NACIONAL SARACÁ-TAQUERA (PA): Abundância, Riqueza, Diversidade e potencial como indicador de impacto antrópico.

Nome do Autor

María Silvina Bevilacqua

Orientador(es)

Francisco de Assis Esteves

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Conservação, Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Socio-Ambiental de Macaé, da Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Conservação.

Aprovada por:

Presidente, Prof. Francisco de Assis Esteves

Prof. João José Fonseca Leal

Prof. Mercedes Rosa Marchese

Prof. Marcos Paulo Figueiredo de Barros

Rio de Janeiro

Julho/2014

FICHA CATALOGRAFICA

Bevilacqua, María Silvina

Oligochaeta em riachos (Igarapés) da Floresta Nacional Saracá-Taquera (PA): Abundância, Riqueza, Diversidade e potencial como indicador de impacto antrópico/Maria Silvina Bevilacqua – Rio de Janeiro: UFRJ/MACAÉ, 2014.

xxiii. 94f.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Dr. Francisco de Assis Esteves

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ NUPEM/ Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Conservação, 2014.

Referências Bibliográficas: f. 84-92.

1. Amazônia Central. 2. Oligochaeta. 3. Igarapé. 4. Substrato. 5. Mineração.

A mi familia, simplemente por ser lo más importante de mi vida...

Aprendizado...

“Um homem precisa viajar. Por sua conta, não por meio de histórias, imagens, livros ou TV. Precisa viajar por si, com seus olhos e pés, para entender o que é seu. Para um dia plantar as suas próprias árvores e dar-lhes valor. Conhecer o frio para desfrutar o calor. E o oposto. Sentir a distância e o desabrigo para estar bem sob o próprio teto. Um homem precisa viajar para lugares que não conhece para quebrar essa arrogância que nos faz ver o mundo como o imaginamos, e não simplesmente como é ou pode ser. Que nos faz professores e doutores do que não vimos, quando deveríamos ser alunos, e simplesmente ir ver”. *Eclipse II (17-11-2012)*

Amyr Klink

Quem me conhece sabe o que foi chegar ao Brasil para escrever mais um capítulo

... Sonhos se cumprem ...



AGRADECIMENTOS

Tanto este trabalho como a minha vida em Macaé, são fruto de uma diversidade de decisões, acasos, oportunidades, e pessoas que me levaram, num vai e vem de acontecimentos, a atingir a meta de dois anos trilhados. É difícil se lembrar de tudo e todos, mas sim é fácil se lembrar de aquilo e daqueles que deixaram uma pegada neste meu caminho que acaba para deixar lugar a outro. Gostaria de agradecer ..

Ao meu **Orientador Francisco de Assis Esteves**, por ter aceitado “a cegas” me orientar neste programa de Pós Graduação. Por ter me aconselhado a optar pelo PPG-CiAC em vez de o programa de Ecologia no Rio, porque embora nunca saiba como tivesse sido no outro programa, a escolha do NUPEM não poderia ter sido mais acertada. Agradeço de coração pela oportunidade que me deu de incorporar meu projeto de mestrado ao Projeto Igarapés, e por ter me dado a oportunidade de conhecer e trabalhar num lugar tão mágico e maravilhoso como é a Amazônia.

Agradeço ao professor **Marcos Paulo Figueiredo de Barros**, porque sem o seu apoio não tivesse chegado ao final. O seu suporte foi essencial. Agradeço que tenha se dedicado, lido, aportado, indicado, corrigido e recorrigido o meu trabalho. A sua orientação foi muito importante. Além disso, quero lhe agradecer por ter me incorporado ao grupo, a equipe, ao laboratório e aos projetos do jeito que me integrou. Hoje me sinto parte da Limnologia – UFRJ, muito graças ao que você fez por mim. Obrigada Marquinhos.

Ao **Guilherme Alfnas**, aquele doutorando que conheci pelo correio, e que tanto suporte me deu no primeiro começo, e não deixou de me apoiar até o final. Obrigada pelos aportes, pela ajuda no pré-projeto, pela ajuda na inscrição, pela ajuda na escrita, pelas correções, pelas discussões, pela ida a PTR. Você foi um primeiro link de muita ajuda e apoio. Se os primeiros passos não tivessem sido dados desse jeito, hoje, tal vez, não estaria aqui com esse trabalho feito, nem formada de mestre. Obrigada Guilherme.

Aos meus companheiros de **Laboratório de Limnologia**, a TODOS; aos que estavam quando cheguei e saíram enquanto eu estava aí; aos que entraram e saíram enquanto eu estava aí, aos que permanecem no tempo, e aos que são hoje em dia meus colegas de todos os dias. Não vou nomea-los porque são muitos e posso esquecer alguém,

mas todos eles sabem o quanto importantes são, e o quanto aportaram neste trabalho. Obrigada pela convivência de todos os dias, porque me sinto muito bem estando com vocês ao redor, e porque fizeram de meus anos de mestrado uma coisa muito boa, divertida, cheia de momentos, lindos e alguns de tensão, mas que nunca deixaram de ser camarada, no campo, na vida do dia a dia, e porque sempre estiveram presentes. Faço extensivo este agradecimento a todos aqueles companheiros do NUPEM que trabalham em parceria dentro do Laboratório de Ecologia Aquática, já que eles também deram vida a essa convivência diária, e fizeram ela mais interessante. Obrigada a todos.

Gostaria de agradecer também a todos os companheiros da **turma de mestrado 2012** do PPG-CiAC. As disciplinas e churrascos com vocês foram o máximo. Fomos uma turma unida, e muito boa. Agradeço ter tido a sorte de entrar no mestrado com vocês, porque a integração foi ótima, e porque passamos momentos muito bons juntos. Obrigada a cada um de vocês por ter sido parte neste capítulo da minha vida. Novamente, faço extensivo este agradecimento aqueles companheiros das **turmas 2011 e 2013** do PPG-CiAC com quem tive o prazer de compartilhar disciplinas, trabalhos, campos, etc., porque foram parte importantíssima neste caminho.

Aproveito e agradeço ao **Programa de Ciências Ambientais e Conservação (PPG-CiAC)**, ao **NUPEM**, aos **professores e funcionários** em geral, por ter brindado muito de si para que trabalhar e estudar no NUPEM seja tão bom. Agradeço aos que de uma forma ou outra me fizeram sentir bem neste lugar tão longe de casa. Agradeço aos professores pelos ensinamentos, porque me deram ferramentas, me ajudaram a desenvolver o meu trabalho e a crescer como pesquisadora, como assim também me permitiram conhecer o trabalho de vocês, ampliando os meus horizontes. Também quero agradecer à **FAPERJ** pela bolsa de pesquisa outorgada, e a **MRN (principalmente ao Magrão)** por toda a logística e disposição para o desenvolvimento prático deste trabalho.

Gostaria também de agradecer à minha família macaense...

A minha mãezinha macaense, que me cuida quando tenho febre, mas não deixa de sair pro Forro, a minha linda amiga que, não por acaso, leva o nome da minha mãe, a ti, **Mariana**. Eu não sei se dizer só obrigada basta, e nem posso enumerar tudo pelo que te agradeço. Você foi fundamental na minha vida em Macaé. És uma das pessoas mais doces

e sinceras que conheci em este lugar e não te troco por nada. Obrigada por estar presente em toda esta etapa.

A **Bruna**, essa loira louca, que gosto demais. Obrigada por ser quem tu é e por ter chegado na minha vida no começo desta etapa de mestrado. Embora entre *Bryde* e Minhoca haja uma grande diferença (q não é só de tamanho), também há algumas semelhanças, que me fazem gostar muito de ti. Você foi muito importante neste trabalho; e não só porque me fez imaginar *Brydes* em Búzios, senão por muito mais. Agradeço tua amizade nesta etapa tão importante.

Também quero agradecer a minha amiga do coração, **Paulinha**. Eu não conhecia ninguém e ela, com toda a sua simpatia, quando eu me auto convidei pra um Show de Seu Jorge, ela me levou, me acolheu, me apresentou pessoas, me mostrou lugares, me fez defende-la desde o primeiro dia!. Você estive sempre aí para me apoiar. Obrigada pelos peixes com as malditas azeitonas, obrigada por me aturar, obrigada por me convidar para um aniversário tão “particular”, adorei conhecer Teresópolis jaja.. Sabes que te agradeço por ter sido parte de tudo isto, tu foi uma parte importantíssima para a realização neste trabalho.

Ao **Biel, ao Vil e ao Igor**, porque vocês foram os melhores irmãos que tive. Quem diria que iria conviver com três homensahaha. A convivência com vocês foi uma das melhores coisas que eu já passei. Agradeço-lhes por tudo, sem vocês esta experiência com certeza não tivesse sido, nem um pouco, tão linda como foi e é. **Igor**, tu foi breve no Beco dos Mulambos, mas és o mineiro que nunca esquecerei, não só porque cozinhavas pra mim, senão porque o teu jeito “bão” de ser me fez muito bem. Obrigada por ter me acompanhado do Barreto até o Pecado, por ter me derrubado da moto tantas vezes, por ter me levado ao Arquipélago de Santana pra tua coleta, por ter me cobrado abrindo milhões de mexilhões, por Tabuleiros, e por tantas coisas mais; obrigada por ter sido um amigão desde o começo do mestrado. Saiba que foi realmente importante nesta etapa de trabalho. E ao **Biel e o Vil**, os meus irmãos surfers, obrigada por serem meus companheiros de casa até hoje, porque com vocês aprendi muita coisa da convivência, porque vocês me entenderam e me acompanharam em todo este processo, porque vocês me apresentaram e me incluíram no grupo de vocês, tão legal. Porque com vocês passei muita coisa que não se descreve nem se

escreve, mas que foram fundamentais para o desenvolvimento deste mestrado. Vocês foram o mais do mais, foram minha família em Macaé. Mil vezes obrigada.

Também quero agradecer a um certo Capitão **Felipe** que, como certos capitães que conheço, chegou em Macaé para colocar tudo de pernas pro ar. Obrigada por ser esse elo fundamental entre várias coisas, entre outras, o Biel e eu, a vela e eu. Porque eu não sei como seria se não tivesses aparecido, mas da forma que tudo foi, foi muito bom. Agradeço ter tido um vizinho tão assim como você, e vai demorar até encontrar outro com um veleiro. Obrigada por tudo, entre outras coisas, pelas viagens (principalmente pelas viagens!), pelos mates e as ervas (tbm principalmente pelas ervas e os mates!), pelas bombas, pelas velejadas, pelas cervejas, pelo aguento, pelo Juvenal, pelos “salsichas”, pelos “asados” de domingo; e gostaria de continuar a lista, mas é extensa. Tu foste fundamental para a realização deste trabalho, e não precisamente pela parte teórica do mesmo. Bem pelo contrario. Simplesmente, eternamente agradecida por aquilo que não podes ver.

No final quero agradecer a minha família...

A minha mãe, Mariana, a meu pai, Alberto, aos meus irmãos e irmãs, Guille, Sole, Ale, Enano. A minha segunda mãe, minha avó, Lela. Aos meus tios e tias, primos e primas. Às minhas amigas e amigos. A todos aqueles que me querem bem. Por terem me dado tudo o apoio, por terem aceitado minhas escolhas sem questionar, e ainda hoje continuam aceitando minhas loucuras; por terem me acompanhado neste processo, por confiarem em mim embora não entendam muito bem o que eu faço. Por me esperar com ânsias a cada volta, por fazer de meus dias em Santa Fe uma correria de visitas e “peñas” para nós ver e recuperar o tempo que estou longe. Agradeço-lhes por estarem sempre aí para me ajudar até no mais tonto, sem ter muitas retribuições. Saibam que isto não poderia ter chegado ao final se não fosse por vocês. São o mais importante na minha vida. Los amo, Gracias!

CONTEÚDO

FICHA CATALOGRAFICA.....	iv
AGRADECIMENTOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABELAS	xvi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OLIGOCHAETA AQUÁTICOS – Generalidades do grupo.....	1
1.2 OLIGOCHAETA AQUÁTICOS COMO INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL.....	3
1.3 DIVERSIDADE DE OLIGOCHAETA AQUÁTICOS NO BRASIL E NA REGIÃO AMAZÔNICA	5
2 OBJETIVOS.....	7
2.1 OBJETIVO GERAL	7
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3 METODOLOGIA	8
3.1 ÁREA DE ESTUDO: REGIÃO AMAZÔNICA	8
3.2 ÁREA DE ESTUDO: Floresta Nacional Saracá-Taquera (FLONA).....	9
3.3 AMOSTRAGEM DAS VARIÁVEIS BIÓTICAS, ABIÓTICAS E ESTRUTURAIS DOS IGARAPÉS.	9
3.3.1 Variáveis abióticas da coluna d'água e estruturais do ambiente	11
4 pHmetro portátil QUIMIS (Mod.Q400MT) calibrado com tampões 4 e 7.....	11
4.2.1 Amostragem das variáveis bióticas	11
4.2.2 Identificação taxonômica dos Oligochaeta aquáticos.....	13
4.3 ANÁLISE DE DADOS	13
4.3.1 Análise da abundância, riqueza e diversidade de Oligochaeta em igarapés amazônicos da Floresta Nacional Saracá-Taquera (Oriximiná – PA).....	13

4.3.2	Análise descritiva das variáveis ambientais dos trechos de igarapés amostrados	14
4.3.3	Relação entre a assembleia de oligquetas e as características abióticas dos ambientes e o tipo de micro-habitat.	15
4.3.4	Assembleia de Oligochaeta em igarapés com diferentes graus de impacto antrópico.	16
5	RESULTADOS	18
5.2	ANÁLISE DA ABUNDÂNCIA, RIQUEZA E DIVERSIDADE DE OLIGOCHAETA AQUÁTICOS EM IGARAPÉS AMAZÔNICOS DA FLORESTA SARACÁ-TAQUERA (ORIXIMINÁ – PA).....	18
5.3	ANÁLISE DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS DOS TRECHOS AMOSTRADOS	25
5.4	RELAÇÃO ENTRE A ASSEMBLEIA DE OLIGOCHAETA AQUÁTICOS, AS CARACTERÍSTICAS ABIÓTICAS DOS AMBIENTES E OS MICRO-HABITAT.	32
5.4.1	Em relação às características abióticas dos trechos.....	32
5.4.2	Em relação ao micro-habitat	33
5.5	ASSEMBLEIA DE OLIGOCHAETA AQUÁTICOS EM IGARAPÉS COM DIFERENTES GRAUS DE IMPACTO ANTRÓPICO	36
6	DISCUSSÃO.....	41
6.1	REVISÃO DE OLIGQUETAS AQUÁTICOS IDENTIFICADOS NOS IGARAPÉS DA BACIA DO RIO TROMBETAS (ORIXIMINÁ – PA).....	41
6.1.1	FAMÍLIA ALLUROIDIDAE	41
6.1.2	FAMÍLIA GLOSSOSCOLECIDAE	42
6.1.3	FAMILIA ENCHYTRAEIDAE.....	43
6.1.4	FAMILIA HAPLOTAXIDAE	44
6.1.5	FAMILIA LUMBRICULIDAE	44

6.1.6	FAMILIA NAIDIDAE (Subfamília Naidinae)	46
6.1.7	FAMILIA NAIDIDAE (Subfamília Tubificinae)	47
6.2	DISTRIBUIÇÃO DE OLIGOCHAETA AQUÁTICOS NA BACIA DO RIO TROMBETAS (ORIXIMINÁ-PA).....	49
6.3	DISTRIBUIÇÃO DOS OLIGOCHAETA AQUÁTICOS EM FUNÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ABIOTICAS DOS IGARAPÉS DA BACIA DO RIO TROMBETAS	51
6.4	DISTRIBUIÇÃO DOS OLIGOCHAETA EM RELAÇÃO AOS SUBSTRATOS AMOSTRADOS NOS IGARAPÉS DA BACIA DO RIO TROMBETAS	52
6.5	COMPARAÇÃO DA ASSEMBLEIA DE OLIGOCHAETA ENTRE IGARAPÉS COM DIFERENTES GRAUS DE IMPACTO ANTROPICO.....	55
7	CONCLUSÃO.....	60
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
9	REFERÊNCIAS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Área de estudo: Região de Porto Trombetas, Oriximiná (PA) e as cinco microbacias amostradas. (I) Jamarí, (II) Urupuanã, (III) Araticum, (IV) Saracá e (V) Moura (Fonte; Souza-Reis, V.C. 2011).....	10
Figura 2 - A: coleta em campo dos macroinvertebrados; B: Sacos plásticos com o material coletado é levado para o laboratório para posterior lavagem em peneiras; C: lavagem das amostras em peneiras de 1mm e 0,5 mm; D: Triagem dos macroinvertebrados por contraste.	12
Figura 3 - Abundância absoluta de Oligochaeta aquáticos em cada um dos períodos amostrados (Chuva – Estiagem) durante os anos 2009 até 2011 na região de Porto Trombetas (Oriximiná-PA).	19
Figura 4 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos trechos de igarapés amostrados no período de estiagem e de chuvas durante as temporadas 2009, 2010 e 2011, respeito das variáveis ambientais amostradas.	31
Figura 5 - Análise de Correspondência Canônica entre as características ambientais dos trechos e a abundância de Oligochaeta achados nos mesmos. A - ordenação dos trechos respeito das variáveis ambientais relevantes; B - espécies registradas respeito das variáveis ambientais relevantes.	32
Figura 6 - Diversidade de Shannon (H'), equitabilidade (J) e Riqueza (S) de cada micro-habitat amostrados. Micro-habitat: Areia (AR), Areia+Folhço (AR+FOL), Cascalho (CAS), Macrófita (MC), Areia+MOP (AR+MOP), e Raízes+Folhço (RA+FOL).	34
Figura 7 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos micro-habitats amostrados e a abundância das espécies registradas. Espécies: Tsp1 - Tubificinae sp1; Tsp2 - Tubificinae sp2; Ap - Aulodrilus pigueti; Nc - Nais communis; Bu - Bratislavia unidentata; Hsp - <i>Haplotaxis</i> sp.; Esp - Enchytraeidae sp.; Ba - <i>Brinkhurstia americana</i> ; Ph – <i>Phagodrilus</i> sp.; Gsp - Glossoscolecidae sp. Micro-habitat: Areia (AR), Areia+Folhço (AR+FOL), Cascalho (CAS), Macrófita (MC), Areia+MOP (AR+MOP), e Raízes+Folhço (RA+FOL).	35

Figura 8 - Análise de Componentes Principais dos trechos respeito dos valores das variáveis ambientais de cada um deles. Foram considerados os eixos um e dois. Variáveis abióticas e estruturais dos trechos de igarapés amostrados em cada período (chuva e estiagem) durante cada ano de amostragem (2011). Variáveis ambientais: PR- Profundidade (m), TEMP- Temperatura da água (°C), COND – Condutividade (µs/cm), TU – Turbidez (NTU), O2 (mg/L). ▲- Variáveis; ○ – Trechos. CREC – Chuva/Recuperação; CRE- Chuva/Referência; CINT – Chuva/Integração. EREC – Estiagem/Recuperação, ERE – Estiagem/Referência, EINT – Estiagem/Integração. 38

Figura 9 - Análise de Correspondencia Canónica dos trechos amostrados referentes aos valores das variáveis ambientais relevantes e a abundância das espécies registradas em cada um deles. Espécies: Tsp1 - Tubificinae sp1; Tsp2 - Tubificinae sp2; Ap - *Aulodrilus pigueti*; Nc - *Nais communis*; Bu - *Bratislavia unidentata*; Hsp - *Haplotaxis* sp.; Esp - *Enchytraeidae* sp.; Ba - *Brinkhurstia americana*; Ph – *Phagodrilus* sp.; Gsp - *Glossoscolecidae* sp. 40

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis abióticas da coluna da água que foram amostradas em cada ponto de coleta, o método utilizado para mesurar cada uma destas, e o local onde foi realizada a medição. NOTA: L - Laboratório; C - Campo. 11

Tabela 2 - Ocorrência de Oligochaeta aquáticos em cada uma das temporadas amostradas (Chuva e Estiagem) entre os anos 2009 e 2011 na região de Porto Trombetas (Oriximiná – PA). NOTA: (X) Presença / (-) Ausência. 18

Tabela 3 - Ocorrência de Oligochaeta aquáticos em cada uma da microbacias amostradas (Araticum, Jamarí, Moura, Saracá e Urupuanã) entre os anos 2009 e 2011 na região de Porto Trombetas (Oriximiná - PA). 22

Tabela 4 – Valores médios, máximos, mínimos e desvio padrão das variáveis abióticas e estruturais dos trechos de igarapés amostrados em cada período (chuva e estiagem) durante cada ano de amostragem (2009, 2010, 2011). LC – Largura do canal (m), PR- Profundidade (m), TEMP- Temperatura da água (°C), COND – Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$), TU – Turbidez (NTU), O₂ (mg/L). As variáveis que apresentaram diferença significativa entre os diferentes períodos (chuva e estiagem) serão identificadas com um (*), com um nível de confiança de 5%. 25

Tabela 5 - Coeficiente de Spearman entre as variáveis utilizadas na análise exploratório ACP (Análise de Coordenadas Principais) para avaliar as possíveis correlações entre todas as variáveis e assim retirar as que estiverem correlacionadas nas análises sucessivas. LC – Largura do canal (m), PR- Profundidade (m), TEMP- Temperatura da água (°C), COND – Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$), TU – Turbidez (NTU), O₂ (mg/L). 30

Tabela 6 - Lista dos taxas de Oligochaeta aquáticos coletados nos três anos de amostragem (2009, 2010 e 2011) nos períodos chuvoso e de estiagem, nos micro-habitat Areia (AR), Areia+Folhíço (AR+FOL), Cascalho (CAS), Macrófita (MC), Areia+MOP (AR+MOP), e Raízes+Folhíço (RA+FOL) nos trechos dos igarapés amostrados na FLONA Saracá-Taquera (Estado do Pará, BR)(+Presença, e – Ausência). Espécies: Tsp1 - Tubificinae sp1; Tsp2 - Tubificinae sp2; Ap - *Aulodrilus pigueti*; Nc - *Nais communis*; Bu -

Bratislavia unidentata; Hsp - *Haplotaxis* sp.; Esp - Enchytraeidae sp.; Ba - *Brinkhurstia americana*; Ph – *Phagodrilus* sp.; Gsp - Glossoscolecidae sp. 33

Tabela 7 - Análise de Similaridade, one-way (ANOSIM) entre os micro-habitat e a abundância da assembleia de Oligochaeta aquáticos encontrada em cada um deles. Micro-habitat: Areia (AR), Areia+Folhíço (AR+FOL), Cascalho (CAS), Macrófita (MC), Areia+MOP (AR+MOP), e Raízes+Folhíço (RA+FOL). (*) indica diferença significativa ($p < 0,05$)..... 35

Tabela 8 – Valores médios, máximos e mínimos das variáveis abióticas e estruturais dos grupos de igarapés amostrados em cada período (chuva e estiagem) durante a temporada de 2011. LC – Largura do canal (m), PR- Profundidade (m), TEMP- Temperatura da água (°C), COND – Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$), TU – Turbidez (NTU), O2 (mg/L). 36

Tabla 9 – assembleia de Oligochaeta aquáticos registrada em cada um dos trechos amostrados de cada grupo de igarapés. Diversidade de Shannon (S), Equitabilidade (J), Riqueza (S) e as espécies: Tsp1 - Tubificinae sp1; Tsp2 - Tubificinae sp2; Ap - *Aulodrilus pigueti*; Nc - *Nais communis*; Bu - *Bratislavia unidentata*; Hsp - *Haplotaxis* sp.; Esp - Enchytraeidae sp.; Ba - *Brinkhurstia americana*; Ph – *Phagodrilus* sp.; Gsp - Glossoscolecidae sp. 39

RESUMO

OLIGOCHAETA EM RIACHOS (Igarapés) DA FLORESTA NACIONAL SARACÁ-TAQUERA (PA): Abundância, Riqueza, Diversidade e potencial como indicador de impacto antrópico.

Nome do Autor

Maria Silvina Bevilacqua

Orientador

Francisco de Assis Esteves

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Conservação, Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Socio-Ambiental de Macaé, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Conservação.

Os Oligochaeta possuem um papel relevante em diversas funções ecológicas e sanitárias, com possível repercussão na saúde humana. Este grupo possui importância nas cadeias alimentares aquáticas, e participam na estruturação do sedimento e no intercâmbio de nutrientes na fase água-sedimento, cumprindo um papel indispensável na ciclagem de nutrientes. Além disso, há um grande histórico no uso deste grupo na avaliação e monitoramento da poluição. Muitas espécies de macroinvertebrados têm desenvolvido diferentes estratégias de adaptação que estão extremamente associadas com as condições do ambiente no qual se encontram. Assim, o objetivo geral deste trabalho foi analisar a composição da assembleia de Oligochaeta em igarapés amazônicos localizados na Floresta Nacional Saracá-Taquera, município de Oriximiná (PA), durante os anos 2009 até 2011. Os Oligochaeta foram coletados em igarapés amazônicos da região da bacia do Rio Trombetas. As métricas ecológicas da comunidade de Oligochaeta foram comparadas mediante métodos paramétricos e não paramétricos de análise de variância (Anova, Kruskal-Wallis Anova) e para avaliar as relações entre as comunidades e as variáveis abióticas medidas foram utilizados métodos multivariados. Não houve diferenças significativas dos valores

das variáveis abióticas entre os períodos nem entre os anos. Foram coletados 780 Oligochaeta classificados em dez taxa. As famílias registradas foram: Naididae, Enchytraeidae, Haplotaxidae, Lumbriculidae, Alluroideidae e Glossoscolecidae. O táxon que apresentou a maior abundância relativa foi a família Enchytraeidae, sendo seguido pela espécie *Brinkhurstia americana* e a morfoespécie um da subfamília Tubificinae. Não houve diferença significativa da riqueza e diversidade entre os períodos de chuva e estiagem. Todas as microbacias apresentaram diversidade baixa e não apresentaram uma diferença significativa em relação à diversidade, devido ao baixo número de espécies e a baixa abundância geral de Oligochaeta coletados. No entanto, a microbacia do igarapé Saracá foi a que apresentou o maior valor de diversidade. As microbacias dos igarapés Saracá, Urupuanã e Araticum são as mais semelhantes em relação à assembleia de Oligochaeta, sendo as microbacias dos igarapés Moura e Jamarí as que se diferenciam acentuadamente. Em geral, os igarapés foram homogêneos em relação às suas características abióticas, sendo separados principalmente por suas características físicas, como a profundidade e a largura do canal. A respeito à preferência pelo substrato, os Oligochaeta identificados mostraram uma concordância com a bibliografia em relação ao substrato no qual foram coletados, mas a diferença na assembleia de Oligochaeta aquáticos entre os substratos não foi significativa. O substrato areia+folhiço apresentou a maior diversidade e riqueza de todos os substratos amostrados. Conclui-se que na bacia do rio Trombetas existe uma baixa abundância, riqueza e diversidade de Oligochaeta. Os igarapés da bacia do rio Trombetas apresentam homogeneidade em relação às suas variáveis abióticas no tempo, sem variação significativa entre os períodos de estiagem e chuva, sendo que os igarapés de 1^a a 3^a são os mais semelhantes entre si, diferindo acentuadamente dos igarapés de 4^a e 5^a ordem. A principal diferença entre estes igarapés encontra-se nos valores de profundidade, largura do canal e vazão. Foi possível observar que não existe uma relação marcante entre as características abióticas dos igarapés e a assembleia de Oligochaeta aquáticas presente nos mesmos, mas existiria uma preferência pelo substrato. Além disso, os igarapés com diferentes graus de impacto apresentaram características abióticas diferentes, e a assembleia de Oligochaeta variou significativamente entre estes. Houve uma diferença marcante entre a fauna de Oligochaeta aquáticos registrados nos grupos de igarapés de referência, integração e em

recuperação. Sendo os igarapés em recuperação menos diversos e com menor abundância e os de referência os mais diversos e com maior abundância de Oligochaeta aquáticos.

Palavras-chave: Amazônia Central – Oligochaeta – Igarapé - Substrato

RESUMEN

OLIGOQUETOS EN ARROYOS (Igarapés) DE LA FLORESTA NACIONAL SARACÁ-TAQUERA (PA): Abundancia, Riqueza, Diversidad e potencial como indicador de impacto antrópico.

Nome do Autor

Maria Silvina Bevilacqua

Orientador

Francisco de Assis Esteves

Resumen da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Conservação, Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Socio-Ambiental de Macaé, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Conservação.

Los oligoquetos tienen un papel relevante en diversas funciones ecológicas y sanitarias, con posible repercusión en la salud humana. Este grupo posee importancia en las cadenas alimentares acuáticas, y participan en la estructuración del sedimento y en el intercambio de nutrientes en la fase agua-sedimento, cumpliendo un papel indispensable en el ciclo de nutrientes. Además, hay un gran histórico en el uso de este grupo para la evaluación y monitoreo de la contaminación. Muchas especies de macroinvertebrados han desarrollado diferentes estrategias de adaptación que están extremadamente asociadas con las condiciones del ambiente en el cual se encuentran. Así, el objetivo general de este trabajo fue analizar la composición de la asamblea de Oligochaeta en igarapés amazónicos localizados en la Selva Nacional Saracá-Taquera, municipio de Oriximiná (PA), durante los años 2009 a 2011. Los oligoquetos fueron colectados en igarapés amazónicos de la región de la bacía del río Trombetas. Las métricas ecológicas de la comunidad de oligoquetos fueron comparadas mediante métodos paramétricos e no paramétricos de análisis de variancia (Anova, Kruskal-Wallis Anova) y para evaluar las relaciones entre las comunidades y las variables abióticas medidas fueron utilizados métodos multivariados. No hubo diferencia

significativa de los valores de las variables abióticas entre los periodos ni entre los años. Fueron colectados 780 oligoquetos clasificados en diez taxa. Las familias registradas fueron: Naididae, Enchytraeidae, Haplotaxidae, Lumbriculidae, Alluroididae e Glossoscolecidae. El taxón que presento la mayor abundancia relativa fue la familia Enchytraeidae, siendo seguido por la especie *Brinkhurstia americana* y la morfoespecie 1 da subfamilia Tubificinae. No hubo diferencia de la riqueza y diversidad entre los periodos de lluvia y seca. Todas las microbacias presentaron baja diversidad, debido la baja riqueza y abundancia general de los oligoquetos colectados. Sin embargo, las microbacias de los igarapés Saracá presentó la mayor diversidad. Las microbacias no presentaron una diferencia significativa en relación a la diversidad. En relación a la asamblea de oligoquetos, las microbacias de los igarapés Saracá, Urupuanã y Araticum son las más semejantes, siendo las microbacias dos igarapés Moura y Jamarí las que se diferencian acentuadamente. En general, los igarapés fueron homogéneos en relación a sus características abióticas, siendo separados principalmente por sus características físicas, como la profundidad y ancho de canal. Respecto al substrato, los oligoquetos identificados mostraron una cierta preferencia, pero la diferencia de la asamblea entre los mismos no fue significativa. El substrato de arena+hojas presentó la mayor diversidad y riqueza de todos los substratos muestreados. Los igarapés con diferentes grados de impacto antrópico presentaron características abióticas significativamente diferente, y la asamblea de Oligochaeta varió significativamente entre los mismos. En conclusión, la bacía del rio Trombeta_fue registrada una baja abundancia, riqueza y diversidad de Oligochaeta acuáticos. Los igarapés de la bacía del rio Trombetas presentaron homogeneidad en relación a sus variables abióticas en el tiempo, sin variación significativa entre los periodos de lluvia y seca, siendo que los igarapés de 1ra y 3ra orden son los más semejantes entre sí, difiriendo acentuadamente de los igarapés de 4ta y 5ta orden. La principal diferencia entre estos igarapés se encuentra en los valores de profundidad, ancho del canal y el caudal. Fue posible observar que no hay una relación marcada entre las características abióticas de los igarapés y la asamblea de oligoquetos asociada a los mismos, pero habría una cierta preferencia por el substrato. Además, fue observada una diferencia marcada entre la fauna de Oligochaeta_acuáticos registrados nos igarapés de referencia, integración y recuperación,

siendo los igarapés en recuperación los menos diversos y con menor abundancia, y los de referencia los más diversos y con mayor abundancia de oligoquetos acuáticos.

Palabras claves: Amazônia Central – Oligochaeta – Igarapé – Substrato

1 INTRODUÇÃO

1.1 OLIGOCHAETA AQUÁTICOS – Generalidades do grupo

O filo Annelida compreende as Classes Clitellata e Aclitellata. Os Clitellata são vermes segmentados, hermafroditas, de desenvolvimento direto e que são encontrados amplamente na maioria dos ambientes terrestres e aquáticos. Este grupo dos Clitellata está dividido em três grandes subclasses; Oligochaeta (minhocas), Branchiobellide (ectoparasitas de crustáceos de água doce), e os Hirudinea (sanguessugas) (Brusca e Brusca 2003).

Os Oligochaeta são indivíduos moles com o corpo alongado e apêndices, em escassa quantidade, denominados “cerdas”. Os indivíduos deste grupo são divididos em dois grandes subgrupos em relação ao seu tamanho e sua preferência de hábitat; por um lado os Microdrili, geralmente pequenos e associados à água, e por outro os Megadrili, geralmente indivíduos de maior tamanho e associados ao solo.

Os Oligochaeta possuem um papel relevante em diversas funções ecológicas e possuem um importante papel sanitário, com potencial repercussão na saúde humana. Este grupo possui importância nas cadeias alimentares aquáticas, sendo uma importante fonte de alimento para platelmintos, turbelários, quironomídeos, crustáceos, peixes e aves (Ezcurra de Drago *et al*, 2007), além de participar na estruturação do sedimento e no intercâmbio de nutrientes na fase água-sedimento, e cumprindo um papel indispensável na ciclagem de nutrientes. Através de processos como, por exemplo, a bioturbação, estes organismos são importantes no estudo do movimento e transporte de poluentes tóxicos nos ecossistemas aquáticos, como assim também na areação do sedimento, e o transporte de matéria orgânica e gases estocados em camadas mais profundas do sedimento (Golterman *et al.*, 1983).

Além disso, há um grande histórico no uso deste grupo na avaliação e monitoramento de poluição e algumas espécies do grupo são de importância sanitária tanto para algumas populações da fauna selvagem assim como também para o ser humano, já que algumas espécies são hospedeiros intermediários de parasitos de peixes, alguns deles com importância econômica.

A maioria das espécies de Oligochaeta aquáticos se alimenta de detritos, ingerindo junto diferentes bactérias (Brinkhurst e Jamieson, 1971), mas outras espécies, principalmente da família Naididae, caracterizam-se por ingerir também algas perifíticas, principalmente clorofíceas. Além disso, alguns grupos são carnívoros na forma de parasitas, comensais e/ou predadores.

Sabe-se de forma geral que os macroinvertebrados, entre estes os Oligochaeta, se distribuem em parches sobre o leito de riachos, fato amplamente conhecido atualmente. Muitas espécies de macroinvertebrados têm desenvolvido diferentes estratégias de adaptação, tanto fisiológicas como morfológicas, que estão extremamente associadas com as condições do ambiente no qual se encontram (Pardo e Armitage, 1997). Há espécies que são capazes de colonizar pedras do fundo, onde se encontram expostas à forte correnteza e se alimentam principalmente de biofilme. Outras espécies ocultam-se no substrato de areia e lama, o que faz necessária a tolerância por parte das mesmas às baixas concentrações de oxigênio, como assim também há espécies que precisam de fontes de alimento especiais, como folhas ou madeira, restringindo as mesmas a lugares com acúmulo de matéria orgânica fina e folhas, ou uma combinação de substratos minerais e orgânicos. Por tanto, enquanto há espécies que habitam uma ampla gama de ambientes, outras são muito mais específicas, ocorrendo em locais que atendem especificamente as suas necessidades ecológicas.

Quanto à preferência de habitat dos Oligochaeta existe opiniões contrárias. Segundo os autores Nijboer *et al.* (2004), os Oligochaeta possuem preferência por habitat específicos dependendo de uma complexa interação entre diferentes variáveis hidrológicas, químicas da água e características do substrato, o que faz com que os Oligochaeta formem diferentes tipos de assembleia de espécies dependendo das características do ambiente que se encontram e os recursos que o mesmo oferece. Contudo, outros autores como Prenda e Gallardo (1992) ou Schenkova e Helesic (2006) afirmam que as espécies de Oligochaeta não apresentam preferências de hábitat, senão que estas mostram uma ampla tolerância ecológica. Isto motiva à realização de pesquisas que permitam esclarecer tais ideias, já que

conhecer e entender a diversidade e distribuição da fauna de Oligochaeta aquáticos, como assim também quais as variáveis que os estruturam nos diferentes tipos de ambiente, é uma ferramenta de grande importância no monitoramento de corpos de água.

1.2 OLIGOCHAETA AQUÁTICOS COMO INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL

Segundo Agostinho *et al.* (2005), a riqueza de espécies nos ecossistemas aquáticos continentais brasileiros é pouco precisa e difícil de ser estimada devido a muitos fatores, dentre eles o número de bacias hidrográficas jamais inventariadas; a insuficiência no número de pesquisadores e infraestrutura necessária para amostragens, o reduzido número de inventários efetuados e a necessidade de revisão taxonômica para vários grupos. Além disso, estudos feitos no Brasil recompilados pelo autor, indicam que as águas continentais brasileiras apresentam um enorme significado global para diferentes filos. Contudo, o autor enfatiza que a maioria dos estudos feitos nestes ecossistemas foca em organismos de maior porte como, por exemplo, os peixes, reclamando assim pela urgência de trabalhos de levantamento da biodiversidade aquática de todo tipo, para um melhor entendimento da diversidade e distribuição geográfica das espécies destes ecossistemas no Brasil.

Por outro lado, os estudos de avaliação e monitoramento de ecossistemas aquáticos utilizam, comumente, a análise química da água como parâmetro de qualidade ambiental. Entretanto, estas análises permitem apenas avaliar a quantidade de substâncias e a qualidade do sistema em relação a certos contaminantes pontuais, mas não mostra quais os efeitos desta contaminação sobre populações ou comunidades que se encontram expostas a estas condições estressantes. Porém, métodos biológicos podem substituir e/ou complementar as variáveis físicas e químicas da água (Resh e Jackson, 1993).

Existem vários indicadores biológicos (no nível de espécies, grupo de espécies ou comunidades biológicas) cuja presença, abundância e distribuição, indicam a magnitude dos impactos ambientais em um ecossistema aquático e sua bacia de drenagem. Dentre estes grupos indicadores podemos citar as algas e os peixes, mas os mais comumente

utilizados são os macroinvertebrados bentônicos (Resh e Jackson, 1993; Baptista *et al.* 2008). As características que fazem dos macroinvertebrados bons indicadores da qualidade ambiental são: possuir uma ampla distribuição em diferentes tipos de ambientes; grande riqueza de espécies com variadas respostas aos gradientes ambientais; serem na sua maioria sedentários (mais permanentes no ambiente, o que permite a análise espacial da poluição); e podem ser amostrados de forma simples e de baixo custo (Bonada *et al.* 2006). Por tanto, a permanência relativamente estável dos macroinvertebrados no tempo e no espaço, faz deste grupo uma importante ferramenta para a avaliação da qualidade do ambiente, já que reflete as mudanças que o ecossistema tem atravessado.

Os Oligochaeta fazem parte da comunidade dos macroinvertebrados bentônicos. De forma geral, estes possuem uma ampla distribuição ao redor do globo, e habitam distintos tipos de sistemas, desde solos úmidos até ambientes aquáticos continentais e marinhos. Além disso, estes organismos têm sido amplamente utilizados como indicadores de qualidade biológica dos sedimentos (Rodrigues e Reynoldson. 2011).

Por tanto, os Oligochaeta são considerados indicadores biológicos de importante valor para o diagnóstico das condições ambientais, já que os indivíduos deste grupo possuem todo o seu ciclo de vida no mesmo habitat e, devido a sua pouca mobilidade, podem se considerar sentinelas nos ambientes onde vivem (Traunspurger e Drews, 1996; Pavé, 2005). Muitas vezes, os organismos aquáticos deste grupo são os únicos organismos registrados em lagos e rios contaminados, fazendo parte de diferentes tipos de comunidades como o bêtos, o plêuston e o perifiton. Também se encontram associados a substratos como areia, cascalho, folhas e galhos em decomposição, macrófitas, dentre outros, os quais estruturam de diferente forma os habitat aquáticos.

Além disso, algumas espécies de Oligochaeta conseguem sobreviver em lugares com pouca concentração de oxigênio, podendo ser comumente observados em ambientes organicamente poluídos (Mandaville, 2000). As espécies dos gêneros *Tubifex* e *Limnodrillus*, são um bom exemplo disto, já que as mesmas são geralmente abundantes em

ambientes eutrofizados ou com grande aporte de matéria orgânica, onde a fonte de alimento é abundante e os competidores e predadores são reduzidos (Rodriguez e Reynoldson, 1977).

1.3 DIVERSIDADE DE OLIGOCHAETA AQUÁTICOS NO BRASIL E NA REGIÃO AMAZÔNICA

Atualmente são reconhecidas aproximadamente 1700 espécies válidas de Oligochaeta aquáticos (Erséus, 2005), sendo 100 destas são encontradas exclusivamente em águas subterrâneas (Martins, 2008). O grupo com maior número de espécies é a família Naididae, que inclui aproximadamente 1000 espécies, das quais 582 pertencem a sistemas de água doce.

Do total de espécies de Oligochaeta aquáticos conhecidas, 178 (pertencentes a 62 gêneros) foram registradas para a região Neotropical até o ano 2008, das quais 51% são endêmicas desta região. Segundo os dados publicados por Agostinho *et al.* (2005), a riqueza de Oligochaeta aquáticos no Brasil é de 70 espécies, contudo, só tem sido feito levantamentos exclusivos deste grupo em poucas partes do país, principalmente na região do estado de São Paulo, Minas Gerais e Paraná, além de alguns estudos feitos na região do estado de Mato Grosso do Sul e poucos no sul do Brasil (Santa Catarina e Rio Grande do Sul) (Lucca, 2010; Behrend, 2009; Alves, 2008; Martins, 2008; Gorni, 2008; Michiyo Takeda, 2000). No geral, os Oligochaeta aquáticos têm sido pouco estudados no território brasileiro, e estas pesquisas tiveram seu enfoque em levantamento de espécies e ecologia deste grupo em ambientes lênticos e lóticos, como lagos e lagoas, e grandes rios do Brasil, sendo os córregos os sistemas menos estudados. O fato de o Brasil ser o país com maior território da região Neotropical e possuir dentro do seu território a maior, e a mais extensa, bacia hidrográfica do mundo, como assim também uma das menos estudadas, revela a necessidade de um aprofundamento sobre a diversidade de Oligochaeta nos córregos (“igarapés”) da região Amazônica.

Na maioria das pesquisas realizadas com macroinvertebrados da região amazônica no território brasileiro, os Oligochaeta aquáticos têm sido identificados, no máximo, até o nível de sub-classe ou família; alguns exemplos disso são as pesquisas realizadas por Lopes (2011), Couceiro *et al.* (2009); Fidelis (2006), e Walker *et al.* (2004). A limitação na identificação pode ser causada pela dificuldade na sua taxonomia, ou até pelo pouco conhecimento de sua importância em ecossistemas aquáticos, sendo muitas vezes desconsiderados dentro da comunidade dos macroinvertebrados, embora os pesquisadores Rodrigues e Reynoldson (2011), enfatizem que é indispensável considerar o grupo Oligochaeta nos estudos de monitoramento e avaliação dos ambientes aquáticos, em conjunto com os demais grupos de macroinvertebrados bentônicos para uma boa avaliação das condições do ambiente.

Segundo o último catálogo de Oligochaeta aquáticos da América do Sul, realizado por Christoffensen (2007), a riqueza de Oligochaeta aquáticos na região da Amazônia Central até então descritos é, aproximadamente, de 29 espécies, das aproximadamente 70 espécies registradas para o Brasil. A maioria destas espécies foi registrada em rios e lagos amazônicos próximos à região de Porto Trombetas, município de Oriximiná (PA), como, por exemplo: o Rio Trombetas, o Rio Cuminá, a Lagoa Salgada, Lago Curuai, e em outros grandes rios, como o Rio Tapajós, o Rio Solimões e o Rio Madeira, mas não foi registrada nenhuma pesquisa realizada exclusivamente em igarapés da Amazônia central.

Entender como as diferentes comunidades se distribuem nos diferentes ambientes aquáticos é uma ferramenta de absoluta importância para um melhor monitoramento e avaliação dos ecossistemas ante diferentes tipos de distúrbio ambiental, seja natural ou antrópico. Por tanto, devido ao escasso conhecimento da fauna de Oligochaeta e a sua distribuição em igarapés amazônicos, se formularam os objetivos da presente pesquisa.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a composição da assembleia de Oligochaeta em igarapés amazônicos localizados na Floresta Nacional Saracá-Taquera, município de Oriximiná (PA), durante os anos 2009, 2010 e 2011.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Determinar riqueza, abundância e diversidade de Oligochaeta em igarapés amazônicos da Floresta Nacional Saracá –Taquera, município de Oriximiná, Estado do Pará; durante os períodos de chuva e estiagem dos anos 2009, 2010 e 2011.
- II. Avaliar a relação entre as assembleias de Oligochaeta registradas nos igarapés da bacia do rio Trombetas e as variáveis abióticas dos trechos amostrados.
- III. Avaliar a preferência por diferentes tipos de substrato dos Oligochaeta registrados nos igarapés da bacia do rio Trombetas.
- IV. Comparar a assembleia de Oligochaeta aquáticos em igarapés de referência, igarapés em recuperação e igarapés de integração.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO: REGIÃO AMAZÔNICA

O sistema fluvial mais extenso e de maior massa líquida da Terra, a bacia do rio Amazonas, localiza-se, na região tropical, incluindo parte do território brasileiro. Encontra-se delimitada ao norte pelo maciço das Guianas, ao sul pelo maciço do Brasil Central e a oeste pela Cordilheira dos Andes,. Esta região é coberta pela maior floresta pluvial tropical do mundo, e a bacia do seu rio principal drena mais de sete milhões de km² de terras que recebem precipitações médias de aproximadamente 2500 mm por ano (Sioli, 1985). O regime de chuvas na região é abundante, porém não está uniformemente distribuído no espaço e nem no tempo. Contudo, podem-se diferenciar dois períodos: um período chuvoso e um de estiagem.

Estes grandes rios da região amazônica recebem a água de uma densa rede de pequenos riachos conhecidos localmente com o nome de “igarapés” (que significa “caminho de canoa”), de extrema importância para a floresta tropical, pois geram uma grande heterogeneidade estrutural (Lima e Gascon, 1999). Além disso, são ambientes que sustentam uma alta diversidade biológica, recebendo a maior parte do aporte energético da floresta circundante. Dentro dos igarapés se estruturam diferentes micro-habitats, fortemente influenciados pela floresta adjacente, e a composição da fauna local encontra-se associada aos mesmos (Nessimian *et al.*, 1998).

A intensa cobertura da vegetação marginal dos igarapés diminui a quantidade de luz disponível para os produtores primários, o que faz com que a produção primária diminua devido ao sombreamento. É por isso que os igarapés amazônicos são considerados sistemas heterotróficos (Junk, 1983). A matéria orgânica alóctone contribui energeticamente e estruturalmente com os igarapés, fornecendo troncos, galhos, frutos e diversidade de folhagem como substrato e alimento para a fauna local (Lowe-McConnell, 1999). A forte dependência desse aporte alóctone produz, em tese, uma associação marcada entre as características da floresta que circundam o igarapé e a riqueza, distribuição e abundância da fauna associada (Fidelis, 2006).

3.2 ÁREA DE ESTUDO: Floresta Nacional Saracá-Taquera (FLONA)

A Floresta Nacional Saracá-Taquera (FLONA), criada em dezembro de 1989, é uma unidade de conservação que possui uma alta biomassa da floresta tropical, além de possuir altos índices de diversidade de fauna e flora. Em conjunto com uma unidade de conservação adjacente, a Reserva Biológica do Rio Trombetas, compõem as Unidades de Conservação Federais do Rio Trombetas responsáveis pela proteção de cerca de 800.000 hectares do Bioma Amazônico. A região é considerada uma floresta tropical pluvial, e possui altos índices pluviométricos, de 1900 a 2500 mm anuais.

Os igarapés que drenam esta região (principalmente os de baixa ordem) não são controlados pelo efeito do pulso de inundação que sofrem os grandes rios, por tanto, as variações no nível da água destes corpos de água estão relacionadas com as chuvas locais. As características gerais dos igarapés indicam que estes ambientes possuem um leito geralmente arenoso com acúmulo, em manchas, de folhas, material lenhoso e matéria orgânica particulada, provenientes da floresta circundante, assim como também está influenciado por troncos que, ao cair, interceptam o igarapé, e criam represamentos no mesmo (Fidelis, 2006).

Uma forte característica da região é a presença de comunidades remanescentes de quilombos, que se distribuem ao longo do rio Trombetas. Além, há na região da FLONA a produção de bauxita pela Mineração Rio do Norte S.A. (MRN) que explora o minério desde 1976, anterior à criação da UC (ICMBio, 2013.). Assim, os igarapés que drenam esta região vêm gradativamente sendo impactados de diferentes formas como, por exemplo, desmatamento, locais de recepção de efluentes, assoreamentos, represamentos, supressão de mata ciliar, etc. levando a modificações das características ecológicas destes ambientes e à perda de biodiversidade dos mesmos.

3.3 AMOSTRAGEM DAS VARIÁVEIS BIÓTICAS, ABIÓTICAS E ESTRUTURAIS DOS IGARAPÉS.

As amostragens foram realizadas durante três anos (2009, 2010 e 2011) em dois períodos: período de chuvas (março/abril) e período de estiagem (setembro/outubro). Os igarapés amostrados pertencem a cinco microbacias diferentes da região de Porto Trombetas (Moura – Jamarí – Urupuanã – Saracá – Araticum), as quais formam a bacia do Rio Trombetas e o Rio Nhamundá, no município de Oriximiná, Pará (Brasil) (Figura 1). No ano 2009 foram amostrados 50 trechos de Igarapés, no ano 2010 foram amostrados 57 trechos de igarapés, e no ano 2011 foram amostrados 40 trechos de igarapés. A lista dos pontos amostrados e a informação correspondente aos mesmos (ordem, microbacia e coordenada geográfica) encontram-se no Anexo 1. Os pontos de amostragem no mapa da região estudada encontram-se no Anexo 2. Em cada trecho de igarapé amostrado foram coletadas amostras bióticas e foram mensuradas as variáveis abióticas da coluna d'água e estruturais do ambiente e da massa d'água.

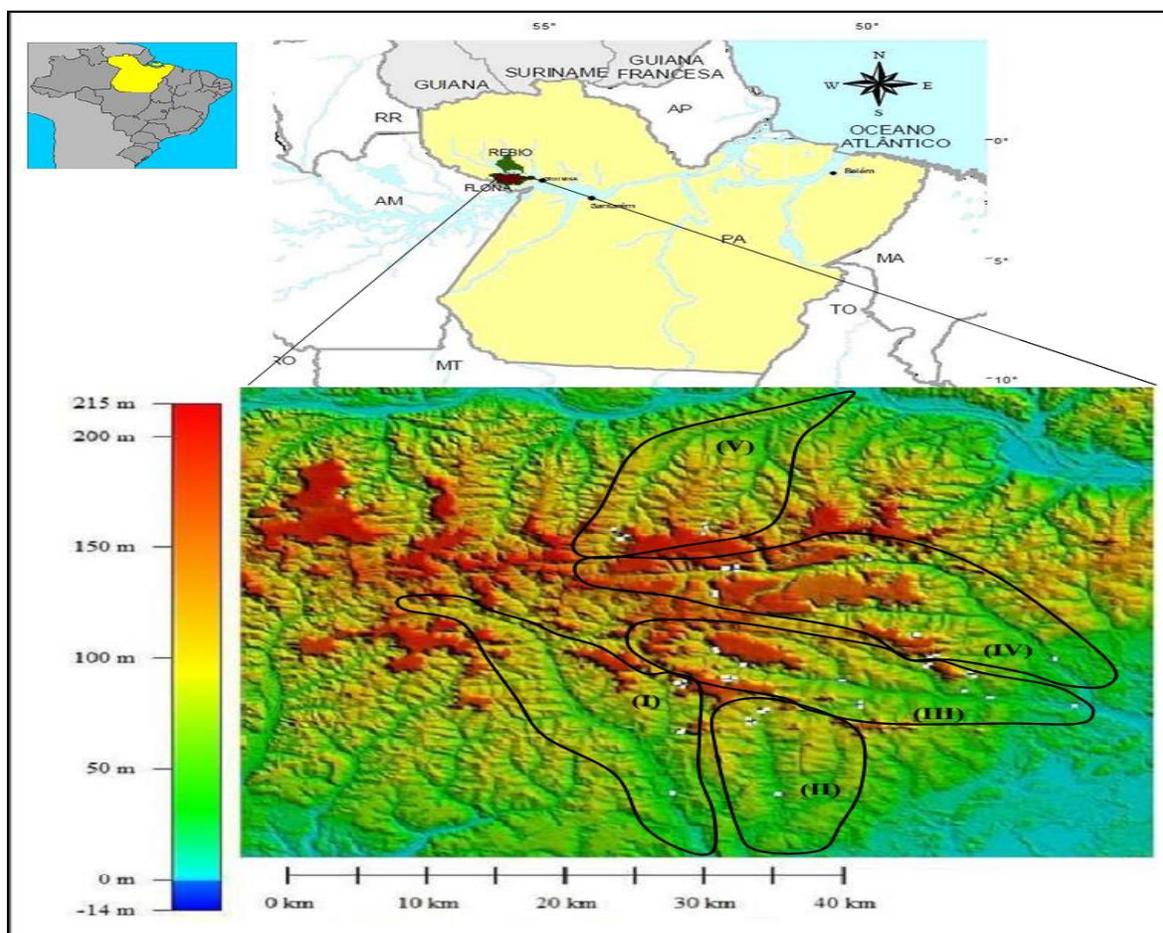


Figura 1 – Área de estudo: Região de Porto Trombetas, Oriximiná (PA) e as cinco microbacias amostradas. (I) Jamarí, (II) Urupuanã, (III) Araticum, (IV) Saracá e (V) Moura (Fonte; Souza-Reis, V.C. 2011).

3.3.1 Variáveis abióticas da coluna d'água e estruturais do ambiente

Em cada estação de coleta foram amostradas as seguintes variáveis abióticas da coluna da água: Temperatura da água, turbidez da água, Alcalinidade da água, pH, condutividade da água, concentração de oxigênio dissolvido na água, profundidade e largura do canal. Cada uma destas variáveis foi mensurada mediante diferentes métodos, sendo que algumas destas foram determinadas no campo a través de equipamentos eletrônicos específicos, e outras foram determinadas no laboratório. O método de medição e o local em que cada uma das variáveis foi mensurada encontram-se resumidos na Tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis abióticas da coluna da água que foram amostradas em cada ponto de coleta, o método utilizado para mesurar cada uma destas, e o local onde foi realizada a medição. NOTA: L - Laboratório; C - Campo.

Variável	Método	Local
Temperatura	Termômetro eletrônico. Precisão de 0,1°C (Oxímetro portátil YSI Mod. 550 ^a)	C
Turbidez	Turbidímetro portátil (LaMotte, 2008). Valores expressos em NTU	L
Alcalinidade	Determinação através do Método Gran (modificado por Carmouze, 1984) com auxílio de pHmetro portátil. Resultados expressos em $\mu\text{Eq/l}$ de CO_2	L
pH	4 pHmetro portátil QUIMIS (Mod.Q400MT) calibrado com tampões 4 e 7	L
Condutividade	Conductivímetro eletrônico portátil (Metrohm Herisau)	L
O ₂ dissolvido	Oxímetro portátil YSI Mod. 550A	C
Profundidade	Régua	C
Largura do canal	Trena	C

4.2.1 Amostragem das variáveis bióticas

Em cada local de amostragem foram coletadas três amostras bióticas, representando tipos substratos diferentes dependendo da disponibilidade de substratos no local. Os substratos coletados foram: folhiço com areia, areia, matéria orgânica com areia, macrófita, cascalho e raiz. A amostragem dos Oligochaeta foi realizada com um coletor tipo “surber” (0,012 m² de área) e 250 µm de abertura malha, e foi considerada uma área superficial de 0 a 10 cm de profundidade do sedimento. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas para o laboratório, onde foram lavadas em peneiras com abertura de malha de 0,5 e 1,0 mm, ordenadas de maior a menor. Posteriormente, os Oligochaeta foram triados em bandejas brancas ao olho nu e conservados em álcool a 70% para posterior identificação (Figura 2).



macromvertebrados por contraste.

4.2.2 Identificação taxonômica dos Oligochaeta aquáticos

Os indivíduos coletados foram identificados sob microscópio óptico, até no aumento de 40x (quando necessário para algumas características taxonômicas foi utilizado o aumento de 100X). A identificação foi realizada com o auxílio de chaves de Oligochaeta aquáticos de várias regiões do mundo, com o objetivo de atingir o menor nível taxonômico possível. A chave utilizada como guia central para a identificação dos Oligochaeta aquáticos foi Brinkhurst e Marchese (1989), sendo a última confeccionada para Oligochaeta aquáticos de America do Sul. Além disso, foram utilizadas como complemento as chaves de Brinkhurst, 1971 e Pinder (2010), e o workbook de Wetzel *et al.* (2006).

4.3 ANÁLISE DE DADOS

Os testes estatísticos e multivariados foram realizados com o programa estatístico Statistica 7.0 (2004), Past 2.17c (2001) e PCord 4.1(1999) .

4.3.1 Análise da abundância, riqueza e diversidade de Oligochaeta em igarapés amazônicos da Floresta Nacional Saracá-Taquera (Oriximiná - PA).

A abundância total de Oligochaeta aquáticos foi calculada através da contagem dos indivíduos de cada taxa. A mesma foi calculada para os períodos de chuva e estiagem em cada ano de estudo (anos 2009, 2010, e 2011). A abundância relativa também foi calculada para os períodos de chuva e estiagem de cada ano de estudo, e também para o total de indivíduos coletados no presente estudo. A abundância relativa de Oligochaeta aquáticos de cada espécie registrada foi calculada mediante a fórmula de Magurran (1989):

$$P_i = n_i / \sum n_i$$

Onde P_i , é a proporção de indivíduos da espécie i no total das espécies da comunidade; n_i é o número de indivíduos dessa espécie i ; e $\sum n_i$ é a somatória dos indivíduos de todas as espécies registradas no estudo.

A riqueza de cada período de amostragem (estiagem e chuva) em cada ano de estudo, foi determinada através da contagem de taxas identificados em cada uma desses. Por outro lado, a diversidade alfa de cada período (estiagem e chuva) em cada ano de estudo foi calculada por meio do índice de Shannon-Winer (H'). Além disso, para avaliar se a riqueza e a diversidade de espécies foram diferentes entre o período de chuva e o período de estiagem utilizou-se o teste paramétrico de comparação de variâncias (ANOVA).

A diversidade alfa de cada uma das microbacias amostradas também foi calculada por médio do índice de Shannon-Winer (H'), e comparadas entre as mesmas através do método não paramétrico de Kruskal-Wallis ANOVA, com um nível de confiança de 95%, seguido do teste a posteriori de múltiplas comparações dos ranks médios para todos os grupos.

Para avaliar a similaridade das comunidades de Oligochaeta entre as diferentes microbacias utilizou-se o índice de similaridade de Bray-Curtis e a análise multivariada de Análise de Correspondência. O índice de Bray-Curtis utiliza a presença e ausência dos taxa, assim como também a sua abundância, para agrupá-los de acordo com a semelhança dos mesmos. Por outro lado, a Análise de Correspondência ordena simultaneamente as unidades amostrais e as espécies. Assim, é possível saber quais espécies ocorrem com maior abundância em determinados locais, e a similaridade de espécies entre estes locais. A Análise de Correspondência procura ordenar os locais em um gradiente ao longo do qual cada espécie possua um ponto de maior abundância.

4.3.2 Análise descritiva das variáveis ambientais dos trechos de igarapés amostrados

Para avaliar se existe diferença significativa dos valores das variáveis abióticas entre os períodos de chuva e estiagem dentro de cada ano e entre anos, foi utilizado o método não paramétrico Kruskal-Wallis ANOVA, com um nível de confiança de 95%.

Para analisar quais unidades amostrais foram mais similares em relação às variáveis abióticas mensuradas, e quais as variáveis que determinam a separação dos pontos de amostragem, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA), com o objetivo de reduzir a dimensionalidade dos dados, facilitando assim a interpretação dos resultados. As unidades mais próximas entre si serão mais semelhantes, as mais afastadas serão mais diferentes, podendo-se formar grupos dependendo das suas semelhanças nos valores das variáveis abióticas. Para a realização desta análise, utilizaram-se todos os pontos amostrados durante os três anos de estudo.

Para analisar a existência de correlação entre as diferentes variáveis abióticas mensuradas foi aplicado o método não paramétrico Coeficiente de Correlação de Spearman, que mede a intensidade da relação entre variáveis. O Coeficiente de Spearman varia entre -1 e 1, quanto mais próximo estiverem destes valores extremos, maior será a associação entre as variáveis. O sinal negativo da correlação significa que as variáveis variam em sentido contrário, enquanto uma varia positivamente a outra varia negativamente. As variáveis que tiveram uma correlação maior a $\pm 0,7$ foram retiradas das análises subsequentes, já que variáveis com alto grau de correlação interferem no resultado das análises multivariadas.

4.3.3 Relação entre a assembleia de oligquetas e as características abióticas dos ambientes e o tipo de micro-habitat.

4.3.3.1 Em relação às características abióticas dos trechos de igarapés amostrados

Para analisar a relação entre a assembleia de Oligochaeta aquáticos e as características abióticas dos trechos amostrados realizou-se uma Análise de Correspondência Canônica. Esta análise multivariada é uma técnica indicada quando se deseja comparar duas matrizes de dados coletados simultaneamente, a fim de conhecer a relação entre elas. A Análise de Correspondência Canônica faz uma ordenação simultânea de espécies, amostras e variáveis. Graficamente, as espécies (taxa de Oligochaeta aquáticos identificados) e unidades amostrais (os trechos dos igarapés) são ordenadas na forma de

pontos, enquanto as variáveis abióticas são desenhadas na forma de setas que indicam a direção de seu aumento no espaço de ordenação. A distância da seta do centro do gráfico indica a importância da variável na explicação dos padrões ecológicos; assim, esta técnica é indicada principalmente quando se pretende obter uma relação mais estreita das variáveis ambientais com a abundância de espécies.

4.3.3.2 Em relação ao tipo de micro-habitat

A riqueza de Oligochaeta aquáticos de cada tipo de substrato amostrado foi realizada através da contagem dos taxa identificados em cada substrato. A diversidade foi calculada utilizando o índice de Shannon-Winer para cada um dos substratos amostrados.

Para se verificar a relação entre os taxa de Oligochaeta aquáticos identificadas no presente estudo e os tipos de substratos amostrados, utilizou-se uma Análise de Componentes Principais, assim como utilizou o autor Gorni (2012), que avalia a relação das espécies de Oligochaeta aquáticos e o meso-habitat em córregos neotropicais. Anterior a esta análise, os dados de abundância absoluta de Oligochaeta aquáticos foram transformados à forma logarítmica de $[\log_{10} (x+1)]$.

Para avaliar se existe diferença significativa entre as assembleias de cada um dos substratos, utilizou-se uma Análise de Similaridade (ANOSIM), que testa estatisticamente a existência de diferença significativa entre os grupos.

4.3.4 Assembleia de Oligochaeta em igarapés com diferentes graus de impacto antrópico.

Com o intuito de responder ao presente objetivo, foram selecionados três grupos de igarapés; “igarapés de Referência”, “igarapés em Recuperação” e “igarapés de Integração”. Utilizaram-se apenas igarapés amostrados durante o ano de 2011, que foi o primeiro ano a serem amostrados os igarapés que se encontram no grupo “em recuperação”. Os “igarapés de referência” são igarapés livres de impacto, ou seja, igarapés em estado preservado. Os

“igarapés de integração” são aqueles que se encontram na base das microbacias de drenagem que compõem a bacia do Rio Trombetas e Nhamundá, e que recebem a influência dos igarapés pertencentes a cada uma delas.

Primeiramente selecionaram-se quatro igarapés de referência, quatro em recuperação, e cinco de integração. Para cada grupo se fez uma análise descritiva da riqueza e diversidade alfa, que foram calculadas da mesma forma que no ponto 1.1 desta seção. Posteriormente, foi realizada uma análise descritiva das variáveis ambientais dos igarapés e uma Análise de Componentes Principais, como detalhado no ponto 1.2, para analisar quais variáveis abióticas que determinam a separação dos pontos de amostragem. Nesta análise foram incluídos dados de vazão. Por último, foi realizada uma Análise de Correspondência Canônica, já descrita no ponto 1.3.1, para verificar a relação entre a assembleia de Oligochaeta aquáticos e as características abióticas dos trechos amostrados.

5 RESULTADOS

5.2 ANÁLISE DA ABUNDÂNCIA, RIQUEZA E DIVERSIDADE DE OLIGOCHAETA AQUÁTICOS EM IGARAPÉS AMAZÔNICOS DA FLORESTA SARACÁ-TAQUERA (ORIXIMINÁ – PA)

Na presente pesquisa foram coletados 780 Oligochaeta aquáticos, e estes foram classificados em dez (10) taxa, entre espécies, gêneros e famílias. As famílias registradas foram: Naididae, Enchytraeidae, Haplotaxidae, Lumbriculidae, Alluroididae e Glossoscolecidae. As quatro primeiras pertencentes à Superordem Microdrili e as duas últimas à Superordem Megadrili. Dentro da família Naididae foram identificadas duas subfamílias, Naidinae (naidideos) e Tubificinae (tubificideos), sendo duas espécies pertencentes à primeira delas, e uma espécie e duas morfoespécies pertencentes à subfamília Tubificinae. A lista dos taxos identificados e abundância total de Oligochaeta para cada um dos períodos nos diferentes anos de estudo encontram-se na Tabela 2 e Figura 3, respectivamente.

Tabela 2 - Ocorrência de Oligochaeta aquáticos em cada uma das temporadas amostradas (Chuva e Estiagem) entre os anos 2009 e 2011 na região de Porto Trombetas (Oriximiná – PA). NOTA: (X) Presença / (-) Ausência.

ESPÉCIES	Ano / Temporada					
	2009		2010		2011	
	Chuva	Estiagem	Chuva	Estiagem	Chuva	Estiagem
SUPERORDEM MICRODRILI						
Família Haplotaxidae						
<i>Haplotaxis</i> sp.	x	-	x	x	x	x
Família Lumbriculidae						
<i>Phagodrilus</i> sp.	x	x	x	x	x	x
Família Naididae						
Subfamília Naidinae						
<i>Nais communis</i>	-	-	-	x	x	-
<i>Bratislavia unidentata</i>	-	-	-	-	x	-
Subfamília Tubificinae						
Tubificinae imaturo 1	x	X	x	x	x	x
Tubificinae imaturo 2	x	-	x	x	-	x
<i>Aulodrilus pigueti</i>	x	-	-	-	-	-
Família Enchytraeidae						
Enchytraeidae sp1.	x	X	x	x	x	x
SUPERORDEM MEGADRILI						
Família Alluroididae						

<i>Brinkhurstia americana</i>	x	X	x	x	x	x
Família Glossoscolecidae						
Glossoscolecidae sp1.	x	-	x	x	x	x
S	8	4	7	8	8	7
H'	1,457	0,9963	0,2844	1,772	1,669	1,263
Dominancia	0,2856	0,4731	0,9005	0,2158	0,2452	0,4328

A maior abundância de Oligochaeta aquáticos foi registrada no período de chuva (n=566 ind), sendo coletados 82,5% (n=467 ind.) dos indivíduos no ano de 2010, 11,7% (n=66 ind.) no ano 2009 e 5,8% (n=33) em 2011. No período de estiagem foram coletados 214 indivíduos nos três anos, 35% (n=75 ind) em 2009, 21% (n=45 ind) em 2010 e 44% (n=94 ind) em 2011.

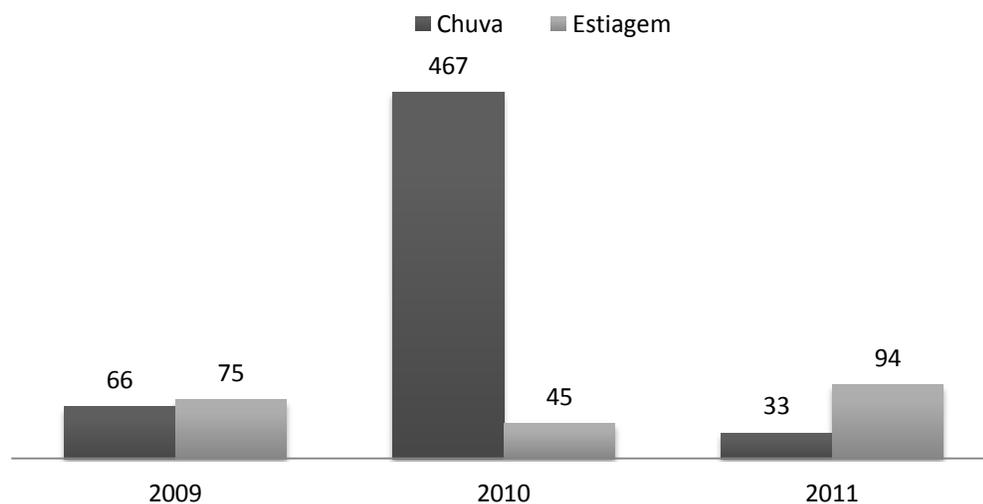


Figura 3 - Abundância absoluta de Oligochaeta aquáticos em cada um dos períodos amostrados (Chuva – Estiagem) durante os anos 2009 até 2011 na região de Porto Trombetas (Oriximiná-PA).

A abundância relativa (AR) de cada uma das espécies em relação ao total de indivíduos e nos diferentes anos de estudo, pode ser observada na Figura 4 e 5 respectivamente. O táxon que apresentou a maior abundância relativa foi a família Enchytraeidae, sendo seguido pela espécie *Brinkhurstia americana* (n=118) e a morfoespécie um da subfamília Tubificinae (n=65), sendo os 10,26% restante da abundância relativa distribuídos entre as outras espécies identificadas. As espécies com menor abundância relativa foram *Aulodrilus pigueti*, n=2; *Nais communis*, n=3; e *Bratislavia unidentata*, n=1.

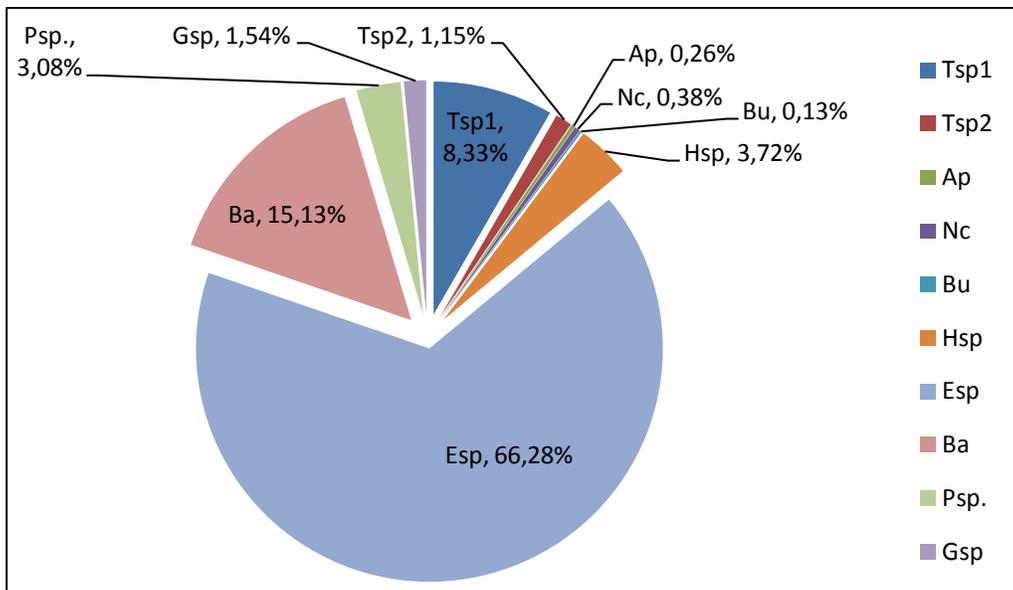


Figura 4 - Abundância relativa das espécies de Oligochaeta aquáticos coletadas durante os três anos de amostragem na região da bacia do Rio Trombetas (Oriximiná - PA). Espécies: Tsp1 - Tubificinae sp1; Tsp2 - Tubificinae sp2; Ap - *Aulodrilus pigueti*; Nc - *Nais communis*; Bu - *Bratislavia unidentata*; Hsp - *Haplotaxis* sp.; Esp - *Enchytraeidae* sp.; Ba - *Brinkhurstia americana*; Psp - *Phagodrilus* sp.; Gsp - *Glossoscolecidae* sp.

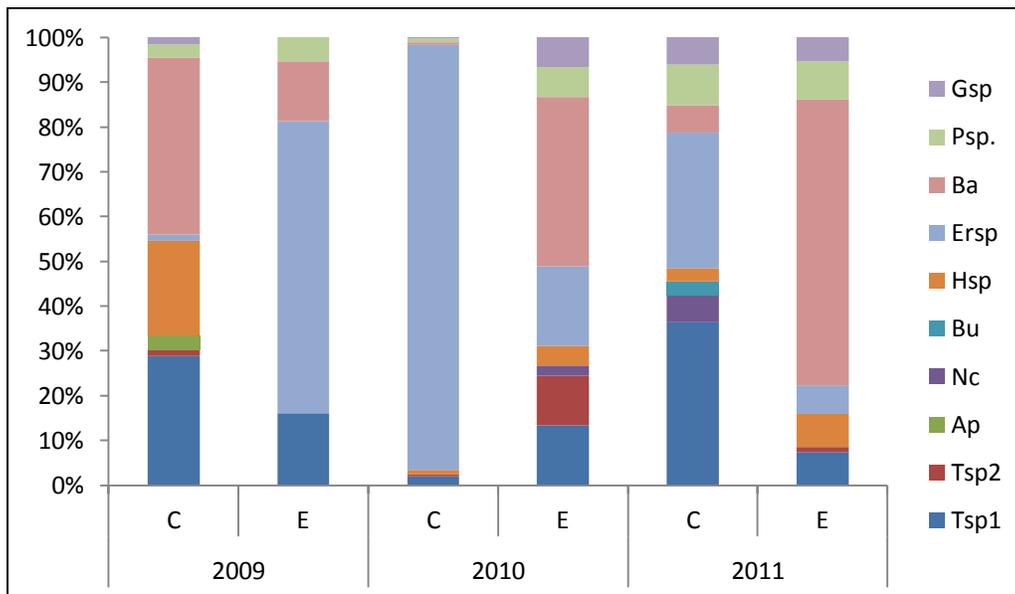


Figura 5 - Abundância relativa das espécies em cada um dos períodos (Chuva e Estiagem) durante os anos 2009 até 2011 na região da bacia do Rio Trombetas (Oriximiná - PA). Espécies: Tsp1 - Tubificinae sp1; Tsp2 - Tubificinae sp2; Ap - *Aulodrilus pigueti*; Nc - *Nais communis*; Bu - *Bratislavia unidentata*; Hsp - *Haplotaxis* sp.; Esp - *Enchytraeidae* sp.; Ba - *Brinkhurstia americana*; Psp - *Phagodrilus* sp.; Gsp - *Glossoscolecidae* sp.

Não houve diferença significativa da riqueza e diversidade entre os períodos de chuva e estiagem (ANOVA, $p > 0,05$) (Figura 6 e Figura 7, respectivamente). Os dois períodos apresentaram uma diversidade relativamente baixa ($0,2 < H' < 1,7$), sendo que o período de estiagem teve a maior diversidade de ambos, assim como uma menor variação da diversidade entre os anos amostrados. Assim, o período de chuvas foi o que apresentou a diversidade mais baixa ($H' = 0,2$) e uma maior variação na diversidade de Oligochaeta aquáticos entre os três anos amostrados.

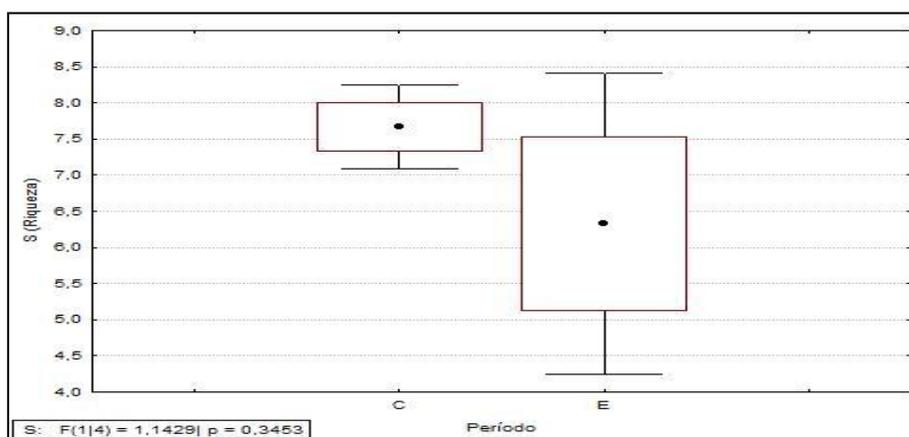


Figura 6 - Riqueza (ANOVA, $p > 0,5$) dos períodos de Chuva e Estiagem na região de Porto Trombetas (Oriximiná - PA). C – Chuvas, E – Estiagem.

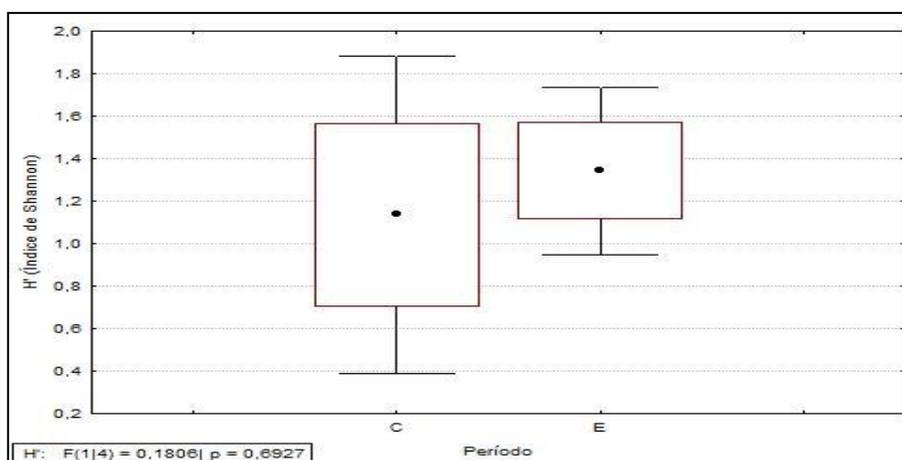


Figura 7 - Diversidade de Shannon (ANOVA, $p > 0,5$) dos períodos de Chuva e Estiagem na região de Porto Trombetas (Oriximiná - PA). C – Chuvas, E – Estiagem.

A ocorrência de cada um dos taxa identificados em cada microbacia pode ser observada na Tabela 3. A microbacia do igarapé Jamarí foi a que teve a maior abundância de Oligochaeta aquáticos (n=472 indivíduos), enquanto as microbacias dos igarapés Saracá e Moura foram as que tiveram a menor quantidade de Oligochaeta aquáticos (n=53 e n=8 indivíduos, respectivamente). As microbacias dos igarapés Urupuanã e Araticum tiveram uma abundância semelhante de Oligochaeta aquáticos coletados (n=111 e n=136 ind, respectivamente).

A microbacia do igarapé Saracá apresentou a maior riqueza, e a microbacia do Moura a menor (S=9 e S=4). As microbacias dos igarapés Urupuanã e Araticum apresentaram riquezas semelhantes à microbacia do igarapé Saracá, enquanto a microbacia do igarapé Jamarí apresentou uma riqueza baixa e semelhante à microbacia do igarapé Moura.

Em relação à diversidade de cada uma das microbacias (Tabela 3) observou-se que no geral todas apresentaram diversidade baixa, devido ao baixo número de espécies e a baixa abundância geral de Oligochaeta aquáticos na bacia do Rio Trombetas. No entanto, quando comparadas entre si, a microbacia do igarapé Saracá apresentou a maior diversidade de todas. A microbacia que apresentou a menor diversidade foi a do igarapé Jamarí. Nesta microbacia coletou-se o maior número de indivíduos (n=472), mas observou-se uma riqueza baixa e uma alta dominância pela família Enchytraeidae. Novamente as microbacias dos igarapés Araticum e Urupuanã apresentaram uma diversidade semelhante. As microbacias não apresentaram uma diferença significativa em relação à diversidade alfa (Kruskal-Wallis; $p > 0,05$; Figura 8).

Tabela 3 - Ocorrência de Oligochaeta aquáticos em cada uma das microbacias amostradas (Araticum, Jamarí, Moura, Saracá e Urupuanã) entre os anos 2009 e 2011 na região de Porto Trombetas (Oriximiná - PA).

ESPÉCIES	MICROBACIAS				
	Araticum	Jamarí	Moura	Saracá	Urupuanã
Tsp1	X	X	-	X	X
Tsp2	X	X	X	X	-
Ap	-	-	-	X	-
Nc	-	-	X	X	X
Bu	X	-	-	-	-
Hsp	X	X	-	X	X

Esp	X	X	-	X	X
Ba	X	X	-	X	X
Psp.	X	X	X	X	X
Gsp1	X	-	X	X	X
N	136	472	8	53	111
S	8	6	4	9	7
H'	1,5	0,324	1,074	1,823	1,506
Dominância	0,3038	0,8782	0,4375	0,2004	0,2765

NOTA: Número de indivíduos (N); Riqueza (S); H' (Diversidade de Shannon). Espécies: Tsp1 - Tubificinae sp1; Tsp2 - Tubificinae sp2; Ap - *Aulodrilus pigueti*; Nc - *Nais communis*; Bu - *Bratislavia unidentata*; Hsp - *Haplotaxis* sp.; Esp - Enchytraeidae sp.; Ba - *Brinkhurstia americana*; Psp - *Phagodrilus* sp.; Gsp - Glossoscolecidae sp.

Embora não tenha sido observada diferença significativa entre a diversidade alfa das diferentes microbacias amostradas, tanto o índice de Bray-Curtis como a Análise de Correspondência (CA), mostraram que as assembleias de Oligochaeta aquáticos registradas nas mesmas são diferentes. As microbacias dos igarapés Saracá, Urupuanã e Araticum são as mais semelhantes no que diz respeito da sua assembleia de Oligochaeta aquáticos, sendo as microbacias dos igarapés Moura e Jamarí as que se diferenciam marcadamente formando dois grupos isolados (Figura 9 e 10). Duas espécies ocorreram exclusivamente nas microbacia dos igarapés Saracá e Araticum (*Aulodrilus pigueti* e *Bratislavia unidentata*, respectivamente).

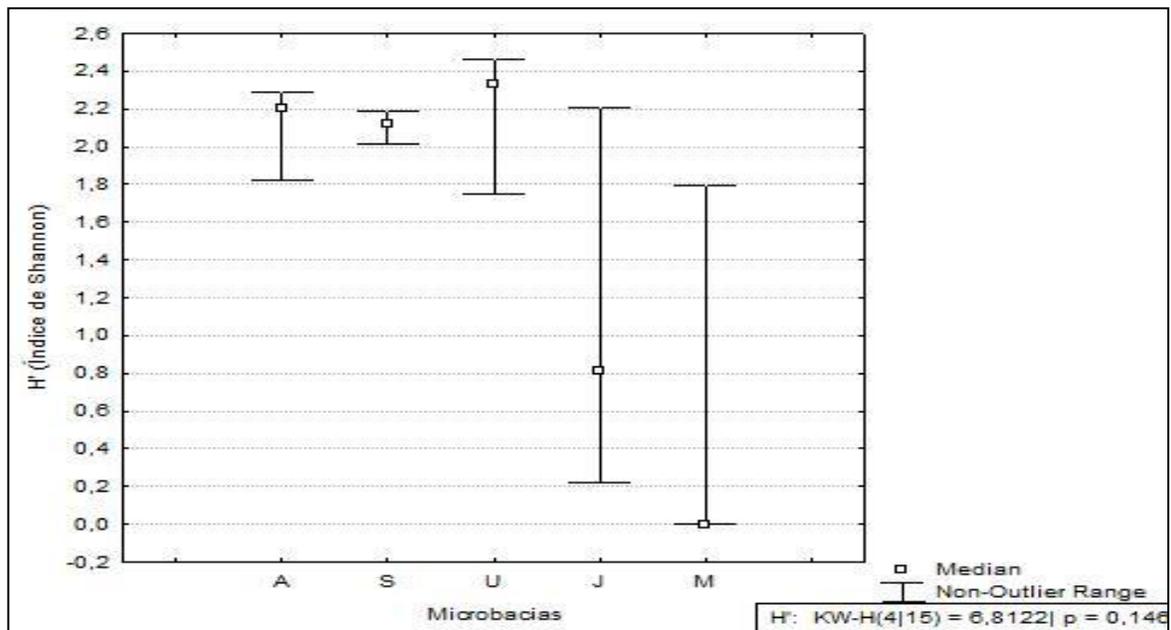


Figura 8 - Diversidade alfa entre as microbacias da Bacia do Rio Trombetas, Oriximiná (PA). Kruskal-Wallis; $p > 0,05$. Microbacias dos igarapés Araticum (A), Saracá (S), Urupuanã (U), Jamarí (J) e Moura (M).

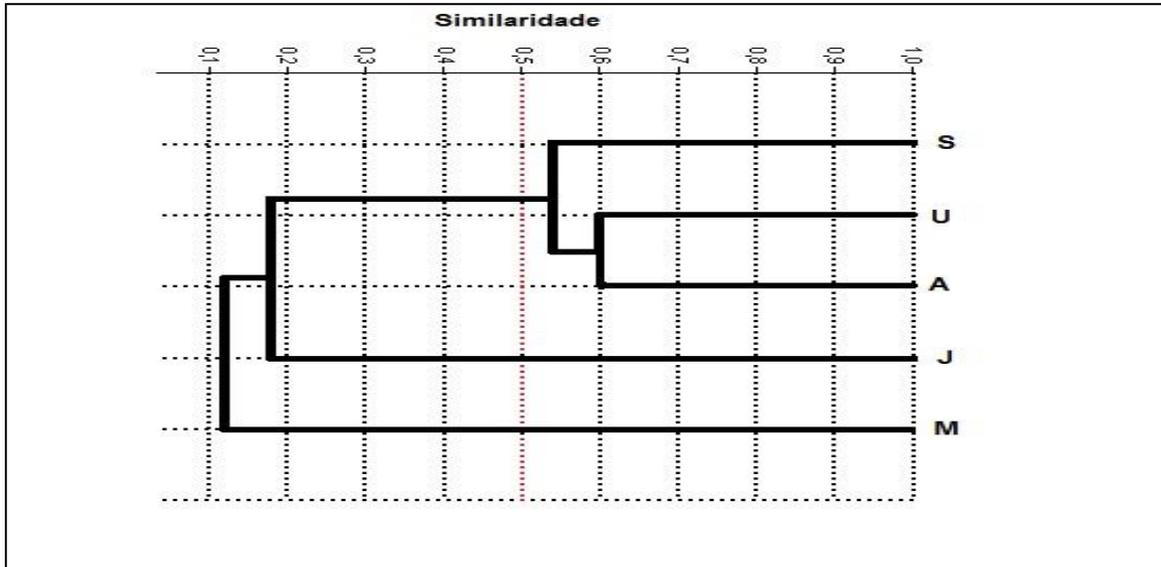


Figura 9 - Similaridade (Índice de Bray-Curtis) entre as microbacias pertencentes à bacia do Rio Trombetas, (Oriximiná, PA) respeito da comunidade de Oligochaeta aquáticos registrada em cada uma destas. Microbacias dos igarapés: Araticum (A); Saracá (S); Urupuanã (U); Jamari (J); Moura (M).

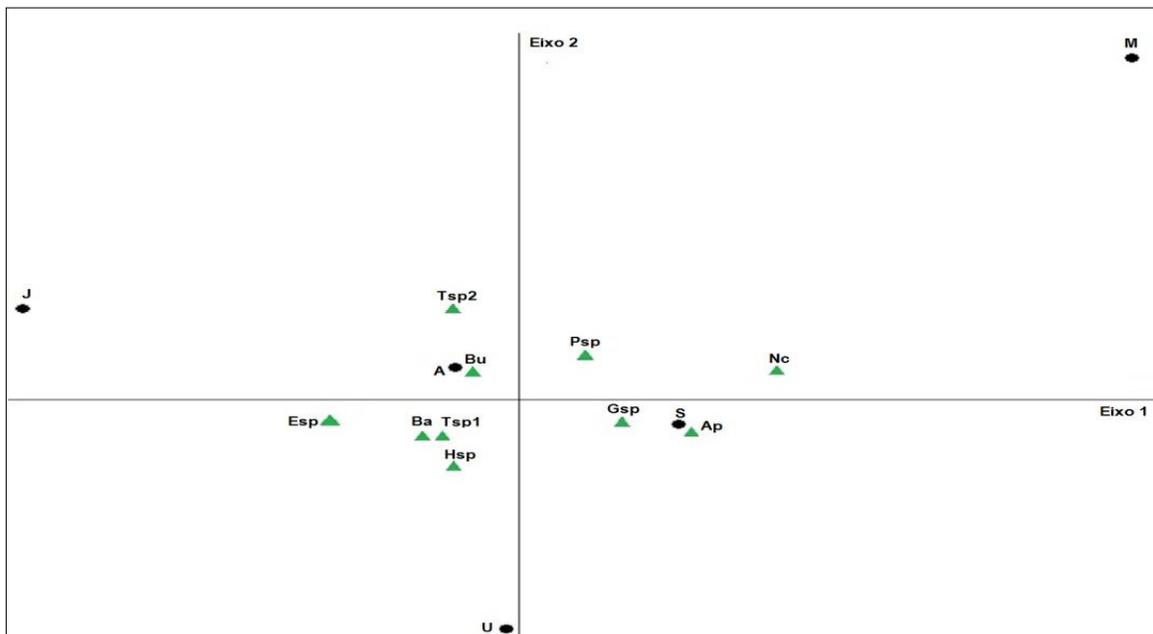


Figura 10 - Análise de Correspondência (CA) para avaliar a semelhança na abundância e composição de Oligochaeta aquáticos (Diversidade Beta) entre as microbacias pertencentes à bacia do rio Trombetas, Oriximiná, PA. Microbacias dos igarapés: Araticum (A); Saracá (S); Urupuanã (U), Jamarí (J) e Moura (M). Espécies: Tsp1 - Tubificinae sp1; Tsp2 - Tubificinae sp2; Ap - *Aulodrilus pigueti*; Nc - *Nais communis*; Bu - *Bratislavia unidentata*; Hsp - *Haplotaxis* sp.; Esp - *Enchytraeidae* sp.; Ba - *Brinkhurstia americana*; Psp - *Phagodrilus* sp.; Gsp - *Glossoscolecidae* sp.

5.3 ANÁLISE DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS DOS TRECHOS AMOSTRADOS

Os valores das variáveis ambientais e estruturais (largura do canal, profundidade do canal, temperatura da água, pH da água, condutividade elétrica da água, turbidez e concentração de oxigênio dissolvido na água) de cada trecho de igarapé amostrado, encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores médios, máximos, mínimos e desvio padrão das variáveis abióticas e estruturais dos trechos de igarapés amostrados em cada período (chuva e estiagem) durante cada ano de amostragem (2009, 2010, 2011). LC – Largura do canal (m), PR- Profundidade (m), TEMP- Temperatura da água (°C), COND – Condutividade (µs/cm), TU – Turbidez (NTU), O2 (mg/L). As variáveis que apresentaram diferença significativa entre os diferentes períodos (chuva e estiagem) serão identificadas com um (*), com um nível de confiança de 5%.

	LC	PR	TEMP	pH	COND	TU	O2
Períodos	(m)	(m)	(°C)		(µs/cm)	(NTU)	(mg/L)
ANO 2009							
CHUVA			*	*	*		
Média	2,87	0,53	25,85	4,85	11,33	1,77	6,21
DP	1,62	0,39	0,69	0,13	1,48	2,28	0,85
Mínimo	0,75	0,1	23,3	4,55	7,6	0,33	3,9
Máximo	8,45	1,7	26,9	5,27	15,5	12,2	8,16
ESTIAGEM			*	*	*		
Média	3,46	0,5	26,37	5,03	9,65	1,3	6,08
DP	3,55	0,4	0,83	0,1	0,93	0,79	1
Mínimo	0,4	0,05	24,7	4,77	7,85	0,11	3,24
Máximo	18	2,2	28,7	5,28	11,9	2,65	8,54
ANO 2010							
CHUVA				*	*	*	
Média	3,44	0,7	25,73	4,88	9,33	2,4	6,22
DP	2,44	0,67	0,59	0,12	1,65	2,11	0,98
Mínimo	0,2	0,1	24,3	4,6	7	0,1	3,6
Máximo	12,7	3	27,9	5,2	16,7	13,7	7,5
ESTIAGEM				*	*	*	
Média	3,53	0,54	25,33	4,97	8,59	1,44	6,36
DP	3,11	0,54	1,15	0,12	1,13	0,9	1,97
Mínimo	0,5	0,5	23	4,8	6,5	0,1	1,3
Máximo	14	3,4	29,2	5,3	11,2	4,4	17,5
ANO 2011							
CHUVA			*	*			
Média	3,86	0,71	25,2	4,91	10,09	3,99	5,96
DP	4,91	0,78	0,59	0,11	1,36	9,32	1,15
Mínimo	0,3	0,05	22,3	4,69	6,54	0,11	2,36

Máximo	27,5	3,1	26	5,3	13,62	62,8	8,5
ESTIAGEM			*	*			
Média	3,51	0,52	25,58	4,81	10,87	2,38	5,88
DP	4,47	0,5	1,4	0,2	5,29	2,32	1,36
Mínimo	0,55	0,05	21,1	4,44	6,85	0,09	0,23
Máximo	25,5	2,3	29,5	5,72	38,1	13,2	7,62

A análise de Kruskal-Wallis revelou que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os períodos de estiagem e chuva dentro de cada ano de estudo em relação aos valores das variáveis larguras do canal, profundidade, e concentração de oxigênio dissolvido nos trechos amostrados. Os valores de temperatura da água mostraram diferenças significativas entre os períodos de estiagem e chuva nos anos 2009 e 2011, e os valores de turbidez mostraram diferenças significativas entre os períodos apenas no ano 2010 ($p < 0,05$). Em relação às variáveis pH e condutividade da água, os valores de pH apresentaram diferenças significativas entre o período de estiagem e o período de chuvas em todos os anos de amostragem, e a condutividade da água apresentou diferença significativa entre os períodos nos anos 2009 e 2010. Ao comparar cada um dos períodos amostrados (período de estiagem e o período chuvoso) entre os anos amostrados, a análise não mostrou uma diferença significativa dos valores para nenhuma das variáveis mensuradas.

Durante os três anos de amostragem, a largura do canal dos trechos amostrados variou entre 0,4 e 6 metros durante o período de estiagem, com alguns trechos com medidas extremas como, por exemplo, os trechos dos igarapés Araticum 02, ASP 06, ASP 14 e Saracá 05, que apresentaram uma largura de canal que variou de 8 a 25,5 metros neste mesmo período. No período de chuvas, todos os trechos amostrados apresentaram um aumento na largura do canal, mas este aumento não foi significativo quando comparado à largura do canal registrada no período de estiagem. A diferença entre os valores mensurados dos trechos amostrados durante o período de chuvas foi menos marcada que na temporada de estiagem, variando entre 0,75 e 5 metros a maioria destes.

Os valores de profundidade dos trechos amostrados se comportaram de forma semelhante ao observado pela largura do canal, variando mais na época de estiagem de cada ano de estudo, com aumento dos valores no período chuvoso, mas com uma variação menor entre estes valores. Em ambos os períodos os trechos dos igarapés Araticum 02, Saracá 05 e Igaja 05 apresentaram as maiores profundidades, representando valores extremos respeito do conjunto total de trechos.

Os valores de concentração de oxigênio dissolvido na água não variaram significativamente entre os períodos amostrados em nenhum dos anos de estudo. Variando entre 4 e 8 mg/L em todos os trechos de igarapés amostrados. Houve também trechos que apresentaram valores extremos, como, por exemplo, no período de estiagem de 2010 o igarapé MBM 03 apresentou um valor de 17,5 mg/L e no mesmo período, o igarapé Severino 01 foi detectado um valor de 1,3 mg/L. Também no período de estiagem de 2011, o Igarapé Papagaio 01 apresentou o valor mais baixo registrado nos trechos amostrados (0,23 mg/L).

Os valores de temperatura da água variaram significativamente entre os períodos de estiagem e chuvas do ano 2009 e 2011. Nas três temporadas, a amplitude térmica registrada entre os trechos amostrados no período de estiagem (entre 24,7°C e 28,7°C em 2009, de 23°C a 27°C, e de 24,4°C a 27,7°C em 2011) foi maior que a amplitude térmica registrada nos períodos de chuvas de cada ano (entre 25,1°C a 26,9°C no ano 2009, entre 25,1°C e 26,6°C no ano 2010 e entre 24,4°C e 26°C no ano 2011). Em todos os períodos houve valores extremos para alguns trechos amostrados. No período de chuvas de 2009, dois trechos apresentaram a menor temperatura de todos os trechos amostrados durante essa temporada (23,3°C nos trechos dos igarapés ASP 08 e BCJ 03). Já no período de estiagem de 2010, o trecho do igarapé Almeidas 02 apresentou uma temperatura de 29,2°C; e no período de chuva deste mesmo ano, o trecho do igarapé Almeidas 02 apresentou, novamente, o valor mais alto dos trechos amostrados (27,9°C). Por último, no período de estiagem da temporada 2011 os trechos dos igarapés ASP 04 e BCUR 02A apresentaram as temperaturas mais baixas (21,1°C) e o igarapé MBM5-1 apresentou a maior temperatura

extrema (29,5) do total de trechos amostrados. Já no período de chuva desta temporada, o trecho do igarapé Papagaio 01 apresentou a menor temperatura nesta temporada (22,3°C).

Os valores de pH dos trechos amostrados variaram significativamente entre os períodos de chuva e estiagem de todas as temporadas amostradas, apresentando uma diferença maior entre eles durante os períodos de estiagem. Os valores variaram de 4,4 a 5,3 nos períodos de estiagem, e de 4,7 a 5,2 nos períodos de chuva. Excepcionalmente, o trecho amostrado do igarapé Papagaio 01 apresentou um valor de pH de 5,72 no período de estiagem do ano 2011, sendo este o valor mais extremo de todos os períodos amostrados.

Nos anos de 2009 e 2010, os valores de condutividade da água apresentaram um aumento significativo entre o período de estiagem e o período de chuva. Na temporada de 2009, os valores da condutividade variaram entre 6,5 $\mu\text{s/cm}$ e 10,5 $\mu\text{s/cm}$ no período de estiagem, e entre 7 $\mu\text{s/cm}$ e 11,5 $\mu\text{s/cm}$ no período chuvoso. Já na temporada de 2010, observou-se uma maior variação dos valores de condutividade no período de chuva (entre 7,5 $\mu\text{s/cm}$ e 14 $\mu\text{s/cm}$), enquanto q no período de estiagem os valores da condutividade variaram um pouco menos (entre 8 $\mu\text{s/cm}$ e 12 $\mu\text{s/cm}$). Na temporada de 2011 não houve uma diferença significativa entre os dois períodos, variando entre 7 $\mu\text{s/cm}$ e 13 $\mu\text{s/cm}$ aproximadamente. Porém, durante esta temporada se observou valores ocasionais mais altos, para o igarapé Papagaio 01 (29,5 $\mu\text{s/cm}$) e ASP 06 (38,1 $\mu\text{s/cm}$).

Os valores de turbidez registrados para cada trecho mostraram uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre os períodos de estiagem e chuva apenas no ano de 2010. Neste ano, observou-se uma maior variação nos valores de turbidez no período de chuva (entre 0,1 NTU e 14 NTU), enquanto no período de estiagem variou entre 0,1 NTU e 5 NTU. Particularmente no período de chuva se registraram dois valores extremos diferentes do resto dos trechos amostrados, estes foram ASP14 (6,8 NTU) e AV01 (13,7 NTU). Nas outras duas temporadas (2009 e 2011), não houve diferença significativa dos valores da turbidez entre os períodos de estiagem e chuva de cada uma delas. A variação se manteve entre 0,1 NTU e 5 NTU, apresentando valores extremos em alguns dos trechos amostrados,

como no período chuva de 2009, os trechos dos igarapés MBM 02 (12,2 NTU), MBMC04 (8,91 NTU) e ASP 06 (7,13). Já na temporada de 2011, os valores extremos foram dos trechos dos igarapés BCJ 2-2 (7,59 NTU) e Papagaio 01 (13,2 NTU) no período de estiagem, e os trechos dos igarapés BACA 01 (10,27 NTU), Papagaio 01 (10,76 NTU), CI 3-1 (10,81 NTU) e ASP 06 (62,8 NTU) no período de chuvas.

A Análise de Componentes Principais (PCA, Figura 11), não revelou variações relevantes das variáveis abióticas entre os trechos amostrados, não sendo suficientemente explicativo nenhum dos eixos, centrando a maioria dos pontos no meio do gráfico, indicando uma grande homogeneidade nas características abióticas entre os trechos amostrados. No entanto, os trechos dos igarapés Igaja 05, Saracá 05, Araticum 02, ASP 06 e ASP 14, se destacaram por apresentar maior profundidade nas duas temporadas, localizando-se nos extremos do gráfico sobre o eixo 1; assim como, o trecho do igarapé MBM 03 que apresentou a maior concentração de Oxigênio dissolvido no período de estiagem, e o trecho Papagaio 01, que apresentou a maior condutividade no mesmo período.

Através da PCA evidenciou-se uma relação entre a largura do canal e a profundidade dos trechos amostrados. Ao realizar o teste de correlação de Spearman (Tabela 5) entre as variáveis ambientais, houve uma correlação positiva forte (Coeficiente de Spearman = 0,77) entre a largura do canal e a profundidade dos trechos amostrados. Portanto, a variável largura do canal foi excluída da Análise de Correspondência Canônica (ACC). Também foram excluídos desta análise os táxons que tiveram ocorrência menor a três no estudo (*Nais communis*, *Aulodrilus pigueti* e *Bratislavia unidentata*), já que estas espécies poderiam influenciar na ordenação final dos dados desta análise multivariada.

Tabela 5 - Coeficiente de Spearman entre as variáveis utilizadas na análise exploratório ACP (Análise de Coordenadas Principais) para avaliar as possíveis correlações entre todas as variáveis e assim retirar as que estiverem correlacionadas nas análises sucessivas. LC – Largura do canal (m), PR- Profundidade (m), TEMP- Temperatura da água (°C), COND – Condutividade (µs/cm), TU – Turbidez (NTU), O2 (mg/L).

Variáveis	Correlação de Spearman						
	LC	PR	TEMP	pH	COND	TU	O2
LC	1,00000						
PR	0,77574	1,00000					
TEMP	-0,237576	-0,225776	1,00000				
pH	0,23544	0,11654	0,03751	1,00000			
COND	-0,231975	-0,169270	0,06516	-0,578095	1,00000		
TU	0,36357	0,31598	-0,308093	0,15931	-0,071005	1,00000	
O2	0,20233	0,03629	-0,049751	0,32996	-0,326362	0,19686	1,00000

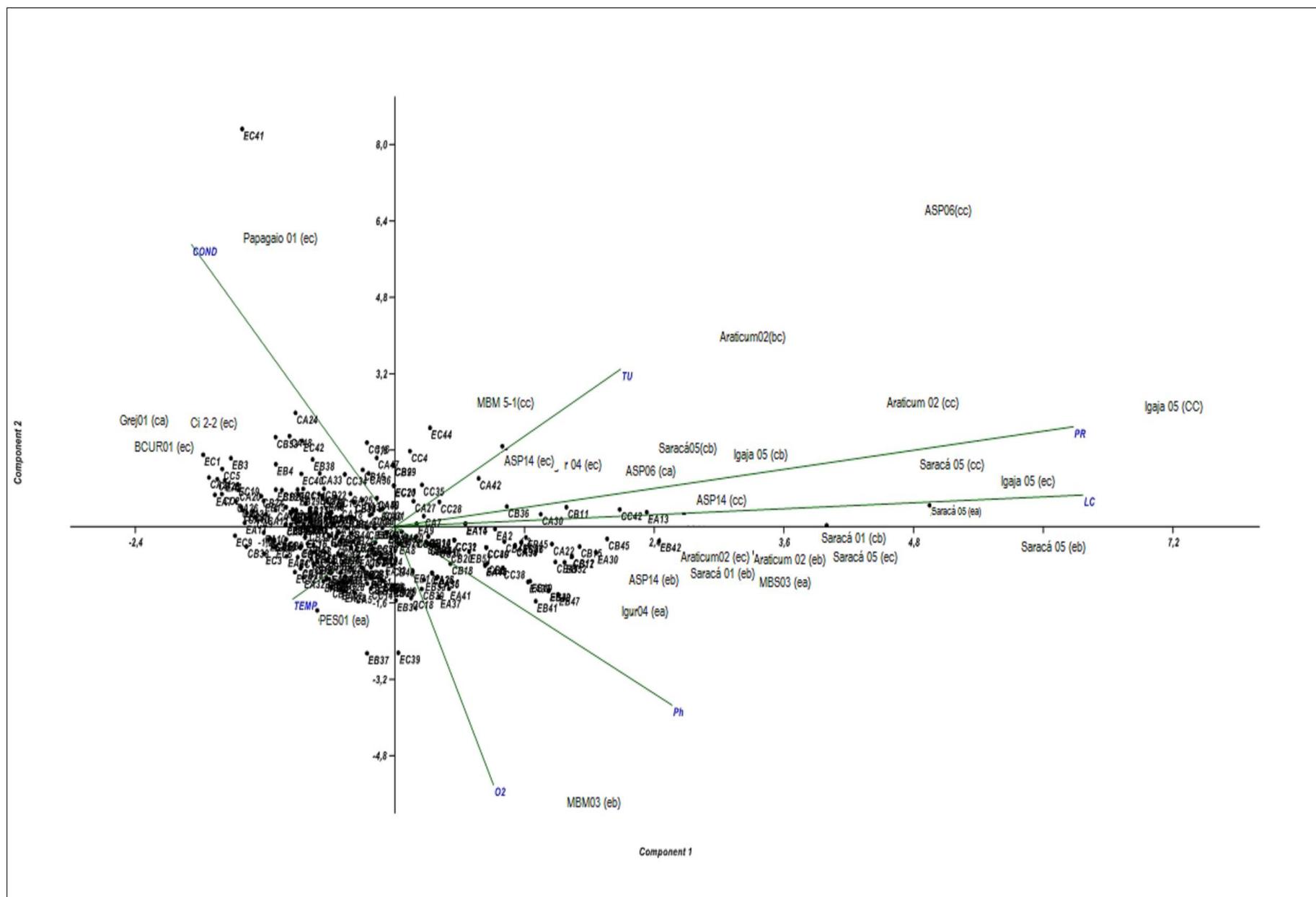


Figura 4 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos trechos de igarapés amostrados no período de estiagem e de chuvas durante as temporadas 2009, 2010 e 2011, respeito das variáveis ambientais amostradas.

5.4 RELAÇÃO ENTRE A ASSEMBLEIA DE OLIGOCHAETA AQUÁTICOS, AS CARACTERÍSTICAS ABIÓTICAS DOS AMBIENTES E OS MICRO-HABITAT.

5.4.1 Em relação às características abióticas dos trechos

Para a interpretação da Análise de Correspondência Canônica (ACC; Figura 12), retiveram-se os eixos 1 e 2. Os escores do eixo 1 (11% da variância, Eigenvalue = 0,412) evidenciaram que a espécie *Phagodrilus* sp. foi mais abundante em locais com maior valor de condutividade elétrica da água, e que as espécies *Haplotaxis* sp. e os indivíduos da família Glossoscolecidae sp., ocorreram com maior abundância em trechos com maior turbidez da água.

O eixo 2 (3,4% da variância, Eigenvalue = 0,127) foi caracterizado pela variável profundidade. Os taxos Tubificinae sp1, Tubificinae sp2 e *Brinkhurstia americana* se associaram a trechos de maior profundidade. Por outro lado, a família Enchytraeidae, apresentou maior abundância (n=423) em um trecho com características de baixa condutividade da água, baixa turbidez e profundidade.

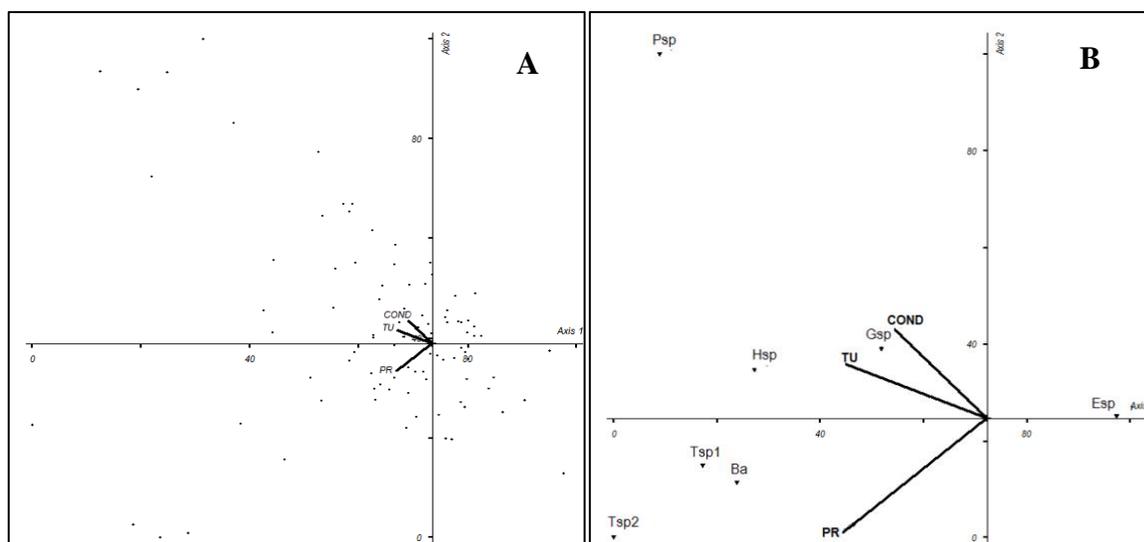


Figura 5 - Análise de Correspondência Canônica entre as características ambientais dos trechos e a abundância de Oligochaeta achados nos mesmos. A - ordenação dos trechos respeito das variáveis ambientais relevantes; B - espécies registradas respeito das variáveis ambientais relevantes.

5.4.2 Em relação ao micro-habitat

Os micro-habitats amostrados em cada trecho foram classificados em 6 categorias que foram: Areia, Areia+Folhiço, Cascalho, Macrófita, Areia+Matéria Orgânica, e Raízes+Folhiço. As espécies encontradas em cada tipo de substrato são apresentadas na tabela 6.

Tabela 6 - Lista dos taxos de Oligochaeta aquáticos coletados nos três anos de amostragem (2009, 2010 e 2011) nos períodos chuvoso e de estiagem, nos micro-habitat Areia (AR), Areia+Folhiço (AR+FOL), Cascalho (CAS), Macrófita (MC), Areia+MOP (AR+MOP), e Raízes+Folhiço (RA+FOL) nos trechos dos igarapés amostrados na FLONA Saracá-Taquera (Estado do Pará, BR)(+Presença, e – Ausência). Espécies: Tsp1 - Tubificinae sp1; Tsp2 - Tubificinae sp2; Ap - *Aulodrilus pigueti*; Nc - *Nais communis*; Bu - *Bratislavia unidentata*; Hsp - *Haplotaxis* sp.; Esp - Enchytraeidae sp.; Ba - *Brinkhurstia americana*; Ph - *Phagodrilus* sp.; Gsp - Glossoscolecidae sp.

Espécies	Substratos					
	AR	AR+FOL	CAS	MC	AR+MOP	RA+FOL
Tubificinae sp1	+	+	+	+	+	+
Tubificinae sp2	-	+	-	-	+	-
<i>Aulodrilus pigueti</i>	-	+	-	-	-	-
<i>Haplotaxis</i> sp	+	+	-	-	+	-
Enchytraeidae sp	+	+	+	+	+	+
<i>Brinkhurstia americana</i>	+	+	-	+	+	+
<i>Phagodrilus</i> sp	+	+	+	-	+	+
Glossoscolecidae sp.	+	+	+	-	+	-
<i>Nais communis</i>	-	+	+	-	+	-
<i>Bratislavia unidentata</i>	-	+	-	-	-	-

O micro-habitat de areia+folhiço apresentou a maior riqueza (S=10) e diversidade ($H'=1.85$), enquanto os micro-habitats macrófitas e raiz+folhiço apresentaram os valores mais baixos de riqueza e diversidade (S=3, $H'=0,33$ e S=4 e $H'=0,17$ respectivamente). Embora a areia+folhiço tenha sido o mais diverso dos micro-habitat, o mesmo apresentou uma baixa equitabilidade (J=0,63), e o micro-habitat raiz+folhiço o que apresentou a maior abundância de todos os micro-habitat, além de uma das riquezas mais baixas (S=4), e a menor equitabilidade (J=0,29) de todos (Figura 13).

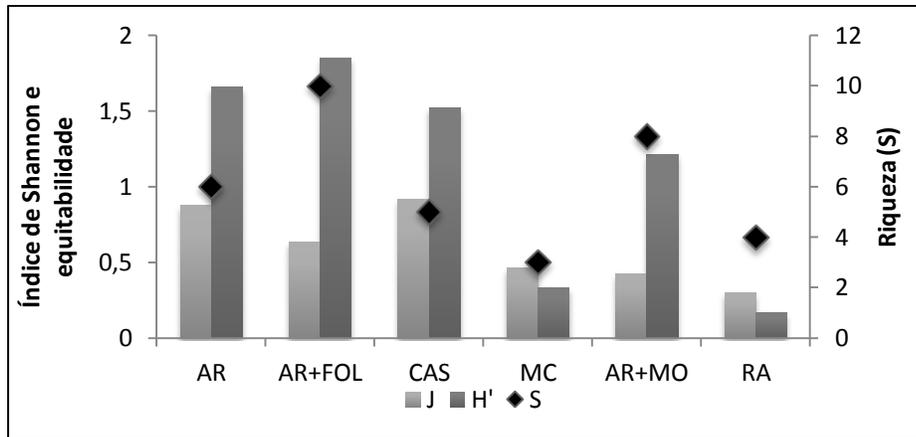


Figura 6 - Diversidade de Shannon (H'), equitabilidade (J) e Riqueza (S) de cada micro-habitat amostrados. Micro-habitat: Areia (AR), Areia+Folhço (AR+FOL), Cascalho (CAS), Macr ofita (MC), Areia+MOP (AR+MOP), e Raízes+Folhço (RA+FOL).

A Análise de Componentes Principais, explicou 70% da varia o dos dados sobre o eixo 1 (Figura 14). O primeiro eixo explicou 70,7% da varia o dos dados bióticos em rela o ao micro-habitat. Este eixo foi caracterizado positivamente pelo substrato AR+FOL e negativamente pelo substrato MC. Todos os taxa identificados ocorreram no substrato areia+folh o, e alguns taxa como *Bratislavia unidentata* e *Aulodrilus pigueti* apenas foram encontradas exclusivamente no mesmo, e outros grupos como Glossoscolecide, *Haplotaxis* sp., a morfoespécie 1 da subfamília Tubificinae, e *Phagodrilus* sp. foram mais abundantes neste substrato de areia+folh o. Por outro lado, a espécie *Nais communis* esteve igualmente associada aos substratos areia+folh o, areia+mo, e cascalho; enquanto *Brinkhurstia americana* apresentou maior abundâncias nos substratos areia+folh o e areia+mo ($n=45$ e $n=53$, respectivamente), mas também apresentou valores consideráveis de abundância no substrato RA+FOL ($n=13$). Por outro lado, os espécimes da família Enchytraeidae apresentaram a sua maior abundância no substrato RA+FOL ($n=448$), apresentando a segunda maior abundância no substrato MC ($n=53$). O eixo um (eixo que explica a maior varia o dos dados) evidenciou uma separa o no gráfico em rela o a carga de matéria orgânica nos substratos, localizando na parte esquerda do gráfico os micro-habitat caracterizados por baixa carga de matéria orgânica, e do lado direito os micro-habitat com uma maior carga de matéria orgânica.

A análise de similaridade (ANOSIM, Tabela 7) mostrou que existe uma diferença significativa entre as assembleias registradas nos substratos Cascalho e Areia com o substrato de Raíz+Folhído, não havendo diferença significativa na composição das assembleias com os outros substratos.

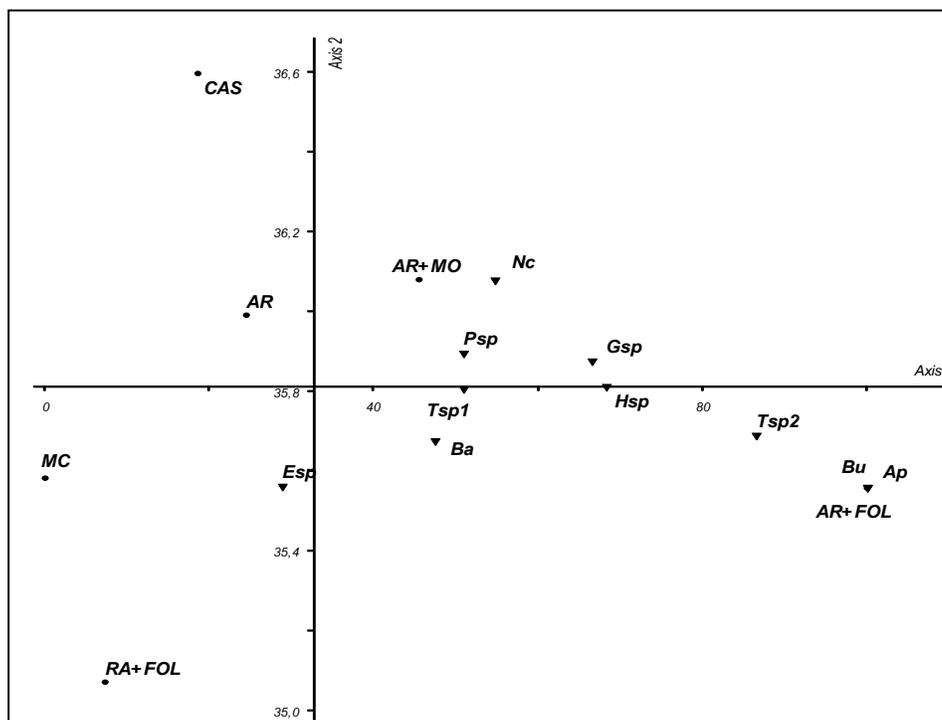


Figura 7 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos micro-habitats amostrados e a abundância das espécies registradas. Espécies: Tsp1 - Tubificinae sp1; Tsp2 - Tubificinae sp2; Ap - Aulodrilus pigueti; Nc - Nais communis; Bu - Bratislavia unidentata; Hsp - *Haplotaxis* sp.; Esp - Enchytraeidae sp.; Ba - *Brinkhurstia americana*; Ph - *Phagodrilus* sp.; Gsp - Glossoscolecidae sp. Micro-habitat: Areia (AR), Areia+Folhído (AR+FOL), Cascalho (CAS), Macrófita (MC), Areia+MOP (AR+MOP), e Raízes+Folhído (RA+FOL).

Tabela 7 - Análise de Similaridade, one-way (ANOSIM) entre os micro-habitat e a abundância da assembleia de Oligochaeta aquáticos encontrada em cada um deles. Micro-habitat: Areia (AR), Areia+Folhído (AR+FOL), Cascalho (CAS), Macrófita (MC), Areia+MOP (AR+MOP), e Raízes+Folhído (RA+FOL). (*) indica diferença significativa ($p < 0,05$)

	SUBSTRATOS					
	AR	AR+FOL	CAS	MC	AR+MO	RA
AR	-					
AR+FOL	0,7366	-				
CAS	0,3343	0,079	-			
MC	0,5676	0,7881	0,5275	-		
AR+MO	0,9411	0,5394	0,2316	0,8546	-	
RA	*0,014	0,8244	*0,003	0,3582	0,0816	-

5.5 ASSEMBLEIA DE OLIGOCHAETA AQUÁTICOS EM IGARAPÉS COM DIFERENTES GRAUS DE IMPACTO ANTRÓPICO

Não foram observadas diferenças significativas dos valores das variáveis abióticas entre os períodos de estiagem e chuva dentro de cada grupo de igarapés. Ao comparar esses valores entre os grupos, observou-se que os valores das variáveis profundidade, largura do canal, e vazão do grupo Integração apresentaram diferença significativa com os dos grupos Referência e Recuperação; assim como também se observou diferença significativa dos valores de pH entre os grupos Referência e Integração com Recuperação (teste ANOVA, $p < 0,05$). Os valores médios, máximos e mínimos de cada variável encontram-se detalhados na tabela 8.

Tabela 8 – Valores médios, máximos e mínimos das variáveis abióticas e estruturais dos grupos de igarapés amostrados em cada período (chuva e estiagem) durante a temporada de 2011. LC – Largura do canal (m), PR- Profundidade (m), TEMP- Temperatura da água (°C), COND – Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$), TU – Turbidez (NTU), O2 (mg/L).

		ESTIAGEM							
		LC	PR	TEMP	pH	COND	TU	O2	Vaz
REFERÊNCIA	Media	1,49	0,41	26,47	4,77	9,65	1,28	5,09	0,09
	Max	2,2	0,85	27	4,68	8,7	2,58	6,53	0,18
	Min	0,8	0,05	25,9	4,86	10,31	0,10	2,36	0,01
RECUPERAÇÃO	Media	1,88	0,26	26,25	5,19	13,88	4,84	5,22	0,23
	Max	4,5	0,7	27,8	5,72	29,5	13,2	7,18	0,68
	Min	0,55	0,07	25,5	4,8	7,1	0,63	0,23	0,01
INTEGRAÇÃO	Media	13,38	1,52	27,06	4,902	8,306	1,83	5,33	7,65
	Max	25,5	2,3	29,5	5,1	11,07	2,72	6,67	16,72
	Min	4,4	0,9	25,6	4,76	6,85	0,85	4,31	0,96
		CHUVAS							
		LC	PR	TEMP	pH	COND	TU	O2	Vaz
REFERÊNCIA	Media	1,89	0,55	25,27	4,85	9,51	3,60	5,77	0,21
	Max	2,4	1	25,7	4,97	10,86	10,27	7,5	0,47
	Min	1,18	0,07	25,2	4,69	6,54	0,11	4,15	0,02
RECUPERAÇÃO	Media	2,3	0,31	24,1	5,12	8,725	4,64	5,81	0,44
	Max	5	0,67	25,1	5,3	9,71	10,76	7,07	1,56
	Min	1	0,05	22,3	4,92	7,78	0,78	2,36	0,01
INTEGRAÇÃO	Media	14,88	2,34	25,16	4,86	10,67	2,04	4,54	16,18
	Max	27,5	3,1	25,6	5,01	13,62	3,34	5,5	36
	Min	3,92	0,8	24,8	4,73	9,21	0,95	3,52	0,4

A partir da Análise de Componentes Principais (Figura 15) pode se observar que as variáveis ambientais explicaram 68,06% da variação dos dados. O eixo 1 explicou 38,64% da variação dos dados, e foi caracterizado positivamente pelas variáveis largura do canal e

profundidade, e negativamente pelas variáveis turbidez e condutividade da água. O eixo 2 explicou 29,42% da variação dos dados, e as variáveis que caracterizaram este eixo foram o oxigênio dissolvido positivamente e a vazão negativamente.

Assim, os trechos amostrados se separaram em três grupos. No quadrante inferior à direita agruparam-se os trechos com maior profundidade, largura de canal e vazão. Pode-se observar no gráfico que ali se encontram quase todos os trechos pertencentes ao grupo Integração, que são de 4^a e 5^a ordem. No quadrante inferior esquerdo encontram-se os trechos que se caracterizaram por ter maiores valores de pH, turbidez e condutividade da água, assim como menor profundidade, largura do canal, vazão e oxigênio dissolvido (pontos referentes ao grupo Recuperação).

Os demais trechos de igarapés em Recuperação e de Referência analisados ficaram agrupados na parte superior do gráfico pela diferença de concentração de oxigênio dissolvido quando comparada com os valores dos outros trechos amostrados, agrupando mais do lado esquerdo do gráfico aqueles trechos com maiores valores de pH e turbidez da água; e do lado direito aqueles com menores valores de pH e turbidez da água, mostrando que existe uma diferença entre os grupos de Referência e Integração com os de Recuperação em relação a estas variáveis. A separação dos grupos não mostrou nenhuma influência do período de amostragem, estiagem ou chuva.

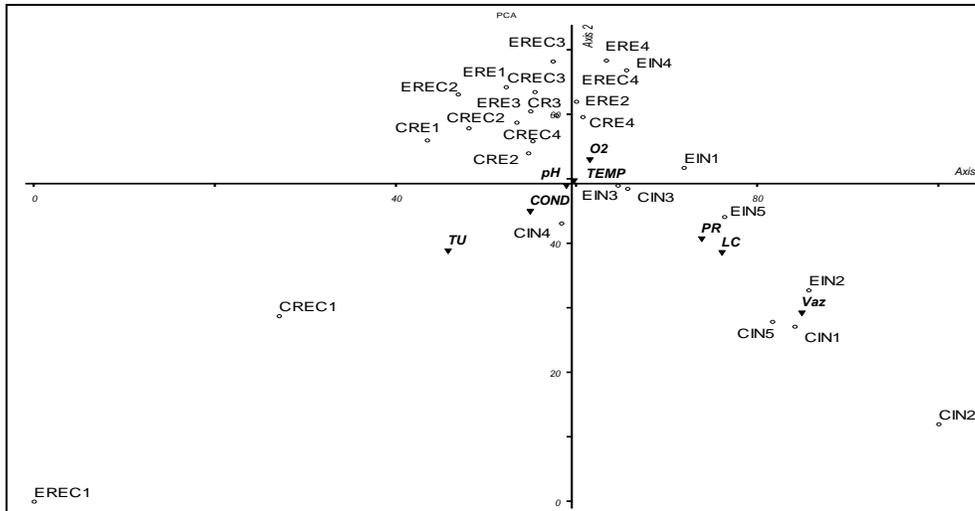


Figura 8 - Análise de Componentes Principais dos trechos respeito dos valores das variáveis ambientais de cada um deles. Foram considerados os eixos um e dois. Variáveis abióticas e estruturais dos trechos de igarapés amostrados em cada período (chuva e estiagem) durante cada ano de amostragem (2011). Variáveis ambientais: PR- Profundidade (m), TEMP- Temperatura da água (°C), COND – Condutividade (µs/cm), TU – Turbidez (NTU), O2 (mg/L). ▲ - Variáveis; ○ – Trechos. CREC – Chuva/Recuperação; CRE- Chuva/Referência; CINT – Chuva/Integração. EREC – Estiagem/Recuperação, ERE – Estiagem/Referência, EINT – Estiagem/Integração.

A fauna de Oligochaeta aquáticos registrada nos diferentes tipos de igarapés encontra-se na tabela 9. Embora a Riqueza média, Abundância média e Diversidade média dos trechos amostrados em cada grupo de igarapés não tenham apresentado diferenças significativas ($p > 0,5$); os trechos dos igarapés de Referência apresentaram a maior riqueza total ($S=7$), e os trechos dos igarapés em Recuperação apresentaram a menor ($S=1$). A riqueza dos igarapés de Integração foi intermédia ($S=3$). Além disso, a maior abundância foi registrada nos trechos de Referência, e a menor nos trechos em Recuperação, assim como também foi registrada a presença de Oligochaeta aquáticos em todos os igarapés do grupo Referência, enquanto que em igarapés de Recuperação foram registrados Oligochaeta aquáticos apenas em dois trechos amostrados.

Tabla 9 – assembleia de Oligochaeta aquáticos registrada em cada um dos trechos amostrados de cada grupo de igarapés. Diversidade de Shannon (S), Equitabilidade (J), Riqueza (S) e as espécies: Tsp1 - Tubificinae sp1; Tsp2 - Tubificinae sp2; Ap - *Aulodrilus pigueti*; Nc - *Nais communis*; Bu - *Bratislavia unidentata*; Hsp - *Haplotaxis* sp.; Esp - Enchytraeidae sp.; Ba - *Brinkhurstia americana*; Ph – *Phagodrilus* sp.; Gsp - Glossoscolecidae sp.

Espécies	TIPO													
	Referência				Recuperação				Integração					
	Ref 01	Ref 02	Ref 03	Ref 04	Rec 01	Rec 02	Rec 03	Rec 04	Int 01	Int 02	Int 03	Int 04	Int 05	
Tsp1	-	-	x	x	x	-	-	x	-	-	-	x	-	
Tsp2	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Hsp	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Esp	-	-	-	x	-	-	-	-	x	-	-	-	x	
Ba	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-	x	-	
Psp	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bu	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
S	7				1				3					
H'	1,73				0,00				0,97					
J	0,89				0,00				0,89					

Para a interpretação da Análise de Correspondência Canônica (CCA, Figura 16), que associa a ocorrência e abundância das espécies em relação aos pontos de amostragem e às variáveis abióticas que os caracterizam, retiveram-se dois eixos (Ilustração x). Os escores do eixo 1 (25,7% da variância, Eigenvalue=0,56) caracterizados principalmente pela variável Profundidade, evidenciaram que a espécie *Brinkhurstia americana* e os indivíduos da família Enchytraeidae estiveram mais associados aos trechos mais profundos. O eixo 2 (9,3% da variância, Eigenvalue=0,2) teve como variáveis associadas o oxigênio dissolvido, e os indivíduos do gênero *Phagodrilus* sp., Tubificinae sp2 e *Haplotaxis* sp. que estiveram mais associados aos trechos com maior concentração de oxigênio dissolvido na água. No que se refere à morfoespécie Tubificinae sp1 observou-se uma ocorrência da mesma em vários trechos (de referência, recuperação, e integração), no entanto foi a única espécie que ocorreu no trecho com maior turbidez e condutividade (Rec 01).

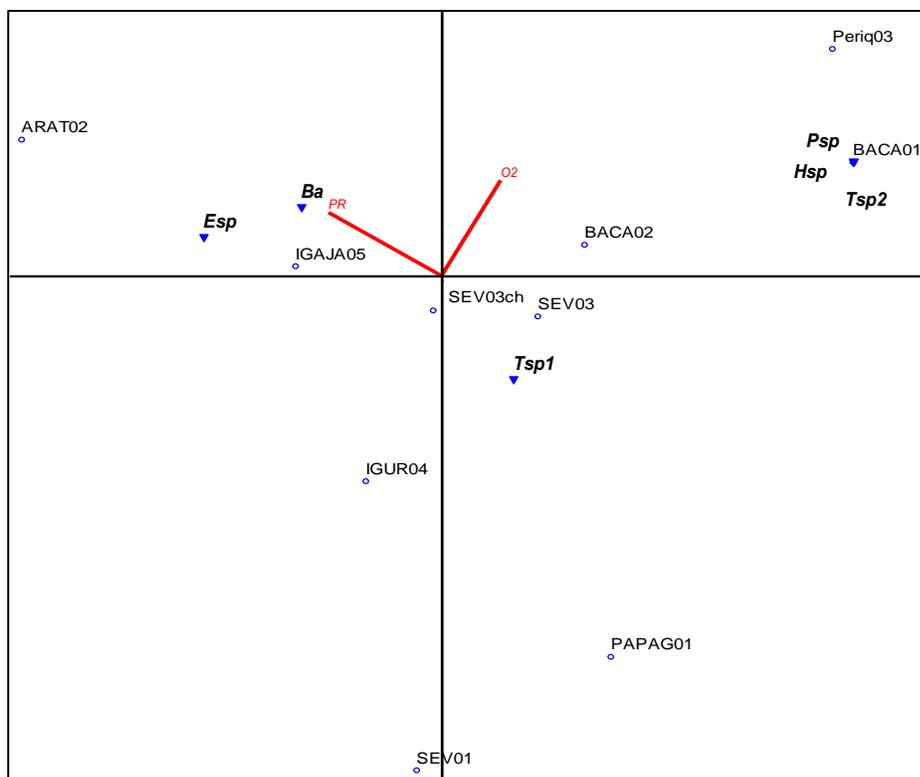


Figura 9 - Análise de Correspondência Canônica dos trechos amostrados referentes aos valores das variáveis ambientais relevantes e a abundância das espécies registradas em cada um deles. Espécies: Tsp1 - Tubificinae sp1; Tsp2 - Tubificinae sp2; Ap - *Aulodrilus pigueti*; Nc - *Nais communis*; Bu - *Bratislavia unidentata*; Hsp - *Haplotaxis* sp.; Esp - *Enchytraeidae* sp.; Ba - *Brinkhurstia americana*; Ph - *Phagodrilus* sp.; Gsp - *Glossoscolecidae* sp.

6 DISCUSSÃO

6.1 REVISÃO DE OLIGQUETAS AQUÁTICOS IDENTIFICADOS NOS IGARAPÉS DA BACIA DO RIO TROMBETAS (ORIXIMINÁ – PA).

6.1.1 FAMÍLIA ALLUROIDIDAE

6.1.1.1 *Brinkhurstia americana*

B. americana faz parte do grupo dos Megadriles aquáticos. Foi primeiramente descrita por Brinkhurst (1964) a partir de exemplares coletados em um igarapé amazônico próximo a estrada transamazônica, e outros associados a um tronco de árvore em decomposição ao lado de um igarapé na mesma localidade (Brinkhurst e Marchese, 1989). Além disso, esta espécie tem sido registrada em outros estados do Brasil, como o lago dos Patos e um tributário do rio Ivinhema no estado do Paraná (Montanhol-Martins e Takeda, 1999 e 2001), nos rios Baía e Ivinhema na planície de inundação do Alto Rio Paraná e no Rio Negro, no Mato Grosso do Sul (Behrend, *et al.* 2009; Takeda, 2000), no rio Tietê e os riachos Santa Clara e Pinheiro, em São Paulo (Pamplin, 2005; Alves e Lucca, 2000; Alves *et al.*, 2006) e no Rio Madeira no estado de Amazonas (Marcus, 1944).

Esta espécie tem sido registrada somente no continente Sul americano, sendo considerada uma espécie de Oligochaeta aquático endêmica da região Neotropical (Brinkhurst, 1964). No presente estudo, esta espécie apresentou uma baixa abundância, o que concorda com a maioria das pesquisas feitas em América do Sul nas que foi registrada esta espécie. Nestas pesquisas a espécie *B. americana* mostrou sempre uma baixa abundância. Isto coincide com as observações feitas por Marchese e Alves (*in press*), onde destaca que a espécie *B. americana* ocorre geralmente em fundos arenosos, tanto em córregos de baixa ordem como em planícies de inundação, mas sempre em uma baixa abundância. Por tanto, a ocorrência desta espécie nos igarapés amazônicos era esperada, já que é uma espécie endêmica do continente Sul americano, amplamente registrada no Brasil e países outros países limítrofes, além do fato de esta espécie já ter sido registrada em outros igarapés amazônicos.

6.1.2 FAMÍLIA GLOSSOSCOLECIDAE

Outro Megadrile identificado no presente trabalho foi uma morfoespécie da família Glossoscolecidae. Este seria o primeiro registro desta família em riachos tropicais da região amazônicas de Porto Trombetas no estado do Pará. Esta se considera uma família endêmica da região Neotropical e é composta, majoritariamente por espécies terrestres. Segundo uma revisão feita pelo autor Christoffersen (2010), existem aproximadamente 429 espécies dentro da família Glossoscolecidae, mas nenhum deles é reconhecido como aquático ou semi-aquático. Segundo Rocha (2003), este grupo é amplamente distribuído na região Neotropical, ocorrendo tanto em ambientes terrestres com altos níveis de umidade e também em água doce. Contudo, o autor não disponibiliza a bibliografia que justifica essa afirmação, portanto não foi considerada. Na revisão bibliográfica feita para este grupo, encontrou-se só registro confirmado na Colômbia (Gaviria, 1993).

Em um estudo mais recente sobre Oligochaeta terrestres na America Latina, Brown (2013) foi mostrado que apenas quatro famílias possuem hábitos aquáticos (Almide, Alluroididae, Criodrilidae e Sparganophilidae). Também evidenciou que as famílias de megadriles Enchytraeidae e Ocnerodrilidae, possuiriam algumas espécies que são somente encontradas em ambientes aquáticos como pântanos, arrozais e riachos, mas nenhum destes estudos confirma a presença da família Glossoscolecidae em ambientes aquáticos.

Na presente pesquisa, a ocorrência destes indivíduos nos igarapés foi continua ao longo dos períodos amostrados, mostrando um aumento da sua abundância em cada ano (2009, 2010 e 2011). A ocorrência desta família nas águas dos igarapés poderia ser ocasional, contudo, a sua constante ocorrência demonstra que poderia tratar-se de uma espécie semi-aquática, ou aquático. É possível que, como outros megadriles adaptados ao meio aquático, estes indivíduos possam se enterrar no sedimento com o seu corpo em forma de U deixando a cauda para fora, permitindo assim a circulação da água pelo tubo, onde fariam a troca de oxigênio, como no ambiente terrestre, mas no ambiente aquático (Brown, 2013).

6.1.3 FAMILIA ENCHYTRAEIDAE

Os indivíduos da família Enchytraeidae são considerados principalmente terrestres, incluindo espécies que são tipicamente encontradas em diferentes corpos de água, existindo espécies marinhas e polares. A distribuição nos ambientes é desigual, e pode ser um dos organismos mais abundantes em locais particulares (Wetzel, 2006), podendo ser comuns, e abundantes, em riachos com granulometria grossa, rápida correnteza e altos níveis de oxigênio (Lencioni e Maiolini 2002). O fato de que as características gerais dos igarapés amazônicos se correspondem com aquelas descritas por Lencioni (2002) como hábitat de preferência para este grupo de Oligochaeta poderia explicar porque os Enchytreideos foram o grupo mais abundante do total de Oligochaeta aquáticos identificados, com mais de 80% da abundância total. O fato de ter sido encontrado perto de 400 indivíduos em um mesmo local coincide com o proposto por Wetzel (2006) e a distribuição heterogênea destes indivíduos no ambiente aquático, ocorrendo espalhados, mas em grandes quantidades.

Espécimes da família Enchytraeidae têm sido registrados em outros países da América Latina, como Peru, Guianas, Argentina, etc. No Brasil particularmente, a família tem sido registrada em Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (Alves, *et al.*, 2008; Behrend, 2009), no Rio Iguaçu (Behrend, 2012), Alto Rio Paraná (Montanholi-Martins e Takeda 2001, Takeda 1999) e riachos preservados de baixa ordem (Alves *et al.* 2008, Gorni e Alves 2008). Este seria o primeiro registro para família em Igarapés amazônicos da região da bacia hidrográfica do Rio Trombetas, Pará. A família Enchytraeidae é um grupo geralmente subestimado nas diferentes análises, principalmente pela sua difícil identificação a nível específico. Segundo Brown (2013), na América Latina foi registrado até agora um total de 62 espécies (excluindo as marinhas), das quais 45 seriam nativas e 17 exóticas. Contudo, o conhecimento sobre este, e outros grupos de Oligochaeta, na América Latina ainda é escasso (Martins, 2008).

6.1.4 FAMILIA HAPLOTAXIDAE

6.1.4.1 *Haplotaxis* sp.

Esta espécie apresentou uma abundância relativa baixa em comparação ao total de Oligochaeta aquáticos registrados na presente pesquisa (0,04%; n=29 ind), mas ocorreu em abundância semelhante em todas as campanhas, com maior abundância no período de chuvas. Este fato não concorda com o exposto por Behrend (2009) em seu trabalho no rio Ivinhema, onde este grupo ocorreu em altas densidades no período de limnofase do rio, quando a correnteza começa a ser mais leve, carregando menos areia do sedimento, habitat preferencial destes indivíduos segundo vários autores (Marchese e Ezcurra de Drago, 1992; Montanholi Martins e Takeda, 1999 e 2001). É possível que este grupo não possua as adaptações necessárias para se estabelecer em fundos arenosos instáveis embora este seja o substrato mais utilizado por *Haplotaxis*, fazendo difícil sua colonização e permanência nestes substratos, explicando assim a sua baixa abundância no ambiente.

Segundo Christoffersen (2010), existem cinco espécies da família Haplotaxidae na América do Sul. Os registros se dividem entre Argentina, Brasil e Peru. No Brasil particularmente, tem sido registrada a espécie *Haplotaxis aedeochaeta* no estado de Paraná, nos rios Ivinhema e Paraná (Montanholi-Martins e Takeda, 2001 e 1999, respectivamente). O registro feito neste trabalho seria o primeiro para o estado do Pará e a região dos igarapés amazônicos da bacia do Rio Trombetas.

6.1.5 FAMILIA LUMBRICULIDAE

6.1.5.1 *Phagodrilus* sp.

No presente trabalho, este grupo apresentou uma abundância total de 24 indivíduos, ocorrendo de forma regular em cada um dos períodos, e registrou-se sua menor abundância no período de chuva de 2009. O gênero *Phagodrilus* foi um dos taxos mais abundantes dos registrados neste trabalho, e esta abundância poderia estar associada à preferência da

família Lumbriculidae por este tipo de ambientes. Segundo Wetzel (2006), os lumbriculidos ocorrem em abundância em locais de corredeira não muito forte, assim como também em fundos de cascalho limpo, em fundos de areia fina, ou sedimentos orgânicos finos sem muita redução da concentração de oxigênio; isto concorda com as características gerais dos igarapés da região de Porto Trombetas, que na sua maioria possuem fundos arenosos (tanto de areia fina, cascalho e matéria orgânica fina), com vários tipos de corredeiras e remansos. Embora os lumbriculidos sejam considerados de águas frias, a bibliografia não indica que a ocorrência do grupo possa estar limitada pela temperatura.

Este gênero pertence à família de microdrilos Lumbriculidae. Atualmente, esta família possui 26 gêneros e 204 espécies na região Holártica (Martins, 2008). Só duas espécies peregrinas ocorrem na América do Sul, *Lumbriculus variegatus* (Müller, 1774), e *Stylogdrilus heringianus* (Claperède, 1862) as quais, possivelmente, teriam sido introduzidas por água de lastro de navios (Brinkhurst e Jamieson, 1971). No presente estudo foi registrado o gênero *Phagodrillus* (McKey-Fender, 1988), que inicialmente seria um gênero endêmico da costa oeste de América do Norte, existindo aproximadamente 15 espécies deste gênero. Este seria o primeiro registro deste gênero no Hemisfério Sul e, por conseguinte, também para América do Sul, Brasil e o estado do Pará. Segundo relatórios da empresa ALCOA, a empresa Mineração Rio do Norte (MRN), é encarregada de prover de bauxita a costa oeste dos Estados Unidos da América. No entanto, até agora, não tem sido possível saber qual o sistema de transporte utilizado para o traslado do material desde Porto Trombetas até a costa oeste dos Estados Unidos da América. Caso o material seja trasladado através de barcos, é possível que esta espécie tenha chegado à região da bacia do Rio Trombetas na água de lastro dos navios, da mesma forma que as outras duas espécies exóticas da família Lumbriculidae citadas anteriormente.

6.1.6 FAMILIA NAIDIDAE (Subfamília Naidinae)

6.1.6.1 *Nais communis*

Os igarapés amazônicos são sistemas que recebem um grande aporte de matéria orgânica da floresta circundante, geralmente em forma de folhas inteiras, troncos ou galhada e cascalho, substratos difíceis de colonizar, principalmente, por indivíduos tão pequenos como são os Naidideos. Os mesmos são considerados o grupo de menor tamanho dos Oligochaeta aquáticos que, embora possua uma boa capacidade de locomoção, a mesma se dificulta em ambientes com correnteza. Além disso, os igarapés amazônicos são ambientes pobres em plantas aquáticas, gastrópodes e esponjas, substratos aos que geralmente esta espécie encontra-se associada. Por tais fatos, que *Nais communis* ocorre abundantemente em ambientes lênticos como lagos e lagoas, que geralmente possuem correnteza leve ou nula, a deposição de matéria orgânica finamente particulada é maior, e geralmente são colonizados por vários tipos de plantas aquáticas. A forte correnteza, a pouca quantidade de matéria orgânica particulada fina, a baixa produção primária, e a falta de macrófitas nos igarapés estudados poderiam explicar a baixa abundância desta espécie na hidrobacia do Rio Trombetas. Embora possam sobreviver neste tipo de ambientes, os igarapés possuem características principalmente físicas e químicas, que limitam a colonização desta espécie nos igarapés.

A maioria das espécies pertencente aos chamados naidideos (Subfamília Naidinae) são considerados cosmopolitas, e muitos se encontram adaptados a uma vasta gama de condições ambientais (Brinkhurst e Jamieson, 1971). Esta subfamília possui vários registros na América do Sul, principalmente na Argentina, Brasil, Peru, Colômbia e Equador. Particularmente no Brasil, a espécie *Nais communis* foi registrada em diferentes estados como, por exemplo, em Minas Gerais (Linhares Frizzera e Alves, 2012; Martins e Alves, 2008), São Paulo (Marcus, 1943; Gorni e Alves, 2006 e 2012; Alves, 2006; Alves e De Lucca, 2000), Paraná (Behrend, *et al.* 2012; Ragonha, *et al.* 2013), Mato Grosso do Sul (Behrend, *et al.* 2009) e o estado de Alagoas (Marcus, 1943). Esta espécie possui uma distribuição cosmopolita e, segundo Martin (2008), a subfamília à que pertence este grupo é

a mais homoganeamente distribuída entre as diferentes regiões zoogeográficas. Já foi registrada em diferentes tipos de ecossistemas aquáticos no Brasil como, por exemplo, rios, riachos, lagoas, áreas alagadas, etc., estando geralmente associada a diferentes substratos como plantas aquáticas, flutuantes e submersas, e a outros invertebrados como, por exemplo, esponjas e larvas de odonata (Corbi *et al.* 2004) e gastrópodes (Gorni e Alves, 2006). Por tanto, a ocorrência deste grupo nos ambientes estudados é esperável.

6.1.6.2 *Bratislavia unidentata*

Bratislavia unidentata é a outra das espécies da Subfamília Naidinae registrada neste trabalho. A ocorrência mais distante desta espécie é a América do Norte, possuindo vários registros no hemisfério Sul como, por exemplo, no Rio de La Plata e os riachos Baldovino e Zapata (Gluzman, 1987) e em Corrientes (Varela, 1984); também em Suriname (Harman, 1974) e no Brasil. Neste último foi registrada no Paraná (Rio Ivinhema) e no Mato Grosso do Sul e no Rio Negro (Behrend, 2009 e Takeda, 2000, respectivamente). O presente registro seria o primeiro para o estado do Pará e os igarapés da bacia do Rio Trombetas. Esta espécie apresentou baixa abundância, ocorrendo só um indivíduo em apenas um ponto de amostragem. Isto poderia estar relacionado com o hábito alimentar desta espécie (herbívoros-detritívoros), que geralmente se alimenta de algas perifíticas, particularmente diatomáceas, e também plantas aquáticas em decomposição. O fato dos igarapés serem ambientes heterotróficos com uma baixa produção primária, limita os recursos desta espécie já que, como dito anteriormente, estes ambientes possuem escassa quantidade de plantas aquáticas (Armendáriz, 2012).

6.1.7 FAMÍLIA NAIDIDAE (Subfamília Tubificinae)

6.1.7.1 *Aulodrilus pigueti*

Da mesma forma que os naidídeos, os tubificídeos (taxas pertencentes à subfamília Tubificinae) também se encontram amplamente distribuídos pelas diferentes regiões zoogeográficas. Particularmente a espécie *Aulodrilus pigueti* é considerada cosmopolita e

dentro da América do Sul possui registro em diferentes países como Argentina, Perú, Colômbia, Guianas e Brasil. No Brasil particularmente, esta espécie possui registro em distintos tipos de corpos de água, desde riachos até reservatórios, nos estados do Paraná (Montanholi-Martins e Takeda, 2001; Behrend, 2012), no Mato Grosso do Sul (Righi, 1973) e em São Paulo (Alves e Strixino, 2000 e 2003), sendo este o primeiro registro da espécie para o estado do Pará e para os igarapés amazônicos da bacia do Rio Trombetas (PA).

A. pigueti apresentou a segunda menor abundância relativa (AR=0,26%, n=2) no presente trabalho, a presença desta espécie só no período de cheia coincide com o proposto por Behrend *et al.* (2009). Segundo este mesmo autor, esta espécie se adapta às diferentes condições dos ambientes aquáticos, tanto lóticos como lênticos, e possui maior adaptação às épocas de enchente, por possuir adaptações corporais para sobreviver a estes períodos. Contudo, a baixa abundância de *A. pigueti* poderia estar associada à escassa quantidade de matéria orgânica particulada fina e a baixa quantidade de nutrientes nos ambientes estudados, já que esta espécie encontra-se principalmente em ambientes mesotróficos ou permanentemente enriquecidos de nutrientes (Rodríguez e Reynolds, 2011; Moretto *et al.*, 2013), que faz dela um importante indicador da qualidade ambiental pela sua sensibilidade (tolerância) à poluição orgânica e/ou industrial.

Para as outras duas morfoespécies de tubificídeos (Subfamília Tubificinae) registradas neste estudo (Tubificinae sp1 e Tubificinae sp2) não foi possível atingir o nível específico e de gênero por não se encontrarem indivíduos maduros que permitissem à sua identificação. Existem duas espécies de tubificídeos particularmente representativas ao longo do globo, e que ocorrem em praticamente todos os ambientes aquáticos, *Tubifex tubifex* e *Limnodrilus hoffmeisteri* (Martin, 2008) e já têm sido amplamente registradas no Brasil, mas não é possível saber se trata de alguma destas espécies, já que é necessário indivíduos adultos maduros sexualmente para a sua identificação específica.

6.2 DISTRIBUIÇÃO DE OLIGOCHAETA AQUÁTICOS NA BACIA DO RIO TROMBETAS (ORIXIMINÁ-PA)

Conforme aos resultados alcançados neste estudo, foi possível observar que as microbacias dos igarapés Saracá e Araticum foram as mais ricas, diversas e semelhantes entre si em relação à assembleia de Oligochaeta aquáticos registrada em cada uma delas. A separação destas microbacias nos testes de similaridade poderia estar influenciada pela diferença na abundância das espécies encontrada em cada uma delas (a microbacia do igarapé Saracá apresentou pouco mais de 1/3 da abundância da microbacia do igarapé Araticum), e também pela ocorrência de duas espécies que se encontraram exclusivamente em cada uma delas (*Aulodrilus pigueti* e *Bratislavia unidentata* respectivamente).

A similaridade das assembleias de Oligochaeta aquáticos registradas nas microbacias dos igarapés Saracá e Araticum poderiam estar associada à sua localização (orientação) na bacia do rio Trombetas, já que ambas drenam no mesmo sentido (para o lago Sapucaá), e geograficamente são as mais próximas entre si, facilitando a dispersão dos Oligochaeta entre os igarapés destas duas microbacias, já que segundo Richardson e Danehy (2007), os riachos de cabeceira geralmente encontram-se desconectados entre eles, e isolados um do outro dentro da bacia dos grandes rios, o que limitaria as oportunidades de dispersão dos organismos de que possuem um tipo de dispersão passiva entre os igarapés mais afastados.

O fato dos Oligochaeta aquáticos possuírem uma forma de dispersão passiva faz com que a colonização de lugares propícios para o seu desenvolvimento seja muito restrita e casual quando comparado com os corpos de água pertencentes às várzeas de inundação de grandes rios, onde em determinados períodos os corpos de água se conectam permitindo a homogeneização das comunidades. Nos igarapés isolados da bacia do Rio Trombetas, os Oligochaeta aquáticos dependem de fatores ao acaso para colonizar os locais afastados como outras microbacias, e até mesmo outros igarapés de uma mesma microbacia. Uma vez que a dispersão dos Oligochaeta aquáticos é passiva, os mesmos dependem de vetores como aves, anfíbios, mamíferos, etc. para o seu deslocamento e colonização de outros ambientes aquáticos próximos. Porém, o deslocamento dos seus vetores de dispersão difere

de uns pra outros, sendo os mais comuns e potenciais vetores, aqueles de pequeno porte associados à água (anfíbios, répteis, outros invertebrados, etc), sendo menos comuns aqueles de grande porte (como mamíferos e aves) e com maior área de deslocamento. Isto limita a possibilidade dos Oligochaeta aquáticos de colonizar ambientes mais distantes. Estes fatos justificariam que, em certo modo, que microbacias mais próximas geograficamente entre si e com a mesma orientação na bacia de drenagem, possuam uma maior semelhança nas assembleias de Oligochaeta aquáticos registrada em cada uma delas.

A justificativa exposta anteriormente também explicaria a marcada diferença entre as microbacias dos igarapés Jamarí e Moura em relação às outras microbacias. Ambas microbacias possuem uma orientação diferente, drenando para lugares contrários; a microbacia do igarapé Jamarí para o rio Nhamundã, e a microbacia do igarapé Moura para o Lago Moura, se localizando afastadas uma da outra, fazendo de importante barreira geográfica para vários grupos de organismos, dificultando a conexão entre os ambientes e, por conseguinte, a dispersão de grupos com dispersão passiva.

A diferença da assembleia de Oligochaeta aquáticos entre as diferentes microbacias pertencentes à bacia do rio Trombetas reforça a teoria de que para avaliar a diversidade aquática de um sistema fluvial, é preciso estudá-lo como uma rede e não de forma linear como indicado por teorias como o Rio Contínuo. Embora a diversidade local dos riachos de cabeceira seja baixa, os mesmos fazem um grande aporte à diversidade em escala regional. Os riachos de baixa ordem geralmente possuem espécies exclusivas deste tipo de ambientes, que não são encontradas em riachos de ordens maiores. Esta exclusividade de espécies nos riachos de baixa ordem faz com que a contribuição dos mesmos à diversidade da paisagem seja relevante. Se a bacia fosse avaliada de forma linear, perder-se-iam importantes componentes da diversidade regional. Isto pode ser observado na presente pesquisa, onde se acharam espécies de Oligochaeta aquáticos exclusivas em duas microbacias, registrados em riachos de ordem mais baixa.

6.3 DISTRIBUIÇÃO DOS OLIGOCHAETA AQUÁTICOS EM FUNÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ABIÓTICAS DOS IGARAPÉS DA BACIA DO RIO TROMBETAS

Riachos no geral se caracterizam por uma extensa variabilidade espacial e temporal nas suas características abióticas, e só umas poucas variáveis são responsáveis pelas variações em certas comunidades aquáticas (Ramirez, 2006). Estas características encontram-se mais marcadas em riachos de climas temperados, já que riachos de climas tropicais geralmente possuem pouca variabilidade em variáveis físicas e químicas como, por exemplo, a temperatura da água, que permanece constante no tempo, e que poderia não ser considerada como uma variável que determina a estruturação das comunidades bentônicas (Ramirez, 2006).

Os Igarapés de terra firme têm sido descritos como corpos de água com características particulares como, por exemplo, temperatura d'água constante e águas ácidas. Estas características coincidem com as identificadas na presente pesquisa onde variáveis como a temperatura, pH, condutividade, oxigênio dissolvido na água, turbidez, e características físicas dos ambientes como a profundidade e a largura dos canais (e a vazão) não apresentaram diferenças significativas no tempo e entre os períodos de estiagem e chuva, embora houve uma diferença nos valores das variáveis como pH, condutividade da água, e turbidez, de um período para o outro. A pequena variação dos valores destas variáveis, observada entre os períodos de estiagem e chuva nos igarapés da bacia do Rio Trombetas, tem sido registradas em outros trabalhos realizados em igarapés amazônicos (Callisto e Esteves, 1998; Coimbra-Horbe, 2013). A variação pode ser atribuída ao aumento da quantidade de material alóctone nos igarapés durante o período de chuvas, já que ao aumentar a frequência de chuvas e a enchente dos grandes rios neste período, é gerado um aumento no número de áreas alagadas, assim como também um aumento do contato e aporte da floresta que circunda os igarapés. Assim, a turbidez dos ambientes aumenta devido à entrada de material vindo da floresta e o material resuspendido, produzindo uma redução no pH e um aumento na condutividade pela aumento de substâncias húmicas na água.

Os resultados da presente pesquisa sugerem que os igarapés amazônicos são sistemas muito homogêneos em relação às variáveis físicas e químicas da água e estruturais do ambiente. A maior semelhança encontra-se entre os igarapés de primeiras ordens (1^a até 3^a), apresentando diferenças com igarapés de ordem maior (4^a e 5^a), principalmente no que refere a características de profundidade da coluna da água, largura do canal e vazão. Igarapés de pequena ordem (1^a até 3^a ordem) foram mais semelhantes entre si em relação à profundidade e largura dos canais; porém, são muito diferentes dos igarapés de ordens maiores que possuem maior profundidade da coluna da água, largura de canal e vazão. Porém, muito semelhantes em relação às outras variáveis físicas e químicas dos igarapés. Tal fato, explicaria porque o resultado da Análise de Correspondência Canônica mostrou relações leves entre a abundância dos taxa com as variáveis abióticas e estruturais dos ambientes estudados. Isto leva a pensar que a estruturação dos Oligochaeta aquáticos nos igarapés amazônicos não estaria diretamente influenciada pelas características abióticas dos mesmos, sendo as características estruturais dos igarapés as que estariam influenciando na mesma.

A influência da profundidade da coluna da água, a largura do canal e a vazão do mesmo na estruturação da assembleia de Oligochaeta aquáticos registrada no presente estudo se assemelha com o exposto por autores como Moretto *et. al.* (2013) e Behrend *et. al.* (2009) e Montanholi-Martins e Takeda (2001), que observaram uma influência da profundidade da coluna da água e concentração de oxigênio dissolvido na água como algumas das variáveis estruturadoras da assembleia de Oligochaeta nos ambientes por eles estudados. No presente estudo pode se observar, por exemplo, que as morfoespécies de tubificídeos, espécies do gênero *Haplotaxis* e da família Enchytraeidae, estiveram associadas a sítios mais profundos em períodos de enchente com baixas concentrações de oxigênio dissolvido no fundo, como assim também as espécies *A. pigueti* e *B. unidentata* associados a ambientes mais rasos e águas mais lentas em períodos de estiagem.

6.4 DISTRIBUIÇÃO DOS OLIGOCHAETA EM RELAÇÃO AOS SUBSTRATOS AMOSTRADOS NOS IGARAPÉS DA BACIA DO RIO TROMBETAS

Segundo Verdonshot (1989), a presença e distribuição das diferentes espécies de Oligochaeta aquáticos dependem de vários fatores, entre estes, o tipo de substrato, variações físicas e químicas da água, interações bióticas, e disponibilidade de alimento. Afirmando também que a velocidade da corrente, a matéria orgânica, e o substrato mineral são fatores importantes para a estruturação dos Oligochaeta aquáticos.

No presente estudo observou-se que a maioria dos taxos ocorreram no micro-habitat de areia com folhiço. Este micro-habitat apresentou a maior riqueza e diversidade de Oligochaeta aquáticos em comparação com os outros micro-habitat amostrados. Caracteriza-se por ser um substrato que fornece alimento e refúgio para diferentes espécies de macroinvertebrados e peixes. A espécie *A. pigueti* e a maioria dos indivíduos da subfamília dos tubificideos foram registrados com maior abundância neste tipo de substratos, que corrobora a bibliografia consultada (Alves e Strixino, 2000; Behrend, 2009), que enfatiza que estes taxos são geralmente associados a sítios com bastante matéria orgânica em decomposição. Particularmente, os tubificideos ingerem partículas de sedimento, digerindo espécies específicas de bactérias, acelerando assim a oxidação da matéria orgânica (Wavre e Brinkhurst, 1971). Além disso, as espécies dos gêneros *Haplotaxis* e *Phagodrilus* são consideradas predadoras. Segundo McKey-Feder e Feder (2001) e Brinkhurst e McKey-Fender (1991) estes gêneros ingerem pequenos Oligochaeta e outros macroinvertebrados com as suas faringes musculares bem desenvolvidas, o que justificaria a sua maior ocorrência neste substrato, que é geralmente colonizado por uma ampla variedade de invertebrados bentônicos e bactérias. Neste micro-habitat estes gêneros encontrariam os recursos necessários para a sua sobrevivência (McKey-Fender e Fender, 2001; Brinkhurst e McKey-Fender, 1991).

A ocorrência da espécie *Nais communis* foi baixa e de igual abundância nos substratos de areia com matéria orgânica particulada fina, areia com folhiço e em cascalho (um indivíduo em cada um destes). Segundo Dumnicka (1994), esta espécie encontra-se associada a substratos rochosos em áreas com correnteza como registra na sua pesquisa, onde indivíduos desta espécie encontram-se associados a substratos rochosos cobertos com lama em riachos de primeira ordem. Segundo Dumnicka (1994), o substrato rochoso

oferece proteção contra predadores para a espécie *Nais communis*, assim como assim também favorecem o crescimento de algas, um dos seus principais itens alimentícios, e um fator importante na distribuição das espécies da subfamília Naidinae. Além disso, segundo Verdonschot (1999), *Nais communis* é uma espécie que geralmente se encontra associada a substratos compostos por areia fina e sedimentos orgânicos de granulometria fina, isto justificaria o que foi registrado no presente estudo, indivíduos de naidideos associados a micro-habitat de folhiço com matéria orgânica. A mesma justificativa se estende para a espécie *B. unidentata*, que por fazer parte da subfamília Naidinae comparte certas características ecológicas com a espécie *Nais communis*.

A família Enchytraeidae, é comumente associada a riachos com granulometria grossa, forte correnteza e altas concentrações de oxigênio dissolvido (Lencioni e Maiolini 2002; Rodrigues, 2013). No presente estudo, embora a família tenha sido registrada em todos os tipos de substrato amostrados, esteve sua maior abundância associada a Raízes (n=433), num igarapé de primeira ordem, raso, de água transparente, e com concentrações moderadas de oxigênio dissolvido na água, numa área considerada preservada. As características gerais do igarapé onde a família Enchytraeidae foi registrada em maior abundância se assemelha com as características gerais dos riachos descritos por Rodrigues (2013), em riachos neotropicais preservados da região de Minas Gerais, e com os dados apresentados por Alves *et al.* (2008) (riachos de baixa ordem no estado de São Paulo) onde também foi registrada esta família. Porém, as características físicas e químicas da água, principalmente a temperatura, condutividade e pH dos valores registrados no presente estudo diferiram marcadamente dos registrados por Alves *et al.* (2008). Em Alves *et al.* (2008) a família Enchytraeidae foi registrada com baixa abundância (n=2) em locais com baixa temperatura (16°C), pH com valores de neutro a básico (7 a 8,5 aproximadamente) e condutividade alta a respeito dos valores da presente pesquisa (172,6 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). No presente estudo, esta família ocorreu em grande abundância em águas com temperatura maior a 25°C, com valores baixos de condutividade, e pH ácido. Além disso, esta família ocorreu em menor abundância em substratos de cascalho, ao contrario do comumente estabelecido para este grupo. Isto demonstra o exposto por Erséus (2005), que remarca característica da família Enchytraeidae de ser um grupo que ocorre em uma ampla gama de

condições ambientais, o que lhe permite colonizar uma grande variedade de ambientes, tanto terrestres, semi-aquáticos e aquáticos, de características abióticas diferentes.

Particularmente, a espécie *Brinkhurstia americana* foi registrada na maioria dos substratos menos no Cascalho. Segundo Marchese e Alves (in press), esta espécie ocorre geralmente em sedimentos arenosos, tanto em córregos de baixa ordem como em planícies de inundação, como assim também se encontra associada a bancos arenosos em grandes rios, sempre em baixa abundância. Outros autores como Omodeo e Coates (2001) associam-na a ambientes lênticos como reservatórios, com fundos carregados de matéria orgânica.

Segundo os valores do teste de similaridade ANOSIM, em geral, não houve uma diferença marcada da assembleia de espécies nos micro-habitats, o que faz pensar que não existe uma preferência dos diferentes táxas de Oligochaeta aquáticos por micro-habitats em particular, ocorrendo geralmente em micro-habitats disponíveis no local e que satisfazem as suas necessidades ecológicas. Dependendo das características dos igarapés, geralmente nem todos os substratos encontram-se presentes no ambiente. Segundo Souza Reis (2011), por exemplo, o substrato de folhiço é majoritariamente encontrado em igarapés de baixa ordem (1ra a 3ra), reduzindo a ocorrência de acumulação de folhas em igarapés de ordem maior. Pelo contrário, o substrato de areia é quase constante nos igarapés, já que o fundo dos mesmos é arenoso, mas dependendo do local pode estar sujeito a maior deslocamento das partículas do fundo, modificando completamente as características do micro-habitat dependendo da correnteza. Já raízes, macrófitas e cascalho, não se encontram em todos os pontos de coleta, sendo geralmente escassa. Por tanto, a distribuição dos Oligochaeta respeito dos substratos estaria relacionada não só com a preferência dos Oligochaeta aquáticos por certas condições ecológicas brindadas pelos substratos, senão também com a disponibilidade dos mesmos nos trechos amostrados.

6.5 COMPARAÇÃO DA ASSEMBLEIA DE OLIGOCHAETA ENTRE IGARAPÉS COM DIFERENTES GRAUS DE IMPACTO ANTROPICO

Ao comparar diferentes trechos dos igarapés em função do grau de impacto (grupo de Referência sem impacto; de Recuperação, que já foram impactados e estão em processo de recuperação; e de Integração, que se encontram na base das microbacias de drenagem e recebem a influência dos outros igarapés), não se observaram diferenças na riqueza média dos trechos amostrados. Porém, os grupos mostraram diferenças significativas na assembleia de Oligochaeta, como assim também nas condições físicas e químicas que os caracterizam.

A Análise de Componentes Principais, realizada para observar a variação dos dados a respeito da diferença nas características abióticas dos igarapés, mostrou que alguns dos trechos em recuperação possuem características físicas e químicas diferentes das do resto dos igarapés estudados.

O grupo dos Oligochaeta tem sido utilizado em diferentes índices bióticos como indicadores das condições ambientais de riachos, mas em muitos estudos este grupo é omitido da comunidade bentônica, e quando não, os indivíduos são identificados, ao muito, até família. Nos igarapés em recuperação do presente estudo, os Oligochaeta aquáticos tiveram a menor riqueza, com apenas uma taxa presente pertencente à subfamília dos tubificídeos. A Análise de Correspondência Canônica, que associa as características dos ambientes com presença e abundância das taxas, mostrou que a morfoespécie Tsp1 esteve associada a um igarapé raso com valores maiores de condutividade da água, maiores valores de turbidez, e os menores valores de concentração de oxigênio dissolvido na água. Estudos demonstram que diferentes espécies da subfamília Tubificinae possuem tolerância à poluição orgânica e se encontram em grandes quantidades, não só por causa da sua resistência às baixas concentrações de oxigênio, mas também por causa de redução na taxa de competição e predação no local (Brinkhurst and Jaimeson, 1971 em Martins, 2008) portanto, têm sido usados como bioindicadores de impacto ambiental (Rodríguez, 2011; Alves *et. al*, 2008; Alves e Lucca, 2000).

Por outro lado, embora tenha sido demonstrado que existem padrões de distribuição que estão associados com o grau de contaminação, e certas assembleias de espécies terem sido correlacionadas com os seus fatores estressantes, as assembleias podem mudar regionalmente, tornando complicada a sua generalização e comparação. A presença de uma espécie só nos igarapés em recuperação poderia ser causa de que a fauna bentônica dos igarapés impactados foi dizimada no período do impacto, ficando unicamente as espécies tolerantes de tubificídeos, capazes de sobreviver aos impactos e modificações drásticas do ambiente. Também é possível que a fauna de Oligochaeta aquáticos também tenha sido completamente eliminada do ambiente durante o tempo do impacto e que estejam em processo de recolonização, já que se sabe que os Oligochaeta no geral são dos grupos que ocorrem nas fases iniciais do processo de colonização dos substratos, junto com bactérias e fungos, gerando as condições necessárias para a colonização de outros grupos de indivíduos.

Além disso, ao analisar a comunidade geral dos macroinvertebrados dos igarapés em recuperação, durante os dois períodos de amostragem, a mesma esteve principalmente constituída, além de indivíduos do grupo dos Oligochaeta, por diferentes grupos de dípteras, majoritariamente da família Chironomidae e Ceratopogonidae, grupos característicos em lugares com alto grau de impacto. Callisto, e Esteves (1998), observaram uma grande variação na assembleia de Chironomidae em igarapés sob influência da mineração de bauxita na mesma região da área de estudo da presente pesquisa, encontrando variação da riqueza e abundância deste grupo em sítios com diferentes graus de impacto (aqueles com maior grau de impacto tiveram uma menor riqueza e abundância de Chironomidae), considerando este grupo como um bom indicador das condições ambientais. Por outro lado, quando comparados os macroinvertebrados dos igarapés em recuperação com a fauna de macroinvertebrados geral encontrada nos igarapés dos grupos de Referência e Integração, encontramos que estes últimos possuem uma fauna mais variada, com a presença de grupos com alta sensibilidade a impactos como, por exemplo, os Trichopteras, Ephemeropteras e Plecopteras. Por tanto, é possível pensar que os igarapés em recuperação estudados ainda se encontrem em condições desfavoráveis para a

recolonização dos outros grupos de macroinvertebrados que compõem o bônitos dos igarapés.

Através da Análise de Componentes Principais podemos observar que as demais espécies registradas no presente estudo estiveram associadas aos igarapés de referência e integração. Os gêneros *Phagodrilus* sp., *Haplotaxis* sp. e indivíduos da morfoespécie da subfamília Tubificinae, estiveram associados a igarapés de referência de primeiras ordens em bom estado de conservação. Como já foi dito anteriormente, os indivíduos do gênero *Phagodrilus* e *Haplotaxis* encontram-se mais associadas a substratos de folhiço, onde possuem maior disponibilidade de alimento, já que são gêneros onde a maioria de suas espécies é predadora, e também ganham refúgio. Segundo Souza Reis (2011), o substrato de folhiço é principalmente encontrado em igarapés de menor ordem, como é o caso do igarapé Ref. 01 e Ref. 02, o que justifica a presença destas espécies nestes igarapés, que brindam o substrato que as mesmas precisam para sobreviver.

A família Enchytraeidae encontrou-se associada principalmente a igarapés de integração, que são os de ordens maiores (4ta e 5ta), e apresentam maior profundidade, correnteza e bom estado de conservação. A presença deste grupo nestes locais concorda com o exposto por Alves *et al.* (2008), Lencioni e Maiolini (2002) e Rodrigues (2013), que destacam a capacidade desta espécie de suportar fortes correntezas em córregos preservados. Por outro lado, a espécie *B. americana*, também esteve associada a estes igarapés de ordem maior. Esta espécie é caracterizada por se encontrar em sedimentos arenosos instáveis e fortes correnteza de grandes rios.

Porém é importante destacar que possivelmente a ausência de Oligochaeta nos igarapés em recuperação seja por causa de três fatos; a dificuldade de colonização deste grupo neste tipo de ambiente; baixa abundância deste grupo nos igarapés da região que possam atuar como fonte de dispersão; e as condições e substratos dos igarapés que estão se recuperando. Brederveld (2011) mostrou no seu estudo que a abundância de um grupo de espécies locais e regionais é um importante fator para prever o sucesso de (re)colonização

em ambientes aquáticos: espécies abundantes por perto e/ou nas áreas ao redor, são mais propensas a colonizar setores em recuperação. A possível não recuperação de um ambiente provavelmente significa que existe ou existe uma forte limitação de dispersão das espécies desde a fonte (barreiras de dispersão), baixa abundância do grupo no local ou na região, ou as espécies que chegam não conseguem colonizar porque possuem requerimentos ambientais muito mais específicos, ou ambos. Sendo os Oligochaeta aquáticos organismos com dispersão passiva, que dependem de fatores ao acaso para sua dispersão, e que se encontra em baixa abundância nos ambientes estudados, a sua capacidade de recolonização destes ambientes que tem sofrido um grande impacto encontra-se limitada e dependente dos vetores de dispersão, das condições do ambiente a colonizar, e das características ecológicas da espécie pioneira. Por tanto, a colonização dos igarapés amazônicos pode ser um processo demorado.

7 CONCLUSÃO

- Na Floresta Nacional Saracá Taquera foi registrada uma baixa abundância, riqueza e diversidade de Oligochaeta aquáticos.
- Os igarapés da bacia do rio Trombetas apresentam certa homogeneidade em relação às suas variáveis abióticas no tempo, sem variação significativa entre os períodos de estiagem e chuva. Os igarapés de 1^a a 3^a são os mais semelhantes entre si e diferem marcadamente dos igarapés de 4^a e 5^a ordem. A principal diferença entre estes igarapés encontra-se nas suas variáveis estruturais como são a profundidade, largura do canal e vazão.
- Não existe uma relação marcada entre as características abióticas dos igarapés da região do rio Trombetas e a assembleia de Oligochaeta aquáticas presente nos mesmos.
- Existe uma preferência pelo substrato dos Oligochaeta aquáticos, mostrando concordância com os requerimentos ecológicos das espécies.
- Há uma diferença marcada entre a fauna de Oligochaeta aquáticos registrados nos grupos de igarapés de referência, integração e recuperação. Sendo os igarapés em recuperação menos diversos e com menor abundância e os de referência os mais diversos e com maior abundância de Oligochaeta aquáticos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo foram identificados 10 taxa de Oligochaeta aquáticos, dos quais seis destes foram considerados o primeiro registro para o estado do Pará e a bacia do Rio Trombetas, e particularmente um destes taxa (*Phagodrilus* sp.) considerado um grupo endêmico da costa oeste dos Estados Unidos da América, e exótico para a região da bacia do Rio Trombetas. Este seria o primeiro registro no Brasil, na América do Sul e no hemisfério sul do gênero *Phagodrilus* e, embora existam algumas tentativas de explicar como este grupo pode ter e colonizado amplamente estes ambientes, é necessário que continue o seu monitoramento na bacia do Rio Trombetas e o possível efeito que o mesmo poderia trazer para o ambiente, já que se trata de um organismo com comportamento predador. Além disso, foi possível observar nesta pesquisa que a abundância total, riqueza e diversidade de Oligochaeta aquáticos na bacia do Rio Trombetas são baixas, sendo um grupo de baixa ocorrência na comunidade do fundo dos igarapés desta região.

Enquanto à distribuição de Oligochaeta aquáticos em igarapés amazônicos da bacia do Rio Trombetas, a mesma parece estar levemente influenciada pelas condições físicas e químicas do ambiente. Embora os igarapés no geral possuam uma grande homogeneidade respeito das características abióticas deles ao longo do tempo, assim como também uma semelhança entre estes, a ocorrência marcada de certas espécies em locais mais profundos ou com características abióticas particulares, se pode observar nas diferentes análises realizadas. Assim como também pôde-se observar que os Oligochaeta aquáticos apresentam certa preferência pelo tipo de substrato concorde a seus requerimentos ecológicos. Porém, a ocorrência dos diferentes substratos nos igarapés também se encontra determinada pelas condições físicas e químicas destes ambientes, além do aporte da floresta circundante, complicando ainda mais a interpretação da distribuição destes organismos no ambiente, e fazendo necessário um aprofundamento sobre o entendimento da distribuição dos organismos bentônicos em sistemas aquáticos como os igarapés da bacia do Rio Trombetas.

O presente estudo leva a pensar que a distribuição de Oligochaeta aquáticos em igarapés como os pertencentes à bacia do Rio Trombetas poderia ser explicada não só pelas características abióticas do ambiente, senão também por outros mecanismos que a determinam, como, por exemplo, o drift ou a forma de dispersão de cada grupo de macroinvertebrados, fenômenos que poderiam estar estreitamente associados à distribuição dos organismos bentônicos. Tal vez estes mecanismos atuem a uma distribuição ao nível regional dos Oligochaeta aquáticos, e uma vez conseguida a colonização dos ambientes, a distribuição dos Oligochaeta poderia estar influenciada pelos fenômenos mais locais, como mudanças nas variáveis abióticas do local, ou a disponibilidade de substratos que nestes ocorrem. Assim, é importante destacar que estudos de distribuição de espécies em níveis regionais e locais são de grande importância para o destes ambientes, pois podem ser importantes ferramentas para subsidiar estudos sobre a preservação, recuperação e manejo de igarapés.

9 REFERÊNCIAS

- Agostinho, A.; Tomaz, S. e Gomes, L. 2005. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade*. Vol. 1 (1): 70 – 78.
- Alves, R.G. e Lucca, J.V. 2000. Oligochaeta (Annelida: Clitellata) como indicador de poluição orgânica em dois córregos pertencentes à Bacia do Ribeirão do Ouro-Araraquara (São Paulo-Brasil). *Braz. J. Ecol.*, 112-117.
- Alves, R.G. e Strixino, G. 2000. Distribuição espacial de Oligochaeta em uma lagoa marginal do Rio Moji-Guaçu, São Paulo, Brasil. *Iheringia Série Zoologia* 88: 173-180.
- Alves, R. G. e Strixino, G. 2003. The sampling of benthic macroinvertebrates using two different methods: Waiting trays and na Ekman collector. *Acta Limnológica Brasileira* 15(3): 1-6
- Alves, R. G., M. R. Marchese e S. C. Escarpinati, 2006. Oligochaeta (Annelida, Clitellata) in lotic environments in the State of São Paulo, Brazil. *Iheringia Série Zoologia* 96: 431-435.
- Alves, R.G.; Marchese, M.R. e Martins, R.T. 2008. Oligochaeta (Annelida, Clitellata) de ambientes lóticos do Parque Estadual Intervales (São Paulo, Brasil). *Biota Neotrop.*, vol. 8, no. 1.
- Armendariz, L.; Ocóna, C. e Rodrigues Capítulo, A. 2012. Potential responses of oligochaetes (Annelida, Clitellata) to global changes: Experimental fertilization in a lowland stream of Argentina (South America) *Limnologica* 42, 118 – 126.
- Behrend, R.D.; Fernandes, S.E; Fujita D.S e Takeda, A.M. 2009. Eight years of monitoring aquatic Oligochaeta from the Baía and Ivinhema Rivers. *Revista brasleira de biologia*. 69(2 Suppl):559-71.

- Behrend, R.D.L; Takeda, A.M; Gomes, L.C e Fernandes, S.E.P. 2012. Using oligochaeta assemblages as an indicator of environmental changes. *Braz. J. Biol.*, vol. 72, no. 4, p. 873-884.
- Beier, S. e Traunspurger, W. 2003. Temporal dynamics of meiofauna communities in two small submountain carbonate streams with different grain size. *Hydrobiologia*, 498:107-131.
- Bonada, N.; Prat N.; Resh V.H. e Statzner B. 2006. Developments In Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 495–523.
- Brederveld, R.; Jahnig, S; Lorenz, A.W; Brunzel, S. e Soon, M.B. 2011 - Dispersal as a limiting factor in the colonization of restored mountain streams by plants and macroinvertebrates. *Journal of Applied Ecology*. 48, 1241–1250.
- Brinkhurst, R.O. 1964. A taxonomic revision of the Alluroididae (Oligochaeta). *Proceedings of the Zoological Society of London* 142: 527-536.
- Brinkhurst, R.O. 1971. A guide for the identification of British aquatic Oligochaeta. *Scientific Publication N° 22*. P 58.
- Brinkhurst, R.O e Jamieson, B.G.M. 1971. *The aquatic Oligochaeta of the world*. Oliver e Boyd, Edinburgh, p 860.
- Brinkhurst, R.O. e Marchese M.R. 1989. *Guía para la identificación de Oligochaeta acuáticos continentales de Sud y Centroamérica*. *Asoc. Cienc. Nat. Del Litoral*. Colección Climax N° 6, Segunda Edición, 207 pp, Santo Tomé (SF) Argentina.
- Brinkhurst, R.O; McKey-Fender, D. 1991. The anatomy of the pharynx of two predatory aquatic oligochaetes. *Can J Zool* 69:669–675.
- Brown, G.; Callaham Jr., A.; Nivaa, C.; Feijoo, A; Sautter, K; James, S.; Fragoso, C.; Pasini, A. e Schmelz, R. 2013. Terrestrial oligochaete research in Latin

America: The importance of the Latin American Meetings on Oligochaete Ecology and Taxonomy. *Applied Soil Ecology*. 69;2– 12

- Brusca, R. C. e G. J. Brusca, 2003. *Invertebrates*, 2nd (edn). Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA.
- Callisto, M. e Esteves, F.A. 1999. Biomonitoramento da fauna bentônica de Chironomidae (Diptera) em dois igarapés amazônicos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita. *Series Oecologia Brasiliensis*. Vol V. PP 299-309.
- Coimbra Horbe, A.M; Mireide de Andrade Queiroz, M; Veloso Moura, V.A e Galarza Toro, M.A. 2013. Geoquímica das águas do médio e baixo rio Madeira e seus principais tributários - Amazonas – Brasil. *VOL. 43(4)*: 489 – 504.
- Corbi, J.J; Mário A. Jancso, M.A; Trivinho-Strixino, S. e Fragoso, E.N. Occurrence of Oligochaeta Living on Larvae of Odonata from Ipeúna (São Paulo State, Brazil) *Biota Neotropica*, v4 (n2) - BN03304022004.
- Couceiro, S.R; Hamada, N; Forsberg, B.R e Padovesi-Fonseca, C. 2009. Effects of anthropogenic silt on aquatic macroinvertebrates and abiotic variables in streams in the Brazilian Amazon. *Journal of Soils and Sediments*. 10(1): 89-103.
- Cristoffensen, M.L., 2007. A catalogue of aquatic microdrile oligochaetes (Annelida: Clitellata) from South America. *Acta Hydrobiologica Sinica*. Vol.31 (Suppl.): 59-86.
- Christoffersen, M.L. 2010. Continental biodiversity of South American oligochaetes: The importance of inventories. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), Número Especial 2: 35-46.
- Dumnicka, E. 1994. Habitat preferences of invertebrates (especially Oligochaeta) in a stream. *Acta Hydrobiol.* 36(1):91-101.
- Erséus, C. 2005. Phylogeny of oligochaetous Clitellata. *Hydrobiologia* 535/536: 357–372.

- Ezcurra de Drago, I.; Marchese, M. e Montalto, L. 2007. The Middle Paraná River: Limnology of a Subtropical Wetland. Cap 10: Benthic Invertebrates. 251-275 pp.
- Fidelis, L. 2006. Estrutura da comunidade de insetos aquáticos em igarapés na Amazônia Central, com diferentes graus de preservação da cobertura vegetal e apresentação de chave de identificação para gêneros de larvas da ordem Odonata. Estrutura da comunidade de insetos aquáticos. Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas, Universidade Federal do Amazonas. 98 pp.
- Gaviria, E.A. 1993. Claves para las especies colombianas de las familias Naididae e Tubificidae (Oligochaeta, Annelida).
- Gluzman de Pascuar, C. 1987. Aquatic Oligochaeta in some tributaries of the Rio de la Plata, Buenos Aires, Argentina. *Hydrobiologia* 144: 125-130.
- Golterman, H.L.; Sly P.G. e Thomas R.L., 1983. Study of the relationship between water quality and sediment transport. Technical Papers in Hydrobiology, UNESCO.
- Gorni, G.R e Alves, R.G. 2006. Naididae (Annelida, Oligochaeta) associated with *Pomacea bridgesii* (Reeve)(Gastropoda, Ampullaridae). *Revista Brasileira de Zoologia* 23 (4): 1059–1061.
- Gorni, G.R e Alves, R.G. 2008. Oligochaeta (Annelida: Clitellata) em córregos de baixa ordem do Parque Estadual de Campos do Jordão (São Paulo - Brasil) 8(4):4-8.
- Gorni, G.R e Alves, R.G. 2012. Oligochaetes (Annelida, Clitellata) in a neotropical stream: a mesohabitat approach. *Iheringia, Série Zoologia*, Porto Alegre, 102 (1):106-110.
- Harman, W..J, 1974. The Naididae (Oligochaeta) of Surinam. *Zoologische Verhhandelingen* 133: 1-36.
- Junk, W.J. 1983. As águas da região Amazônica. Vol. 3 (Suppl) No. 5.
- Lima, M.G. e Gascon, C. 1999. The conservation value of linear forest remnants in central Amazonia. *Biological Conservation*, 91: 241-247.

- Lencioni, V. e Maiolini, B. 2002. L'ecologia di un ecosistema acquatico alpino (Val de la Mare, Parco Nazionale dello Stelvio). *Natura Alpina* 54(4):1-96.
- Linhares Frizzera, G. e Alves, R.G. 2012. The influence of taxonomic resolution of Oligochaeta on the evaluation of water quality in an urban stream in Minas Gerais, Brazil *Acta Limnologica Brasiliensia*. vol. 24, no. 4, p. 408-416.
- Lowe-McConnell, R.H. 1999. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. Edusp, São Paulo-SP, 535p. Em Mortatti, A.F. 2004. Colonização por peixes no folheto submerso: implicações das mudanças na cobertura florestal sobre a dinâmica da ictiofauna de igarapé de terra firme, na Amazônia Central. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- Lucca, J.V; Pamplin, P.A; Gessner, A.F; Trivinho-Strixino, S.; Spadano-Albuquerque, A.L e Rocha, O. 2010; Benthic macroinvertebrates of a tropical lake: Lake Caçó, MA, Brazil. *Brazilian journal of biology*.70(3): 593-600
- Lopes, A; Paula J.D; Mardegan S.F; Hamada N; Teresa M. 2011. Influência do hábitat na estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos associados às raízes de *Eichhornia crassipes* na região do Lago Catalão. *Acta Amazônica*; VOL. 41(4): 493 – 502
- Mandaville, S.M. 2000. Bioassessment of freshwaters using benthic macroinvertebrates. Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax.
- Marchese, M. & Ezcurra De Drago, I. 1999. Use of benthic macroinvertebrates as organic pollution indicators in lotic environments of the Parana River drainage basin. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 46(3-4):233-255.
- Marcus, E. 1944. Sobre Oligochaeta límnicos do Brasil. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo Zoologia* 43(8): 5-135.
- Martin, 2008. Global diversity of oligochaetous clitellates (“Oligochaeta”; Clitellata) in freshwater. *Hydrobiologia*. 595: 117-127

- Martins, R.T; Stephan, N.N.C. e Alves, R.G. 2008. Tubificidae (Annelida: Oligochaeta) as an indicator of water quality in an urban stream in southeast Brazil. *Acta Limnol. Bras.*, vol. 20, no. 3, p. 221-226.
- Martins, R.T. e Alves, R.G. 2008. Occurrence of Naididae (Annelida: Oligochaeta) from three gastropod species in irrigation fields in southeastern Brazil. *Biota Neotrop.* 8(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/en/abstract?short-communication+bn01508032008>.
- McKey-Fender, D. e Fender, W. 2001. Descriptions of new species of the predaceous lumbriculid Oligochaete *Phagodrilus* from western north America. Vol: 8, nº: 11.
- Michiyo Takeda, A.; Callisto M.F.P e Barbosa, A.F.R. Chapter 4 “Zoobenthos survey of the pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil”. En Willink, P.W; Chernoff, B; Alonso L.E; Montambault, J.R; Lourival R. 2000. A Biological. Assessment of the Aquatic Ecosystems of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Ecosystems*.
- Montanholi-Martins, M. C. e Takeda, A.M. 1999. Communities of benthic Oligochaetes in relation to sediment structure in the Upper Paraná River, Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 34: 52-58.
- Montanholi-Martins, M. C. e Takeda, A. M. 2001. Spatial and temporal variations of Oligochaetes of the Ivinhema River and Patos Lake in the Upper Paraná River Basin, Brazil. *Hydrobiologia* 463: 197-205.
- Moretto, Y.; Ressye Simões, N.; Benedito, E. e Higuti, J. 2013. Effect of trophic status and sediment particle size on diversity and abundance of aquatic Oligochaeta (Annelida) in neotropical reservoirs. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* 49, 65–78
- Nessimian, J.L; Dorvillé, L.F.M; Sanseverino, A.M. e 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.

- Nijboer, R.C.; Wetzel, M.J. e Verdonchot P.F.M., 2004. Diversity and distribution of Tubificidae, Naididae and Lumbriculidae (Annelida: Oligochaeta) in the Netherlands: an evaluation of twenty years of monitoring data. *Hydrobiologia*.vol. 520, p. 127-141.
- Omodeo, P. e Coates, K.A. 2001. New alluroidids (Annelida, Clitellata) from Guyana. *Hydrobiologia* 463: 39-47. DOI 10.1023/A:1013178902798
- Pamplin, P.A.Z; Rocha, O.; Marchese, M. 2005. Riqueza de espécies de Oligochaeta (Annelida, Clitellata) em duas represas do rio Tietê (São Paulo). *Biota Neotrop*,v5(n1).
- Pavé P.J; e Marchese, M. 2005. Invertebrados bentônicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina). *Ecología Austral* 15:183-197.
- Pinder, A. 2010. Tools for identifying selected Australian aquatic oligochaetes (Clitellata: Annelida). *Museum Victoria Science Reports* 13: 1–26.
- Prenda J. E e Gallardo A., 1992. The influence of environmental factors and microhabitat availability on the distribution of an aquatic oligochaete assemblage in Mediterranean River Basin. *Int Rev Ges Hydrob* 77(3): 421–434.
- Ragonha, F.H; Barros Chiaramonte, J; Martins Fontes Junior, H; Ribeiro da Cunha, E; Benedito, E. e Takeda, A.M. 2013. Distribuição espacial de Oligochaeta aquático no Parque Nacional de Ilha Grande, Brasil Maringá, v. 35, n. 1, p. 63-70.
- Ramirez, A. e Pringle, C. 2006. Temporal and spatial patterns in stream physicochemistry and insect assemblages in tropical lowland streams. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 2006, 25(1):108-125
- Resh, V.H. e Jackson, J.K., 1993. Rapid assessment approaches to biomonitoring and benthic macroinvertebrates. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Em: Rosemberg, D. M., Resh, V. H. (Eds), p.195-233. Chapman and Hall, New York.

- Rocha, O. 2003. Avaliação do estado do conhecimento da diversidade biológica do Brasil: Águas Doces. Avaliação do Ministerio de Medio Ambiente.
- Rodrigues, L.F.T; Leite, F.S. e ALVES, R.G. Inventory and distribution of Oligochaeta (Annelida, Clitellata) in first-order streams in preserved areas of the state of Minas Gerais, Brazil. *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?inventory+bn02313012013>
- Rodriguez, P. e Reynoldson, T.B., 2011. *The Pollution Biology of Aquatic Oligochaetes.* © Springer Science+Business Media
- Schenkova J. e Helesic, J. 2006. Habitat preferences of aquatic Oligochaeta (Annelida) in the Rokytna' River, Czech Republic – a small highland stream *Hydrobiologia* 564:117–126
- Sioli, H. 1985. *Amazônia. Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais.* Vozes. 34 pp.
- Souza-Reis, V.C. 2011. *Relações entre o gradiente ambiental e a distribuição das assembléias de peixes em diferentes drenagens da Floresta Nacional Saracá-Taquera (PA).* Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 97 pp.
- Takeda, A.M; Pereira, M. C. F e Barbosa, F.A. R. 2000. Zoobenthos survey of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Bulletin of Biological Assessment and Engineering* 2000: 49-55.
- Traunspurger, W. e Drews, C. 1996. Toxicity analysis of freshwater and marine sediments with meio and macrobenthic organisms: a review. *Hydrobiologia* 328: 215-261.
- Varela, M. E., 1984. Sobre la presencia de *Dero* (*Aulophorus*) *pectinatus* Stephenson, 1931 (Oligochaeta, Naididae) en ambientes leníticos del nordeste argentino. *Historia Natural* 3: 21-24.

- Verdonshot, P.F.M. 1989. The role of oligochaetes in the management of waters. *Hydrobiologia*. 180:213–228
- Walker, I. 2004. Trophic interactions within the *Utricularia* habitat in the reservoir of the Balbina hydroelectric powerplant (Amazonas, Brazil). *Acta Limnol. Bras.*, 16 (2):183-191.
- Wetzel, M.J; Fend, S.V; Coates, K.A; Kathman, R.D e Gelder, S.R. 2006. Taxonomy, Systematics, and Ecology of The Aquatic Oligochaeta and Branchiobdellida (Annelida, Clitellata) of North America, with Emphasis on the Fauna Occurring in Florida. A workbook. Vi+269 pp.+color plates.
- Wavre, H. e Brinkhurst, R.O. 1971. Interactions between some tubificid oligochaete and bacteria found in the sediments of Toronto Harbour, Ontario. *J Fish Res Bd Can* 28:335–341.