



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE
E BIOTECNOLOGIA DA REDE BIONORTE



INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E HIDRODINÂMICA NA BIODIVERSIDADE
ICTIOFAUNÍSTICA E ENTOMOLÓGICA NO BAIXO CURSO DE RIO
ESTUARINO PRÉ-AMAZÔNICO

PAULA VERÔNICA CAMPOS JORGE SANTOS

São Luís - MA

09/2017

PAULA VERÔNICA CAMPOS JORGE SANTOS

**INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E HIDRODINÂMICA NA BIODIVERSIDADE
ICTIOFAUNÍSTICA E ENTOMOLÓGICA NO BAIXO CURSO DE RIO
ESTUARINO PRÉ-AMAZÔNICO**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Maranhão, como requisito para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. José Manuel Macário Rebêlo

Co-orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Leal de Castro

**São Luís - MA
09/2017**

FICHA CATALOGRÁFICA

SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Santos, Paula Veronica Campos Jorge.

INFLUÊNCIA HIDROCLIMÁTICA SOBRE A BIODIVERSIDADE DE PEIXES E INSETOS AQUÁTICOS NO BAIXO CURSO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA DA REGIÃO AMAZÔNICA / Paula Veronica Campos Jorge Santos. - 2017.

108 p.

Coorientador: Antonio Carlos Leal Castro.

Orientador: José Manuel Macário Rebêlo.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Rede - Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2017.

1. Ciclos de Maré. 2. Ictiofauna. 3. Insetos. 4. Sazonalidade. I. Castro, Antonio Carlos Leal. II. Rebêlo, José Manuel Macário. III. Título. 2017.

PAULA VERÔNICA CAMPOS JORGE SANTOS

**INFLUÊNCIA HIDROCLIMÁTICA SOBRE A BIODIVERSIDADE DE PEIXES E
INSETOS AQUÁTICOS NO BAIXO CURSO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA DA
REGIÃO AMAZÔNICA**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Maranhão, como requisito para a obtenção do Título de Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. José Manuel Macário Rebêlo.
Co-orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Leal de Castro

Banca examinadora

Prof. Dr. Alan Cavalcanti da Cunha
Presidente da banca

Prof. Dr. Edson Vicente da Silva
Examinador 2

Prof. Dr. Leonardo Silva Soares
Examinador 3

Prof. Dr. Denilson da Silva Bezerra
Examinador 4

São Luís / MA

09/2017

AGRADECIMENTOS

À toda minha família, especialmente a minha mãe Lilian Jorge, ao meu Pai Waldeli Santos, ao meu esposo Victor Lamarão e aos meus filhos Victor e Valentin, luz dos meus dias.

Aos meus orientadores Dr. José Manuel Macário Rebêlo e Dr. Antonio Carlos Leal de Castro por sempre estarem disponíveis para ajudar e por todas as orientações, pelas correções e adequações ao trabalho.

À amiga Josinete Sampaio Monteles, pelo estímulo e auxílio em todas as etapas desse projeto.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE na Universidade Federal do Maranhão – UFMA, pela estrutura, auxílios, qualidade e oportunidade de estudos.

À professora Patrícia Maia Correia de Albuquerque pelo auxílio e eficiência na resolução de problemas referentes ao BIONORTE. À Cleidiane por sua valiosa atenção e eficiência.

Aos integrantes dos Laboratórios de Ictiologia, Entomologia e Informática da UFMA, especialmente Victor, Josinete, James, Leonardo, Marcelo, Helen, Cassia, Raissa, Gisele, Seu Moacir, Junior e Seu Davi.

Aos amigos das turmas 2013 e 2014 do BIONORTE por dividirem comigo momentos de aprendizado de maneira muito descontraída.

A todos os docentes do Programa BIONORTE pelo compromisso na transmissão do conhecimento.

À FAPEMA pelo auxílio financeiro.

RESUMO

SANTOS, Paula Verônica Campos Jorge. **Influência hidroclimática sobre a biodiversidade de peixes e insetos aquáticos no baixo curso de uma bacia hidrográfica da região amazônica.** 2017. 108f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) Rede BIONORTE – Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2017.

Introdução. Modificações das características hidrológicas e físicas podem alterar a biodiversidade do ecossistema, pois cada grupo de indivíduos tolera determinada faixa de modificação desses atributos. Geralmente a região do baixo curso dos rios que desaguam no mar estão sujeitos a variações de ciclos de marés do oceano, configurando uma região de intensa hidrodinâmica, o que por um lado impõe maiores limitações à biota aquática, mas sobre outro ponto de vista pode ofertar maior quantidade de habitats com maiores oportunidades de diversificação biótica. **Objetivo.** O objetivo desse trabalho foi conhecer o comportamento hidrológico e a influência dos ciclos de maré do baixo curso do rio Itapecuru e os efeitos espacial e temporal na composição da biota aquática (comunidades de peixes e insetos aquáticos). **Metodologia.** Para alcançar esse objetivo foram realizadas coletas de dados biológicos em três diferentes pontos localizados entre os municípios de Santa Rita e Rosário -MA. O grupo dos peixes foi capturado no período de maio de 2012 a agosto de 2014, com frequência trimestral, e, o grupo dos insetos aquáticos foi coletado de fevereiro a novembro de 2014, utilizando-se a mesma frequência de captura. Outras campanhas *in loco* foram realizadas para obtenção de dados de corrente, vazão, influência da maré e salinidade. **Resultados.** Os resultados sugerem que o baixo curso do rio Itapecuru apresenta variações de macro marés na dinâmica do fluxo, que influenciam diretamente no aumento e diminuição da cota do rio e no sentido e velocidade da corrente. No entanto, a influência da maré é apenas dinâmica, não havendo ainda o avanço de maré salina sobre a área de 45 km a partir da foz para a montante. Para a comunidade de peixes, análises multivariadas utilizando a técnica de escalonamento multidimensional não-métrico (MDS) indicaram a formação de dois grupos sazonais, sendo a abundância e riqueza, os principais responsáveis pela similaridade. Os padrões observados não indicaram alterações nos valores de diversidade, equitabilidade e riqueza. A curva ABC caracterizou o trecho investigado, como ambiente em condições naturais. Contudo, com base em avaliações de campo, observou-se uma tendência para cenários de degradação deste grupo. Essa tendência está associada aos impactos sobre a mata ciliar, fruto do processo de ocupação das margens pelas comunidades ribeirinhas, e, também, devido ao constante lançamento de esgotos, principalmente nos trechos mais próximos ao município de Rosário. Com relação à comunidade de insetos aquáticos, foi verificado uma maior abundância no período chuvoso. Espacialmente o ponto de captura com maior número de indivíduos foi o ponto intermediário, em que as vazões de saída no início do período chuvoso tendem a ser mais altas, característica determinante para a fixação de espécies. Comparações da diversidade de Shannon-Winner, indicou que não existe diferença significativa entre os pontos, muito embora o maior valor encontrado foi observado no ponto 3, localizado no município de Rosário, ponto mais a jusante sujeito à dinâmica mais intensa da subida e descida da maré. Sazonalmente a maior diversidade ocorre no período chuvoso, com a ocorrência de 6 ordens e mais a classe collembola. Das 27 famílias encontradas no estudo, 17 foram classificadas como constantes, sendo a família chironomidae da ordem díptera presente em 100% das amostragens.

Palavras-Chave: Sazonalidade. Ciclos de Maré. Ictiofauna. Insetos.

ABSTRACT

SANTOS, Paula Verônica Campos Jorge. **Hydrologic influence on the distribution of aquatic biota in the lower stretch of the river Itapecuru-MA** 2015. 87f. Qualificação de Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) Rede BIONORTE – Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2015.

Introduction. Modifications of the hydrological and physical characteristics can alter the biodiversity of a region, since each group of individuals tolerates a certain range of modification of these attributes. Generally the region of the low course of the rivers that flow in the sea are subject to variations of cycles of tides of the ocean, configuring a region of intense hydrodynamics, imposing still more limitation to the aquatic biota. **Goal.** The objective of this work was to know the hydrological behavior and the influence of the low tide cycles of the Itapecuru river and the spatial and temporal effects on the composition of the aquatic biota (fish communities and aquatic insects). **Methodology.** To achieve this objective, biological data were collected at three different points located between the municipalities of Santa Rita and Rosario. The fish group was captured from May 2012 to August 2014, and the group of aquatic insects was collected from February to November 2014, every three months. Other on-site campaigns were carried out to obtain current, flow, tidal influence and salinity data. **Results.** The results suggest that the low course of the Itapecuru river presents great tidal variations in the flow dynamics, which directly influences the increase and decrease of the river quota and the direction and speed of the current. However, the influence of the tide is only dynamic, and there is still the advance of salt tide over the area. For the fish community, multivariate analysis using the non-metric multidimensional scaling technique (MDS) signaled the formation of two seasonal groups, with abundance and richness being the main responsible for similarity. The observed patterns did not indicate changes in the values of diversity, equitability and wealth. The ABC curve characterized the section investigated as an environment under natural conditions. However, based on field assessments, a trend towards degradation scenarios for this group was observed. This trend is associated with impacts on riparian forest, as a result of the occupation of the banks by the riverside communities, and also due to the constant release of sewage, especially in the stretches closer to the municipality of Rosario. In relation to the community of aquatic insects, a greater abundance was verified in the rainy period. Spatially, the point of capture with the highest number of individuals was the intermediate point between the most downstream and the most upstream, where the outflows at the beginning of the rainy season tend to be higher, a determining characteristic for species fixation. Comparisons of the diversity of Shannon-Winner indicated that there is no significant difference between the points, although the highest value was observed in point 3, located in the municipality of Rosario, more downstream subject to the more intense dynamics of the rise and fall of the tide. Seasonally the greatest diversity occurs in the rainy season, with the occurrence of 6 orders and more class collembola. Of the 27 families found in the study, 17 were classified as constants, being the chironomidae family of the dipterous order present in 100% of the samplings.

Keywords: seasonality. Cycles of Tide. Ichthyofaunal. Insects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, e sua divisão morfológica em alto, médio e baixo curso. Fonte: Elaborado a partir de ANA e Alcantara, 2004.....	23
Figura 2. Mapa de Hipsometria da bacia do Itapecuru. Elaborado a partir de ANA e SRTM, 2000.	24
Figura 3. Mapa de localização da estação meteorológica e a distância da área de estudo.	26
Figura 4. Pontos de captura da biota aquática.	27
Figura 5. Ilustração de campo perfilático da campanha de coleta de dados através com equipamento ADCP no rio Itapecuru.	28
Figura 6. Localização das estações fluviométricas em Santa Luzia e São Miguel.	30
Figura 7. Pescadores manuseando a malhadeira para o desenvolvimento da pescaria.....	31
Figura 8. Coleta dos insetos aquáticos. Fonte: Autora.	35
Figura 9. Representação gráfica dos valores médios de precipitação mensal (mm) no período de 1971 a 2015.....	37
Figura 10. Série histórica de precipitação para todos os meses de janeiro da série. A linha preta representa a média mensal do período	38
Figura 11. Representação gráfica da precipitação nos meses mais chuvosos do ano, para uma série de observação de 44 anos (1971 a 2015).	39
Figura 12: Representação das médias de precipitação total para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro.....	40
Figura 13. Variabilidade da precipitação. Fonte: Elaborado a partir de ANA.	41
Figura 14. Variabilidade anual da precipitação no período de 1971 a 2013. Fonte: Elaborado a partir de ANA.	42
Figura 15. Anomalias, linha de tendência e média das precipitações no período de 1971 a 2014.	44
Figura 16. Perfil transversal do rio Itapecuru em Santa Luzia (A) e São Miguel (B).	46
Figura 17. Trecho percorrido para a medição da descarga líquida.....	47
Figura 18. Medição da corrente superficial nas seções I1, I2, I3 e I4.	49
Figura 19. Medição da velocidade da corrente em meia água nas seções I1, I2, I3 e I4.....	51
Figura 20. Medição da velocidade da corrente no fundo nas seções I1, I2, I3 e I4.....	52
Figura 21. Variação do nível d'água (linha azul) e da temperatura (linha preta) do rio Itapecuru na localidade de Santa Luzia no período de 22 de junho a 03 de agosto de 2012.....	54

Figura 22. Variação do nível d'água (linha azul) e da temperatura (linha preta) do rio Itapecuru na localidade de Santa Luzia no período de 03 a 30 de agosto de 2012.	55
Figura 23. Valores de salinidade (UPS) para o trecho ITALUÍS (Santa Luzia) no período de 22/06 a 03/08/2012.....	55
Figura 24. Valores de salinidade (UPS) para o trecho ITALUÍS (Santa Luzia) no período de 03/08 a 02/09/2012.....	56
Figura 25. Valores de salinidade (UPS) para o trecho Rosário no período de 22/06 a 03/08/2012.....	56
Figura 26. Valores de salinidade (UPS) para o trecho Rosário no período de 03 a 30/08/2012.	57
Figura 27. Percentual de ocorrência das ordens de peixes identificadas nos três anos coleta.....	61
Figura 28. Precipitações no período de estiagem.	63
Figura 29. Distribuição temporal das espécies por ordem taxonômica.	63
Figura 30. Número de indivíduos e biomassa ao longo das campanhas de coleta de indivíduos, no período sazonal. E=estiagem e C=chuva.	64
Figura 31. Distribuição espacial das ordens.	65
Figura 32. Padrão de abundância das comunidades em 2012.	66
Figura 33. Padrão de abundância das comunidades em 2013.	66
Figura 34. Padrão de abundância das comunidades em 2014.	67
Figura 35. Distribuição das espécies por ordem de abundância na localidade Rosário.	71
Figura 36. Distribuição das espécies por ordem de abundância na localidade Santa Luzia.....	71
Figura 37. Distribuição das espécies por ordem de abundância na localidade São Miguel.	72
Figura 38. Distribuição das espécies capturadas entre as classes de frequência de ocorrência.....	73
Figura 39. Resultado do teste de Levene's e da ANOVA para a variação sazonal da diversidade.	74
Figura 40. Variação temporal da diversidade durante as campanhas de monitoramento. Mean – Média; SE – Erro Padrão; SD – Desvio Padrão.	75
Figura 41. Variação espacial da diversidade de espécies da ictiofauna no baixo curso do rio Itapecuru. Mean – Média; SE – Erro Padrão; SD – Desvio Padrão.....	76
Figura 42. Variação temporal da equitabilidade. Mean – Média; SE – Erro Padrão; SD – Desvio Padrão.	77
Figura 43. Variação espacial da equitabilidade entre os três diferentes pontos de coleta, no baixo curso do rio Itapecuru. Mean – Média; SE – Erro Padrão; SD – Desvio Padrão.	77

Figura 44. Variação temporal da riqueza durante as campanhas de monitoramento. Mean – Média; SE – Erro Padrão; SD – Desvio Padrão.....	78
Figura 45. Variação espacial da riqueza no baixo curso do rio Itapecuru. Mean – Média; SE – Erro Padrão; SD – Desvio Padrão.....	79
Figura 46. Resultado das análises de ordenação (MDS não métrico) por campanha, para os indivíduos capturados.....	80
Figura 47. Curvas ABC teóricas, que mostram os padrões de biomassa e abundância de agrupamentos não perturbados, moderadamente perturbados e altamente perturbados, respectivamente. Fonte: Yemane et al (2005).	81
Figura 48. Curva ABC para cada localidade estudada.	82
Figura 49. Percentual de ordens encontradas nas coletas do período chuvoso.	83
Figura 50. Percentual de famílias encontradas nas coletas do período chuvoso.	86
Figura 51. Percentual de ordens encontradas nos diferentes pontos de coletas no período de estiagem.	88
Figura 52. Percentual de famílias encontradas nas coletas do período de estiagem.	90
Figura 53. Abundância espacial dos insetos no trecho inferior do Rio Itapecuru.	93
Figura 54. Distribuição espacial das ordens.	94
Figura 55. Distribuição temporal das ordens.....	94
Figura 56. Análise de similaridade temporal da ocorrência das ordens.	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição das bacias hidrográficas inseridas na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, com destaque para a bacia hidrográfica do rio Itapecuru.	22
Tabela 2. Classes de frequência de ocorrência dos indivíduos.....	32
Tabela 3. Classes de diversidade da ictiofauna.	33
Tabela 4. Classificação da equitabilidade.....	34
Tabela 5. Precipitação média (pm), porcentagem da média em relação ao total anual (pm/ptotal), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (cv) para precipitações ocorridas de 1971 – 2015.....	41
Tabela 6. Médias de precipitações acumuladas, com destaque para anos mais secos.	43
Tabela 7. Vazões registradas a montante e jusante de Italuís em janeiro/2013.....	47
Tabela 8. Vazões registradas a montante e jusante de Italuís em fevereiro/2013.	48
Tabela 9: Valores de salinidade e as cotas de marés em todos os dias e pontos de amostragens.....	58
Tabela 10. Lista taxonômica das espécies capturadas no baixo curso do rio Itapecuru, com destaque para as espécies de importância comercial.	68
Tabela 11. Análise de similaridade de percentagens (simper) a partir dos grupos identificados na análise de agrupamento.	81
Tabela 12. Frequência de ocorrência relativa por família de insetos, do período de fevereiro a novembro de 2014, no baixo curso do rio Itapecuru.	92

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	JUSTIFICATIVA.....	17
3	OBJETIVOS	21
3.1	Objetivo Geral	21
3.2	Objetivos Específicos	21
4	MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1	Área de estudo	22
4.2	Procedimentos Metodológicos.....	25
4.2.1	Levantamento de dados para a caracterização climática	25
4.3	Pontos de coleta	26
4.4	Pesquisa de Campo	27
4.4.1	Perfil do Canal nos trechos amostrados	27
4.4.2	Medição de descarga líquida.....	28
4.4.3	Correntometria	30
4.4.4	Marés	30
4.5	Captura da Ictiofauna.....	31
4.5.1	Método de Captura.....	31
4.5.2	Análises de Laboratório	31
4.5.3	Análises Estatísticas.....	32
4.6	Captura dos Insetos aquáticos.....	34
4.6.1	Método de Captura.....	35
4.6.2	Análises de Laboratório	35
4.6.3	Análises estatísticas	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	Hidrodinâmica da foz da bacia hidrográfica do rio Itapecuru	37
5.2	Estrutura da Comunidade de peixes	59
5.3	Estrutura da comunidade de insetos aquáticos	83
6	CONCLUSÕES.....	95
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

1 INTRODUÇÃO

Em sistemas fluviais, a variabilidade temporal e espacial de precipitações impõe limites à disponibilidade hídrica e a manutenção da diversidade ecológica (Araujo, 2011), sendo o regime hidrológico um dos fatores que garantem a manutenção e funcionamento dos ecossistemas. Assim, o conhecimento do regime hidrológico permite investigar as relações existentes entre os regimes de vazões e as características ecológicas por elas influenciadas (Postel; Richter, 2003; Paz; Collischonn; Tucci, 2009), além de permitir o entendimento sobre o período sazonal em que essas influências tendem a ser mais ou menos intensas.

O entendimento do comportamento sazonal ajuda a compreender a sistemática biótica, uma vez que as modificações na hidrodinâmica, características climáticas e qualidade da água de corpos hídricos podem implicar também em alterações na composição, estruturação e distribuição das comunidades da biota aquática, onde cada grupo de indivíduos tolera uma determinada faixa de modificação das variáveis químicas da água e das condicionantes físicas de uma região.

Essa tolerância é explicada por Petts; Calow (1996) como a complexa interação entre a biota e o ambiente físico e químico, exemplificando que o fluxo unidirecional da corrente é um dos fatores que impõem limitações ao estabelecimento de organismos em ambientes lóticos.

Tejadas et al, (2016) destacam que as mudanças climáticas alteram o ciclo hidrológico, gerando como respostas aumento ou diminuição do afluente médio anual e como consequência a desorganização sistemática dos mecanismos de funcionamento da bacia, em que qualquer evento que ocorra nos seus limites tende a alterar totais precipitados, quantidade e distribuição temporal do escoamento, qualidade da água, alterações na cota do rio, a hidrodinâmica e toda a estrutura trófica das comunidades biológicas.

O conhecimento dessas mudanças são condições importantes para o entendimento das taxas de abundância, riqueza e na distribuição dos diferentes grupos da biota aquática, num dado intervalo de tempo, estando associadas aos elementos do clima, dentre os quais a precipitação, temperatura, radiação, evaporação, evapotranspiração.

Esses elementos funcionam de maneira integrada influenciando nas flutuações dos parâmetros químicos como os íons dissolvidos, dureza, condutividade, oxigênio dissolvido, entre outros condicionantes físicos da calha fluvial, como vazão e ciclos de maré.

Os ciclos de maré exercem influência na região da foz dos rios que desaguam no mar, e uma das implicações é o deslocamento da cunha salina na direção de montante, quando das marés de sizígia, que na ocasião atuam como uma barreira hidráulica ao fluxo natural do rio no sentido de montante para jusante.

Além da influência física das marés nos rios, variações dos fatores químicos que podem ser intensificados quando há alterações da variabilidade climática que tendem a desequilibrar a sistemática de funcionamento das regiões. Essas variações na composição da água podem ocorrer naturalmente devido a períodos de estiagem, inundações, erosões e ainda devido a diversas atividades antrópicas. Dessa forma as oscilações climáticas são consideradas uma das principais ameaças à sobrevivência dos ecossistemas, com efeitos diversos sobre indivíduos, populações e comunidades (WALTHER et al., 2002).

Mooij et al. (2009) ressaltam que existem diversas evidência que demonstram que tanto espécies quanto ecossistemas, têm sofrido impactos das mudanças do clima, com respostas biológicas que vão desde modificações na distribuição espacial e temporal das espécies, até mudanças no mecanismo de funcionamento dos ecossistemas.

Essas modificações atingem todo o planeta, e em especial a região amazônica, que vem sofrendo impactos de eventos climáticos extremos. Nos anos de 2005 e 2010 a região sofreu com seca severa, enquanto em 2009 ocorreu uma das maiores enchentes já registradas. A ocorrência de episódios climáticos de intensidade extrema, afetaram a biodiversidade local, atingindo espécies ameaçadas de extinção, além de espécies desconhecidas para a comunidade científica (MARENGO et al., 2011).

No Brasil, as projeções de mudanças climáticas para a região amazônica, indicam perturbações ainda maiores, com modificação nos padrões de chuvas, com destaque para a redução nas precipitações pluviométricas e elevação na temperatura do ar em todo o país (IPCC, 2014; SOLOMON et al., 2007; ASSIS et al., 2012).

Presume-se que esse cenário deverá ser acentuado partir de 2040 com impactos mais severos sobre fauna e flora e em diferentes atividades humanas, bem-estar, saúde, infraestrutura e demanda de energia. Essas mudanças no clima podem resultar em “*die back*” (colapso) da floresta amazônica, com comprometimento de todas as suas funções ambientais (MARENGO, et al., 2011), o que ressalta a importância de estudos que investiguem esses impactos em escala local.

No Maranhão na zona de transição entre os biomas Amazônico e Cerrado distribuem-se diversos sistemas hidrográficos que caracterizam o território do Estado. Nessa zona existe elevada diversidade de ecossistemas, biodiversidade e diferentes condições climáticas (SILVA et al., 2016). Porém, na bacia do rio Itapecuru, um dos mais importantes sistemas aquáticos do Maranhão, a diversidade faunística é pouco conhecida. Nessa região, as modificações nos elementos do clima podem estar remodelando a composição das espécies e até mesmo causando a perda de informações sobre a biodiversidade que ainda se quer foi adequadamente estudada.

Segundo Silva et al. (2007) dentre outros impactos o rio vem perdendo em volume de água, comparando a situação atual com a primeira década do século passado. Além disso, existe uma forte tendência à exaustão em virtude de alterações causadas por assoreamento, despejo de resíduos sólidos, pesca predatória e uso indiscriminado das terras localizadas nas margens do rio.

Essa situação projeta para o futuro expectativas nada animadoras, principalmente, associada à modificação nos padrões de chuvas, incluindo a redução nas precipitações pluviométricas e elevação na temperatura do ar, como previsto para essa região do Brasil (IPCC, 2014; SOLOMON et al., 2007; ASSIS et al., 2012).

No cenário atual de degradação ambiental dos sistemas aquáticos, várias ferramentas têm sido empregadas para avaliação da qualidade e monitoramento das condições desses sistemas aquáticos (BUSS et al. 2008). As ferramentas biológicas se destacam devido a relação direta dos organismos com o ambiente durante o seu ciclo de vida, a exemplo dos grupos de insetos aquáticos e da ictiofauna. A utilização dessas comunidades como indicadores da condição do ambiente não refletem apenas a situação momentânea do sistema, sendo eficientes na detecção da poluição não-pontual (COUCEIRO et al. 2012).

Diversos grupos, como plâncton, perifíton, macrófitas, peixes e insetos aquáticos (e.g., Triest et al. 2001; Kiss et al. 2002; Martín et al. 2004; Bailey et al. 2004; Hering et al. 2006) vem sendo utilizados na avaliação do efeito de impactos sobre os ambientes aquáticos. Os insetos têm sido cada vez mais utilizados (e.g., Rosenberg 1992; Compin e Céréghino 2003; Arimoro e Ikomi 2009; Oliveira et al. 2010; Corbi et al. 2013).

De acordo com Metcalfe (1989) e Rosenberg e Resh (1993), isso tem ocorrido porque os insetos aquáticos apresentam ampla distribuição, estando presentes em diversos ambientes aquáticos, grande número de espécies, com diferentes respostas aos impactos ambientais

(espécies sensíveis ou tolerantes), pequena capacidade de deslocamento, facilitando análises espaciais dos efeitos da poluição, ciclo de vida longo, o que permite a análise dos efeitos da poluição por longos períodos em comparação ao zooplâncton e ao fitoplâncton e facilidade de coleta dos organismos, que é realizada com equipamentos de baixo custo.

Dentre as vantagens da utilização da ictiofauna como indicador da qualidade ambiental, destacam-se a alta sensibilidade de muitas espécies às variações do ambiente, a disponibilidade de informações sobre o ciclo de vida de grande número de espécies, por representarem uma variedade de níveis tróficos, incluindo alimentos tanto de origem aquática como terrestre. Nesse sentido, os peixes podem inclusive revelar a qualidade ambiental do entorno, uma vez que a estrutura das comunidades parece estar diretamente relacionada com a integridade física do habitat, tal como observado por Casatti et al. (2006).

As comunidades de peixes respondem a alterações nas características físico-químicas do ambiente aquático, refletindo as condições do ecossistema. As principais respostas destes organismos às mudanças ambientais podem se manifestar na forma de estresse, alteração de metabolismo, alteração na composição de espécies da comunidade, alteração na estruturação da comunidade, alteração nas espécies componentes dos níveis tróficos e outros (ALBINATI et al., 2007; BECKER et al., 2009; REID et al., 2008, ZANATTA et al., 2008).

O estudo de diversidade de peixes é uma importante ferramenta para se conhecer o bem estar da comunidade aquática e do meio ambiente no qual as comunidades estão inseridas (SMITH et al, 1997). Canônico (2007) retrata que em um estudo da serie temporal da biodiversidade é possível verificar como sucederam os impactos na fauna de peixes, sendo a diminuição da biodiversidade o primeiro passo para a extinção de espécies.

Nesse contexto torna-se extremamente importante caracterizar a hidrodinâmica do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, sua susceptibilidade às variações na precipitação pluviométrica e como estes eventos podem influenciar na biodiversidade das comunidades de peixes e insetos aquáticos da área.

2 JUSTIFICATIVA

Os estudos sobre a hidrodinâmica do rio Itapecuru, assim como, e a variabilidade espaço-temporal das precipitações pluviométricas no seu baixo curso são incipientes ou inexistentes, principalmente os efeitos sobre as comunidades de peixes e insetos aquáticos.

Na Bacia do Itapecuru a partir do município de Caxias tem havido enchentes que trazem impactos sociais e materiais à população ribeirinha (Rabelo et al. 2012). Na cidade de Itapecuru Mirim, localizada na área de planície do rio Itapecuru, em seu baixo curso, um caso de enchente registrado no ano de 2009, resultante de precipitações pluviométricas de 200 mm registrada entre os dias 24 a 25 de abril, elevaram o nível do rio de 2,5 m para 12 m atingindo a zona rural e urbana do município. Para este período a média de precipitação esperada é 133 mm e esse evento extremo provocou 16.832 registros de danos pessoais e 856 danos materiais (CEDEC-MA, 2012). No entanto, não foram estimados os danos ambientais e ecológicos desses eventos.

Rabelo et al., (2012) argumentam que no Maranhão, a ocorrência de enchentes é expressiva na região da bacia do rio Itapecuru, principalmente por conta de ações que envolvem a retirada da vegetação de proteção das margens do rio provenientes de ocupações irregulares e dragagens para a extração de areia, por conta de empresas de construção civil, instaladas nessa região.

Convém enfatizar que o rio Itapecuru é responsável pela quase totalidade do abastecimento de água da capital do estado do Maranhão, além de atender o suprimento das necessidades diretas e indiretas das comunidades ribeirinhas que vivem em seu entorno, caracterizando a importância social e econômica deste corpo hídrico.

Diante desse cenário de deterioração, há uma preocupação com a diversidade da biota aquática, já que a estrutura da comunidade se relaciona com as variações nas características ambientais dos rios, o que torna os grupos faunísticos diretamente vulneráveis às mudanças nessas características.

Alterações na precipitação pluviométrica, por exemplo, é um importante fator para determinar o estabelecimento e distribuição de diferentes grupos bióticos, em épocas e ambientes específicos, o que depende da característica ambiental estabelecida, em função das mudanças no padrão esperado. Modificações dos padrões conhecidos podem incorrer em variações na diversidade de espécies, de forma catastrófica e inesperada. O conhecimento

desses padrões é o primeiro requisito a ser atendido quando se pretende explicar ocorrência, aumento ou diminuição da diversidade de organismos em diferentes habitats.

Utilizações que provocam essas mudanças ambientais e que estão vinculadas a processo de urbanização, têm inúmeros efeitos negativos sobre o grupo faunístico, sobretudo na comunidade de peixes. Nesse caso, por conta do comprometimento da integridade biótica e da saúde dos córregos, pode haver desaparecimento de espécies e ainda a substituição de espécies nativas por exóticas (CUNICO et al, (2006).; WALTERS et al, (2009).

Outro fator que deve ser considerado, refere-se ao fato de que os rios que desaguam no mar estão sobre efeitos diversos das interações resultantes entre o continente, o mar e a atmosfera, o que os tornam ambientes dinâmicos e extremamente frágeis, caracterizados por estuários, várzeas e manguezais. Nesses ambientes a penetração da maré é o resultado da interação do escoamento fluvial e do movimento oscilatório gerado pela maré na sua embocadura, onde as ondas longas são geralmente amortecidas e progressivamente distorcidas pelas forças do atrito no fundo e a vazão fluvial, sendo influenciadas também pela geometria do canal (IPPEN; HARLEMAN, 1966; GODIN, 1999).

A hidrodinâmica das zonas de desembocadura de rios que desaguam no mar, implicam em ambientes de tensão para a sobrevivência da biota. Bezerra (2005) assinala que em zonas terminais desses rios, se encontram estuários muitas vezes com grandes manguezais, e que quaisquer modificações da dinâmica natural ou antrópica são facilmente percebidas através de mudanças físicas, químicas e biológicas com o agravante que, esses impactos são quase sempre nocivos à fauna e flora, devido à alta vulnerabilidade desses ambientes. Esse cenário de alta vulnerabilidade natural e antrópica ocorre no baixo curso do Rio Itapecuru, foco principal deste trabalho.

O baixo curso do rio Itapecuru foi caracterizado por Medeiros (2001), como o trecho que se estende de Caxias até a foz, na Baía do Arraial, com uma extensão de aproximadamente 360 km. O desnível total ao longo desse trecho é de 50 m, atingindo uma declividade média de aproximadamente 14 cm/km e largura de até 130 metros, indicando o quanto a região está suscetível a hidrodinâmica das marés.

Favero (2011) destaca a importância do efeito das marés em zonas de praias e estuários sobre a biota aquática, destacando que o efeito das marés distribui nutrientes e minerais e que os mesmos favorecem a abundância de recursos alimentares, por exemplo, fitoplâncton e zooplâncton, conforme destacado por Avila et al. (2009), Souza et al. (2009) e

Ferreira et al. (2010). O autor fundamenta-se ainda nos trabalhos de Lasiak (1984) para destacar que variações ambientais pontuais em curta e média escala (diárias e mensais) são grandemente influenciadas pelos ciclos diários e mensais de marés, enquanto mudanças sazonais, em longa escala são caracterizadas por oscilações de temperatura, salinidade e por eventos meteorológicos, como a entrada de frentes frias, indicando o quanto essas oscilações podem ter forte influência na estruturação das comunidades ictiofaunísticas e de insetos aquáticos.

Castro et al. (2013) ao analisar a influência de alterações de vazões sobre a deriva de macroinvertebrados, constatou que as comunidades de macroinvertebrados são influenciados por flutuações diárias de vazões tanto na estação chuvosa quanto na seca.

A maneira pela qual os fatores hidrológicos interagem, influencia a distribuição da biota aquática ao longo do rio e também dentro de um determinado trecho do rio. Embora possa parecer que a adaptação e/ou preferência por certas faixas de condições hidráulicas são os desafios físicos enfrentados pela fauna aquática, pode-se demonstrar (com uma perspectiva de gerenciamento) que o aumento da variabilidade genética acompanha a variação física do ambiente fluvial (ROBINSON et al., 1992).

Torna-se evidente que a dinâmica ambiental influencia diretamente na biota aquática, impondo a necessidade de que a gestão e o uso sustentável dessas regiões sejam embasadas no conhecimento e monitoramento dos agentes que determinam a dinâmica e a evolução em escala espacial e temporal. Assim, a gestão e o uso sustentável dessas regiões requerem o conhecimento e o monitoramento dos agentes que determinam a dinâmica e a evolução desta ao longo do tempo.

O conhecimento da dinâmica ambiental de corpos hídricos constitui um instrumento para entender a ocorrência e distribuição das espécies, além representar uma ferramenta de previsão de cenários frente a modificações ambientais naturais ou antrópicas. Nesse contexto, torna-se importante o estudo das características hidrodinâmicas e ambientais associadas a ocorrência e distribuição da biota aquática do baixo curso do rio Itapecuru, visando o entendimento de como variabilidade espaço-temporal das precipitações pluviométricas associadas à influência das marés, determinam a estrutura e composição das comunidades de peixes e insetos aquáticos do baixo curso do rio Itapecuru – MA.

Diante do exposto, evidencia-se a necessidade de aprofundamento do conhecimento da dinâmica que regula o funcionamento do baixo curso do rio Itapecuru, o conhecimento da sua

biodiversidade através dos grupos de peixes e insetos aquáticos e das possíveis alterações que podem ocorrer diante de cenários de modificações de precipitação pluviométrica.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Caracterizar a hidrodinâmica e a variabilidade espaço-temporal das precipitações pluviométricas do baixo curso do rio Itapecuru e os efeitos sobre as comunidades de peixes e insetos aquáticos.

3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Estudar a hidrodinâmica no curso inferior do Rio Itapecuru;
- ✓ Conhecer a composição, riqueza, abundância e distribuição das comunidades de peixes em diferentes trechos do rio Itapecuru, no seu baixo curso;
- ✓ Determinar a composição, riqueza, abundância e distribuição da fauna de insetos aquáticos em diferentes trechos do rio Itapecuru, no seu baixo curso;

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

Os recursos hídricos no Maranhão ocupam posição de destaque em relação ao Nordeste, no contexto da Política Nacional de Recursos Hídricos (ANA, 2006). O estado está inserido em quatro regiões hidrográficas, denominadas: Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, Região Hidrográfica do Parnaíba, Região Hidrográfica do Araguaia – Tocantins e Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental.

O rio Itapecuru está inserido na Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, conforme exemplificado na Tabela 1, sendo de domínio estadual, já que seus limites se iniciam e terminam exclusivamente dentro dos limites do estado do Maranhão.

Tabela 1. Descrição das bacias hidrográficas inseridas na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, com destaque para a bacia hidrográfica do rio Itapecuru.

Regiões Hidrográficas (PNRH/MMA-ANA, 2006)	Regiões Hidrográficas do Maranhão	Área (km ²)	% sobre a área estadual
Domínio Estadual			
<i>Região hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental</i>	Sistema hidrográfico do Litoral Ocidental	10.226,22	3,08
	Sistema hidrográfico das Ilhas Maranhenses	3.604,62	1,09
	Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	99.058,68	29,84
	Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru	53.216,84	16,03
	Bacia Hidrográfica do Rio Munin	15.918,04	4,79
	Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu	14.149,87	4,26
	Bacia Hidrográfica do Rio Maracáçumé	7.756,79	2,34
	Bacia Hidrográfica do Rio Preguiças	6.707,91	2,02
	Bacia Hidrográfica do Rio Peria	5.395,37	1,62

Fonte. Elaborada a partir da ANA (2006), PNRH (2006) e NUGEO/UEMA (2009) in NUGEO (2011).

De acordo com o IBGE (1998) a bacia hidrográfica do rio Itapecuru situa-se na parte centro-oeste do Estado do Maranhão, entre as coordenadas de 2°51'33'' - 6°52'22'' Lat S e 43°02'49 - 45°58'57'' Longitude W, conforme Figura 1.

Abrange uma área de 53.216,84Km², correspondendo a 16% do território maranhense, sendo a segunda maior bacia hidrográfica do estado (Barros et al, 2011). O rio Itapecuru,

curso principal da bacia, nasce no Sul do Estado no sistema formado pelas Serras da Croeira, Itapecuru e Alpercatas, em altitude de aproximadamente 530 m, desaguardo na baía do Arraial, depois de percorrer cerca de 1.050 km, a Sudeste da Ilha do Maranhão, na forma de 2 braços de rios denominados: Tucha e Mojó (MMA, 2006; NUGEO, 2011).

Limita-se ao sul e leste com a bacia hidrográfica do rio Parnaíba, através da Serra do Itapecuru, Chapada do Azeitão e elevações; a oeste e sudoeste com a bacia do Mearim e a nordeste com a bacia do Munim (IBGE, 1998; ALCANTARA, 2004; MARANHÃO, 2002).

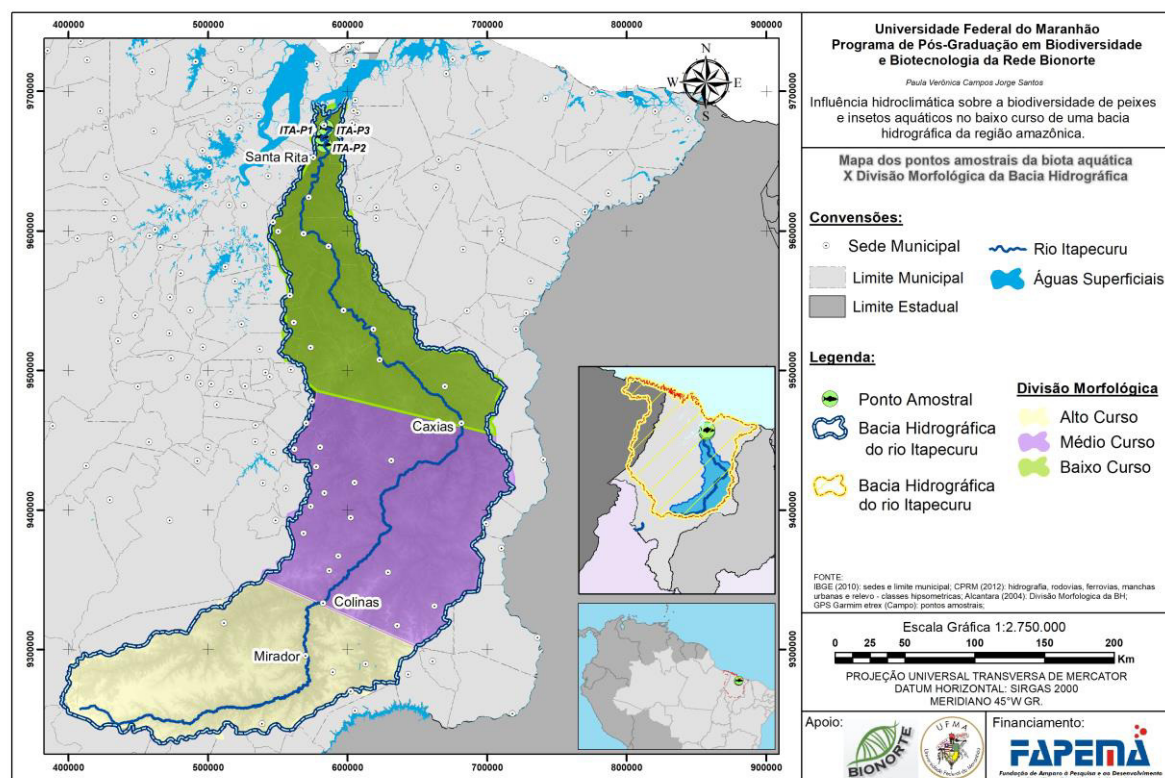


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, e sua divisão morfológica em alto, médio e baixo curso. Fonte: Elaborado a partir de ANA e Alcantara, 2004.

As condições morfológicas e topográficas das regiões drenadas pelo rio Itapecuru, permitem classifica-lo em três regiões fisicamente distintas: alto, médio e baixo curso, conforme destacado por Medeiros (2001) e Alcântara (2004). A região do baixo curso do rio é o foco principal desse trabalho.

O baixo curso foi caracterizado por Medeiros (2001) como o trecho que se estende de Caxias até a foz do Itapecuru, na Baía do Arraial, com uma extensão de aproximadamente 360 km. O desnível total ao longo desse trecho é de 50 m, atingindo uma declividade média de aproximadamente 14 cm/km e largura de até 130 metros (Figura 2).

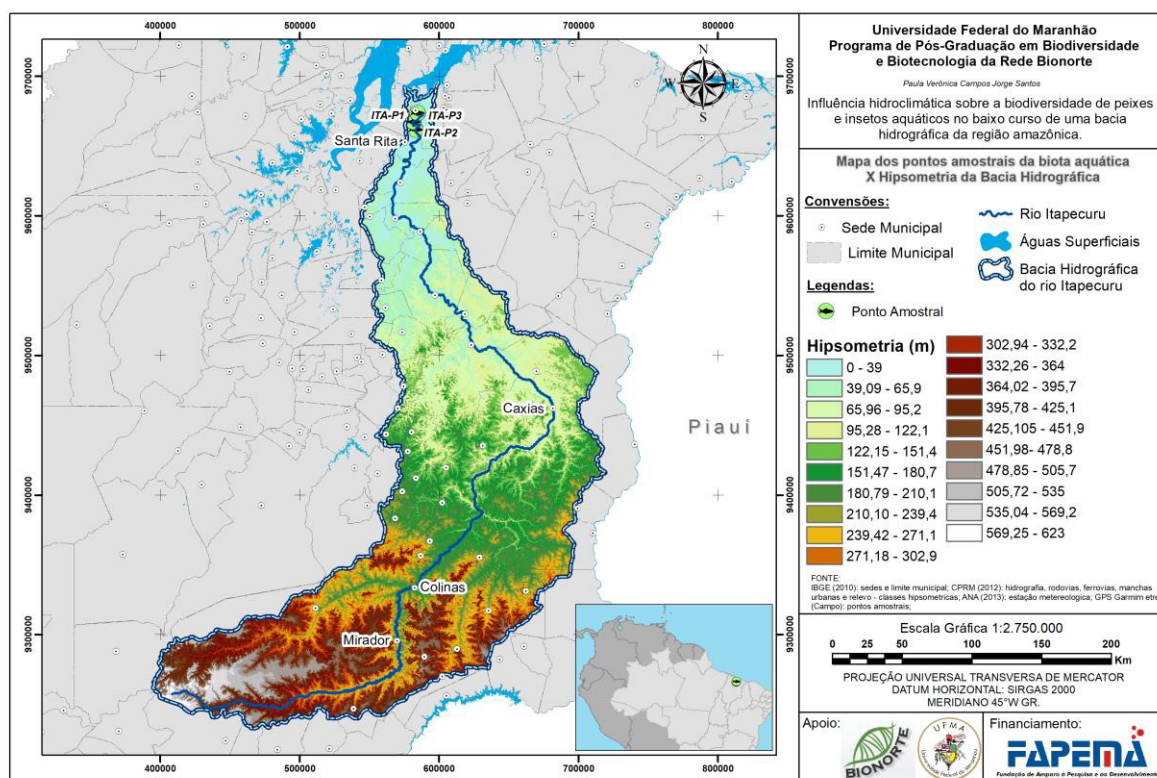


Figura 2. Mapa de Hipsometria da bacia do Itapecuru. Elaborado a partir de ANA e SRTM, 2000.

No alto curso do rio encontram-se altitudes próximas dos 600 metros. À medida que se aproxima da foz gradativamente o relevo vai se aplainando e no baixo curso do rio especialmente próximo às cidades de Rosário e Bacabeira a altitude máxima é de 50 metros.

Esse relevo aplainado facilita que em períodos de alta precipitação as margens sejam encharcadas e em alguns pontos cobertos por água, configurando o que se conhece de rios de planície. Silva e Conceição (2011) destacam que no baixo curso do rio Itapecuru, devido às menores declividades, a velocidade do fluxo é mais lenta, caracterizando-o como um rio de planície.

No período de estiagem, ocorre uma intensa ocupação das margens do Itapecuru pelos pequenos agricultores rurais, a jusante do município de Caxias. Essa preparação das terras envolve não só a remoção da mata ciliar, como seu destino para o leito do rio, o que contribui para o assoreamento do canal, excetuando as margens rochosas constituídas de lajes que não são erodidas pelo homem (SILVA; CONCEIÇÃO, 2011). Além da degradação nas margens do rio, observou-se também uma grande quantidade de lixo acumulado nas margens, fato que pode comprometer a funcionalidade do corpo hídrico.

4.2 Procedimentos Metodológicos

Para o desenvolvimento deste trabalho foi necessário o cumprimento de três etapas metodológicas: pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo e análise dos resultados.

A pesquisa bibliográfica, foi realizada em livros, periódicos, artigos de jornais, sites de internet dentre outras fontes, sobre as temáticas de dinâmicas de marés, rios de planície, estuários, alterações climáticas e suas influencias sobre a diversidade de comunidades íctias e de insetos aquáticos.

Boccatto (2006) destaca que o levantamento bibliográfico, objetiva a resolução de um problema ou hipótese por meio de referências teóricas publicadas, analisando e discutindo as várias contribuições científicas. Além disso, esse tipo de pesquisa trará subsídios para o conhecimento sobre o que foi pesquisado, como e sob que enfoque e/ou perspectivas foi tratado o assunto apresentado na literatura científica.

4.2.1 Levantamento de dados para a caracterização climática

A série histórica que compõem os dados de precipitação foi obtida no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, mantido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da plataforma BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa). A série histórica analisada foi de 44 anos, compreendendo o período de 1971 até 2015. A estação meteorológica utilizada está localizada no município de São Luís –MA, código 82280, latitude -2.53 longitude -44.21, altitude 50.86 m, assumindo o status atual de estação operante, distando aproximadamente 40 km da área de estudo, conforme Figura 3.

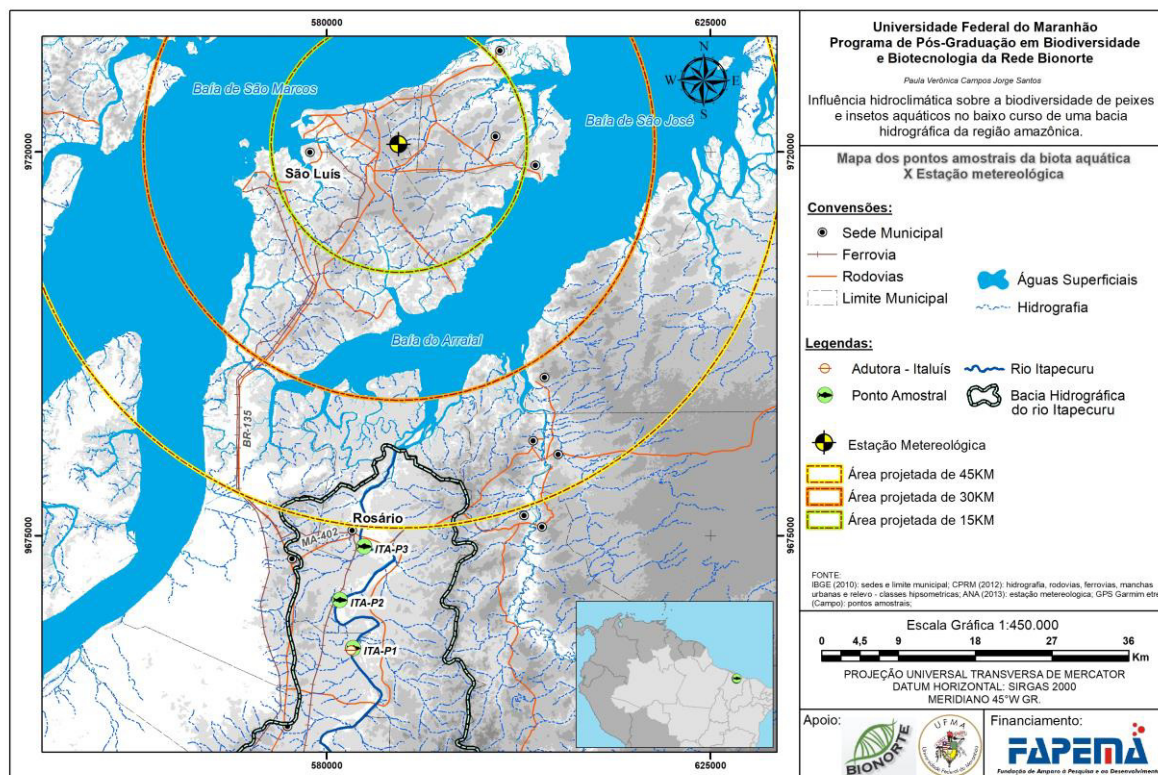


Figura 3. Mapa de localização da estação meteorológica e a distância da área de estudo.

4.3 Pontos de coleta

As atividades de campo foram realizadas em três pontos de coleta de dados ao longo do baixo curso do rio Itapecuru, entre os municípios de Santa Rita e Rosário (Figura 4).

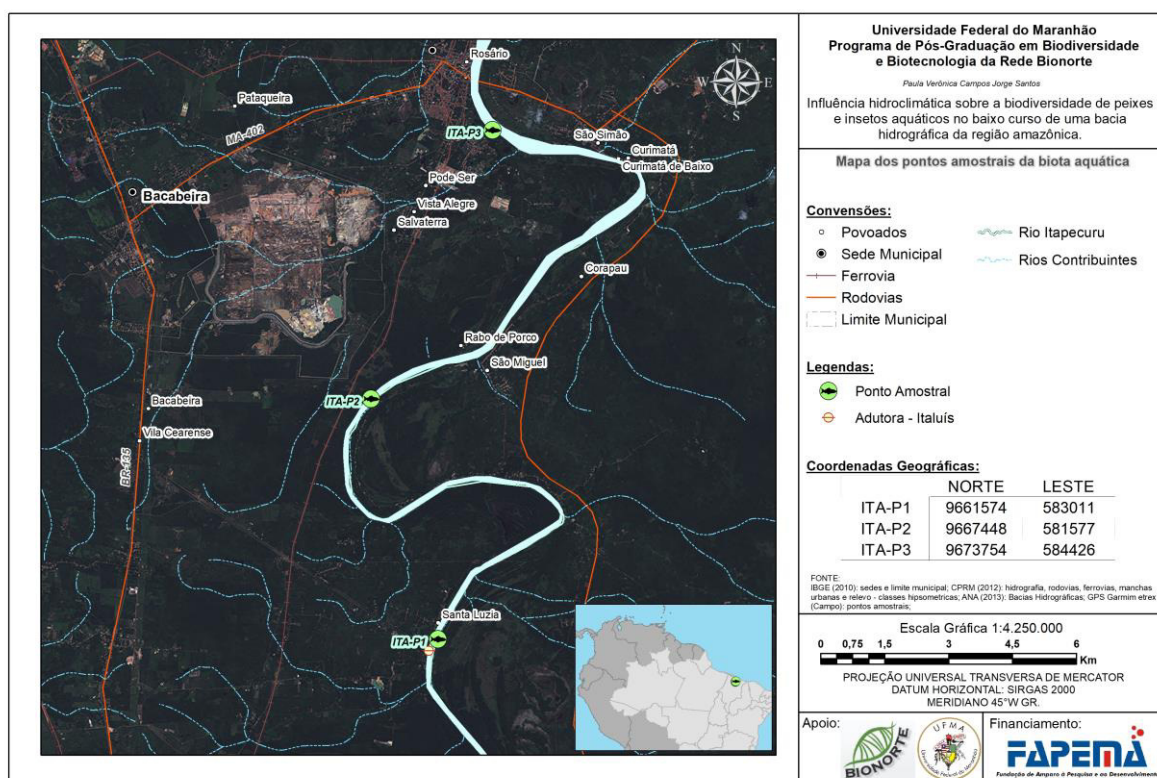


Figura 4. Pontos de captura da biota aquática.

O Ponto de coleta 1 está localizado no povoado de Santa Luzia, o Ponto 2 em São Miguel e Ponto 3 no município de Rosário.

4.4 Pesquisa de Campo

4.4.1 Perfil do Canal nos trechos amostrados

Para determinação da profundidade e largura do canal, utilizou-se uma ecossonda/GPS, da marca Console - RAYMARINE CHARTPLOTTER RC320 (RAYCHART), interface - RAYMARINE E85001, com auxílio de um computador portátil para aquisição dos dados.

Esse aparelho compreende uma unidade display, conectada a uma antena GPS e a um transdutor submerso. O transdutor trabalha com a emissão de pulsos nas frequências de 50 kHz ou 200 kHz e calcula a profundidade através da diferença de tempo entre a emissão e a recepção do sinal, capaz de detectar profundidades entre 0,5 e 800 metros com precisão de 0,1 metros. A amostragem de dados de profundidade foi feita em intervalos de 2 segundos. O posicionamento do GPS permite uma precisão inferior a 10 m de raio e adquire valores de posição da embarcação em intervalos de 1 segundo.

4.4.2 Medição de descarga líquida

Para o conhecimento da vazão do rio foi utilizado o equipamento *Acoustic Doppler Current Profiler - ADCP* modelo *Workhorse* Rio Grande 600 kHz fabricado pela *RD Instruments*, acoplado à borda da uma embarcação utilizada nos trabalhos de campo e conectado através de um cabo a um Notebook.

Schuck (2013) destaca que equipamentos chamados de *Acoustic Doppler Current Profiler / Acoustic Doppler Profiler - ADCP/ADP* estão sendo amplamente utilizados na hidrometria para determinação de vazões, devido à rapidez de manuseio e na obtenção de inúmeras informações das seções transversais analisadas, em comparação aos métodos convencionais.

Segundo Cunha et al., (2007) esse equipamento é adequado para medir vazões ou descarga líquida em grandes rios. O equipamento é composto por uma sonda, com quatro transdutores e um “deck box”, onde os sinais são filtrados e transmitidos para um computador com um software específico que coordena as ações de todo o sistema, recebe os dados e os disponibiliza em forma de gráficos e tabelas, conforme demonstrado na Figura 5.

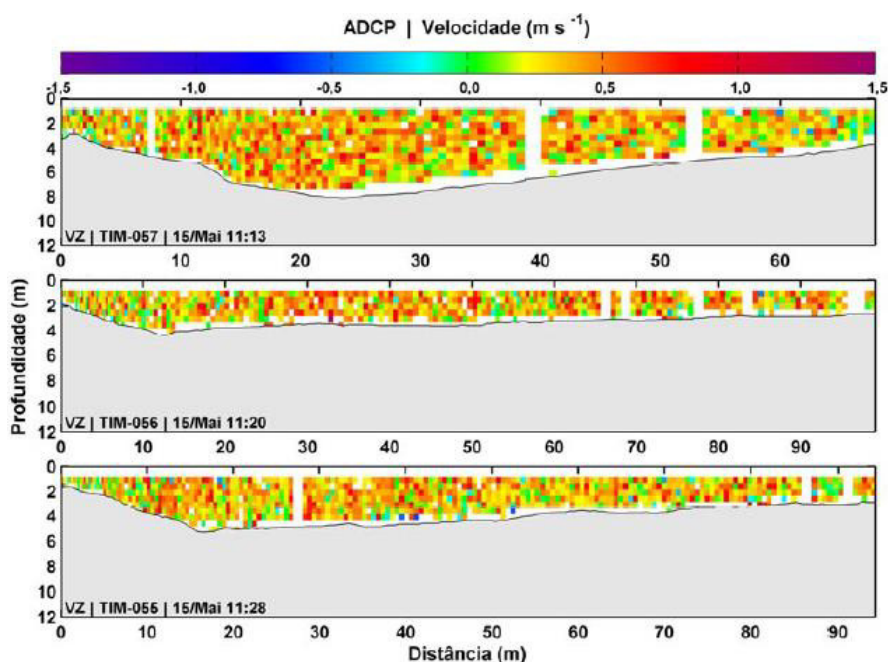


Figura 5. Ilustração de campo perfilático da campanha de coleta de dados através com equipamento ADCP no rio Itapecuru.

O aparelho funciona transmitindo pulsos de som (*pings*) que se projetam em várias direções (tipicamente 3 ou 4) na coluna d'água. Posteriormente as partículas que se deslocam no feixe acústico, retornam os ecos que são chamados de células de profundidade ou caixas ao

aparelho. A velocidade relativa entre o equipamento e a partícula em cada célula é medida através das varrições na profundidade (*bottom tracking*). Com o conhecimento da velocidade da corrente, da área da seção de medição e da profundidade da mesma, um programa de computador desenvolvido para o equipamento calcula a vazão total na seção de descarga ou de medição (MUSTE et al., 2010).

Foi realizado o perfil transversal (levantamento batimétrico) em 3 pontos do trecho inferior do Rio Itapecuru. O primeiro ponto está localizado na comunidade Santa Luzia, município de Santa Rita (583341 E / 9662389 N), o segundo situa-se em São Miguel (583623 E / 9668469 N) e o terceiro situado à jusante da ponte principal da sede municipal de Rosário (583967 E / 9674926 N).

As campanhas para obtenção dos dados ocorreram entre os dias 15 e 17 de maio de 2012, de forma contínua. Os dados obtidos em campo foram transferidos, filtrados e salvos no formato padrão, sendo os cálculos das propriedades físicas foram realizados através do software do próprio equipamento.

O equipamento foi configurado para captar dados em profundidades máximas de 13 metros (Ponto 1), células com profundidade de 0,5 m, intervalos entre *pings* de 0,2s e um conjunto de cinco *pings* para formar um *ensemble*.

Para a caracterização hidrológica, além das medições com o *ADCP* foram instaladas estações fluviométricas, sendo 7 réguas instaladas em Santa Luzia e 6 em São Miguel. Com a utilização de equipamentos topográficos (nível óptico e mira falante) e de uma ecossonda/GPS para realização da batimetria e determinação da área da seção do canal fluvial. Para validação dos dados da régua foram instalados marégrafos Santa Luzia (582885 E / 9661519 N), São Miguel (584695 E / 9669037 N) e Rosário (584023 E / 9674976 N), Figura 6.

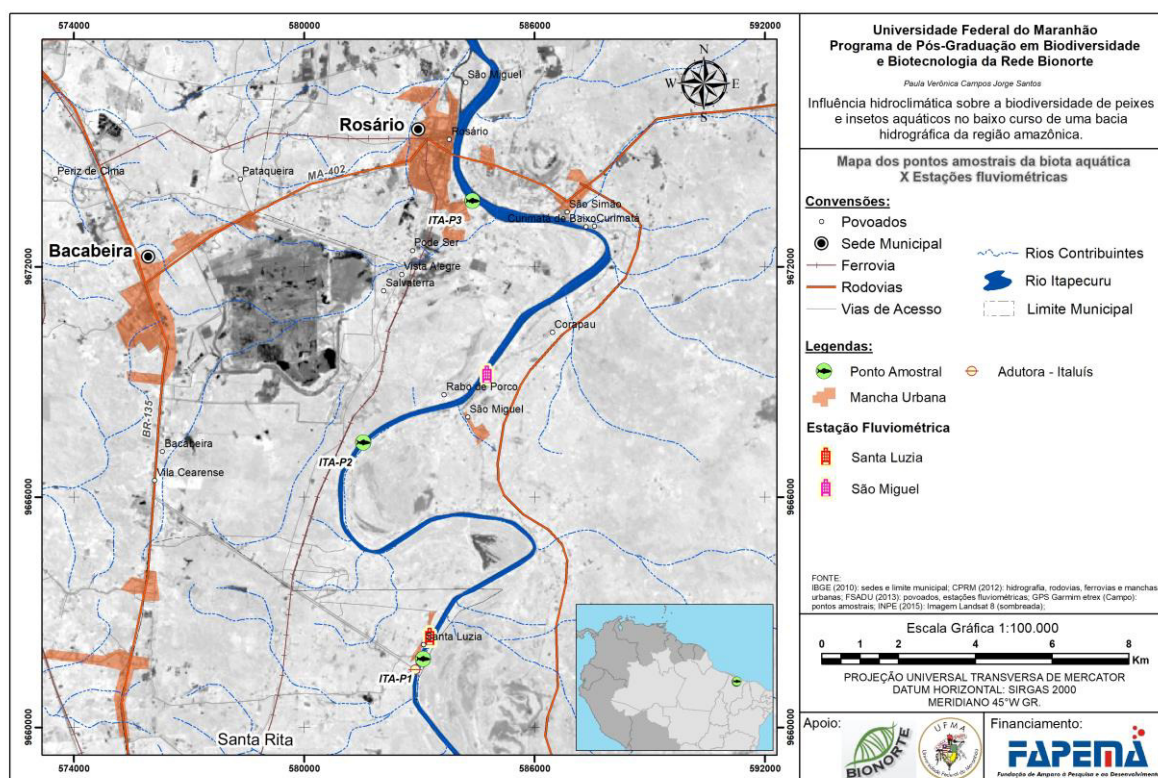


Figura 6. Localização das estações fluviométricas em Santa Luzia e São Miguel.

4.4.3 Correntometria

Para a correntometria também foi utilizado a *ADCP*. O aparelho capta várias informações da coluna d'água estudada, o conjunto dessas informações forma um perfil e nesse perfil existem muitos dados, dentre os quais o sentido e intensidade da corrente.

O *ADCP* capta os perfis verticais de correntes ao longo de uma secção. Para este estudo o aparelho foi configurado para realizar as medições de correntes a cada 0,5 m ao longo da coluna d'água, tanto na superfície, meia água e fundo.

4.4.4 Marés

Para mensurar a influência da maré no nível de água do rio foi instalada uma régua na estação maregráfica RI, no ponto 3 localizado no município de Rosário. As coletas foram realizadas continuamente entre os dias 16 e 17 de maio de 2012, com frequências de registro de 10 minutos. Os dados obtidos foram comparados com dados de maré de duas outras estações localizadas no porto de São Luis (DHN/MM, 2012 a) e no terminal da ALUMAR (DHN/MM, 2012 b).

4.5 Captura da Ictiofauna

As coletas da ictiofauna foram realizadas nos meses de junho, agosto e novembro de 2012, fevereiro, maio, agosto e novembro de 2013, fevereiro, maio e agosto de 2014.

4.5.1 Método de Captura

Para a captura dos indivíduos foram utilizadas redes de espera (malhadeiras) nos três diferentes pontos distribuídos no baixo curso do rio. Em cada ponto de amostragem, a bateria de redes foi instalada às 14:00h e retirada às 6:00h do dia seguinte, correspondendo a um esforço amostral de 16 horas. A Figura 7 mostra os procedimentos de utilização da rede na atividade de pesca.

Utilizou-se um conjunto composto por seis redes com comprimento e malhagens padronizadas, 03 redes com 3,0 cm entrenós opostos, 03 redes com 4,0 cm entrenós opostos, 02 redes com 5,0 cm entrenós opostos, 03 redes com 6,0 cm entrenós opostos, 01 rede com 7,0 cm entrenós opostos, 04 redes com 8,0 cm entrenós opostos.



Figura 7. Pescadores manuseando a malhadeira para o desenvolvimento da pescaria.

4.5.2 Análises de Laboratório

Os espécimes capturados foram acondicionados em sacos plásticos, etiquetados e colocados em caixas de isopor contendo gelo e transportados para o Laboratório de Ictiologia do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão. No laboratório, foi efetuada a identificação a nível de espécies com base nos trabalhos de: Eigenmann e Eigenmann (1890), Regan (1904), Fowler (1941), Fernández-Yépez (1968),

Britski (1972), Mees (1974), Isbrücker (1979), Britski *et al* (1988), Vari (1988), Santos et al., (2004), Piorski et al., (1998, 2007). Após a identificação, a atualização taxonômica foi realizada acessando o Projeto Fishbase (Froese & Pauly, 2009). Após coleta das informações biológicas, alguns exemplares foram fixados em formalina 10% e depositados na Coleção de Peixes do Departamento de Oceanografia e Limnologia da UFMA.

4.5.3 Análises Estatísticas

4.5.3.1 Frequência de Ocorrência

A frequência de ocorrência das espécies foi analisada através da proporção entre o número de coletas que continham uma determinada espécie e o número total de coletas efetuadas, de acordo com a fórmula 1, abaixo

Equação 1

$$F_o = T_i \times 100/A$$

Onde:

Fo = frequência de ocorrência

Ti = número de amostras contendo o táxon i

A = número total de amostras.

A nomenclatura empregada por Batista; Rego (1996) foi utilizada para determinar as classes de frequência dos indivíduos, conforme Tabela 2 abaixo.

Tabela 2. Classes de frequência de ocorrência dos indivíduos.

CLASSES	ESPÉCIES PRESENTES (%)
Altamente constantes	70 - 100
Constantes	50 - 69
Moderadas	30 - 49
Pouco constantes	10 - 29
Raras	10

4.5.3.2 Abundância

Os padrões de abundância foram analisados através de uma função de densidade acumulada empírica – CDF, que possibilita comparação direta entre a riqueza e a distribuição de abundância entre as espécies em cada assembleia. (McGIL, 2011).

4.5.3.3 Índices de Diversidade

A diversidade ictiofaunística foi estudada através da riqueza de espécies (S) e dos índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade (E), conforme as Equações 2 e 3 abaixo.

Diversidade (H') de Shannon – Wiener:

Equação 2

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \log_2 p_i)$$

Onde:

S= número total de espécies

p_i = proporção do número de indivíduos da espécie i (n_i) em relação ao número total de indivíduos (N), onde $[N \cdot p_i = n_i]$.

Para o resultado da diversidade, que foi dado em bits/ind⁻¹, foi utilizado o critério de classificação proposto por Valentin et al (1991), conforme tabela 3.

Tabela 3. Classes de diversidade da ictiofauna.

CLASSIFICAÇÃO	VALOR DE DIVERSIDADE = H'
Diversidade Alta	$\geq 3,0$
Diversidade Média	$2,0 \leq H' \leq 3,0$
Diversidade Muito Baixa	$< 1,0$

4.5.3.4 Equitabilidade

O índice de equitabilidade de Pielou – J' expressa o quão igualmente os indivíduos estão distribuídos entre as diferentes espécies, medindo a uniformidade da distribuição dos indivíduos, sendo calculado para averiguar sobre a existência de espécie dominante.

A Equitabilidade foi determinada pela Equação 3 a seguir:

Equação 3

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

Onde:

E = equitabilidade

H' = diversidade de Shannon Winner

S = riqueza de espécies

ln = logaritmo natural.

O resultado da equitabilidade varia de 0 a 1, a Tabela 4 demonstra a partir de que valores os resultados são mais ou menos equitativos.

Tabela 4. Classificação da equitabilidade.

CLASSIFICAÇÃO	VALOR DE REFERÊNCIA 0 - 1
Equitativo	> 0,5
Pouco equitativo	< 0,5

Os dados de abundância, diversidade, equitabilidade e riqueza foram introduzidos em matrizes nos programas STATISTICA, versão 7.0 (Statsoft Corp, Estados Unidos), PAST, versão 2.17 (Paleontological STatistics) e PRIMER 6.0. As análises estatísticas foram aplicadas para a interpretação dos dados da estrutura da comunidade, riqueza de taxa e abundância, tanto na escala espacial como temporal.

Para testar a normalidade dos dados, utilizou-se o teste de Levene's. Quando atendidos os pressupostos de homogeneidade e normalidade, utilizou-se a Análise de Variância (ANOVA) para testar as diferenças temporais e espaciais entre os índices de diversidade de Shannon-Wiener, equitabilidade de Pielou e riqueza de espécies (PIELOU 1969; LUDWIG e REYNOLDS, 1988).

O Teste t student foi utilizado para comparar duas amostras com o intuito de verificar diferenças significativas entre as médias, observados, previamente, os pressupostos de normalidade dos dados, através do teste de Kolmogorov-Smirnov.

Para verificar o ordenamento sazonal das amostragens foi utilizada a técnica não métrica de escalonamento multidimensional (MDS). A análise de percentual de similaridade (SIMPER) foi computada a fim de identificar quais espécies foram mais similares para a formação dos grupos e as mais discriminantes, demonstrando a dissimilaridade entre os grupos.

4.6 Captura dos Insetos aquáticos

Os trabalhos de campo foram realizados nos meses de Fevereiro, Maio, Agosto e Novembro de 2014, período que contempla a época chuva e o período seco. As coletas foram realizadas sempre no período da manhã.

4.6.1 Método de Captura

Para a captura foi utilizada rede do tipo “D” ou rapichê, que consistem em uma estrutura de ferro ou alumínio onde é costurada uma tela resistente e acoplada a um cabo, o formato em “D” evita a perda de amostra por baixo da rede (Figura 8). O método de coleta foi através de varredura nas margens do rio, sempre no sentido contracorrente.



Figura 8. Coleta dos insetos aquáticos. Fonte: Autora.

A rede em “D” é um método semiquantitativo, utilizado quando se padroniza o tamanho da área de varredura (Couceiro et al., 2007) ou o tempo de arrasto (Sonoda, 2010). O tempo de arrasto foi padronizado em 5 minutos para cada ponto de coleta.

4.6.2 Análises de Laboratório

Os insetos foram coletados e colocados em bandejas plásticas e separados dos detritos, acondicionados em sacos plásticos, fixados em álcool a 70%, etiquetados e transportados para o laboratório, aonde foram realizadas as lavagens, utilizando-se peneiras de 0,5 e de 1 mm, posteriormente foram feitas as triagens com auxílio de Lupas, para as identificações em nível de famílias, com base nos trabalhos de Pinho (2008), Segura; Valente-Neto; Gessner (2011), Silva (2007), Pes; Amada; Nessimian (2005), Azevêdo; Hamada (2008), Lecci; Froehlich (2007), Souza; Costa; Oldrini (2007), Calor (2007), Hamada; Couceiro (2003) e Pereira; Melo; Hamada (2007).

4.6.3 Análises estatísticas

Os dados foram organizados em planilhas do programa *Office Excel* e os tratamentos estatísticos foram obtidos com o auxílio do software PAST (*Palaeontological Statistics* v.1.8).

Foi calculada a frequência relativa das famílias, representado pelo número de indivíduos da família em relação ao total de indivíduos coletados, utilizando-se a equação 4:

Equação 4

$$F = n / N \times 100$$

Onde:

F = frequência relativa

n = número de indivíduos de cada família

N = número total de indivíduos coletados.

Foi obtido o percentual de famílias nas coletas através da fórmula 5:

Equação 5

$$C = p / N \times 100$$

Onde:

C = constância

p = número de coletas contendo a família

N = número de coleta.

Posteriormente as famílias foram adequadas em categorias segundo a classificação de Bodenheimer (1955) em:

Famílias constantes – presentes em mais de 50% das coletas;

Famílias acessórias – presentes em 25 a 50% das amostras;

Famílias acidentais – presentes em menos de 25% das amostras.

A diversidade biológica foi calculada com a utilização do Índice de Diversidade de Shannon (H'), o teste *t student* foi utilizado para comparar duas amostras com o intuito de verificar diferenças significativas entre as médias, observados, previamente, os pressupostos de normalidade dos dados, através do teste de Kolmogorov-Smirnov.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Hidrodinâmica da foz da bacia hidrográfica do rio Itapecuru

Caracterização da Precipitação na foz da bacia do Itapecuru

Foi observada uma série histórica de 44 anos, período que vai de janeiro de 1971 a dezembro de 2015. O período analisado está de acordo com o que recomenda a Organização Meteorológica Mundial (OMM) que determina a necessidade de pelo menos 30 anos de observações para caracterização do clima de uma região, o que chama de Normal Climatológica. (WMO, 2008).

Os dados levantados para o estudo constituem uma série homogênea, ou seja, não há descontinuidade em seu período de amostragem. As precipitações apresentam padrão bem definido, com chuvas que se iniciam no mês de janeiro e se estende até o mês de junho (Figura 9).

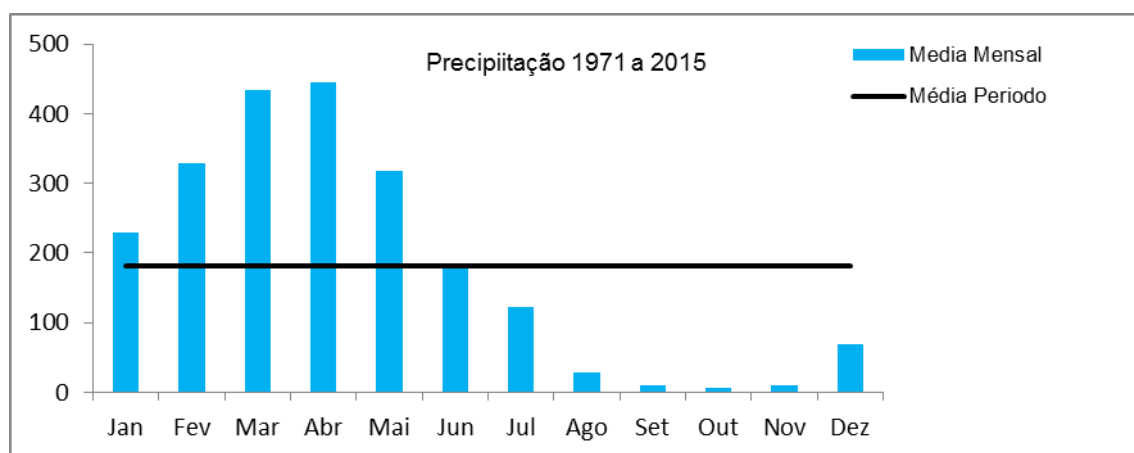


Figura 9. Representação gráfica dos valores médios de precipitação mensal (mm) no período de 1971 a 2015.

A partir do mês de julho as precipitações diminuem e se inicia o período seco que se estende até metade do mês de dezembro. Essa dinâmica climática foi observada por Lemos (2002) que caracterizou a existência de duas estações bem distintas, uma seca e outra chuvosa, descrevendo que os totais precipitados variam de 1000 a 1500 mm por ano. A precipitação na bacia foi considerada homogênea, assumindo que não existe no baixo curso do rio, um regime pluviométrico diferenciado, havendo indícios de que é o segmento com maior precipitação da bacia hidrográfica.

Os dados estudados evidenciaram precipitações acumuladas de até 3.981,3 mm no baixo curso da bacia, no ano de 1.974, ocorrendo outros eventos nos anos de 1971 (3.173,7 mm), 1974 (3.508,1mm), 1988 (2.843,4 mm) e 2009 (2.847,8 mm). Dos 45 anos da série de dados estudada, 30 anos apresentaram totais acumulados maiores que 1.500 mm.

Alcântara (2004) constatou que essa bacia hidrográfica está localizada em uma zona de transição dos climas semiáridos do interior do nordeste para os úmidos equatoriais da Amazônia. Assim no baixo curso o clima úmido se estende até a foz do rio, onde são registradas as mais altas precipitações da bacia, que variam de 1.600 a mais de 2.000 mm durante seis meses (janeiro a junho), enquanto os meses menos chuvosos se concentram no intervalo de julho a novembro.

Através das análises anual e inter anual é possível perceber ao longo do ano os meses de maiores e menores precipitações, assim como quais os anos mais chuvosos ao longo da normal climatológica. Nos anos mais chuvosos analisa-se em quais meses se concentram as chuvas. No mês de janeiro, a série revela uma precipitação média de 230 mm para todo período. Com mínima de 16 mm no ano de 2007 e máxima de 503,5 mm no ano de 1985 (Figura 10).

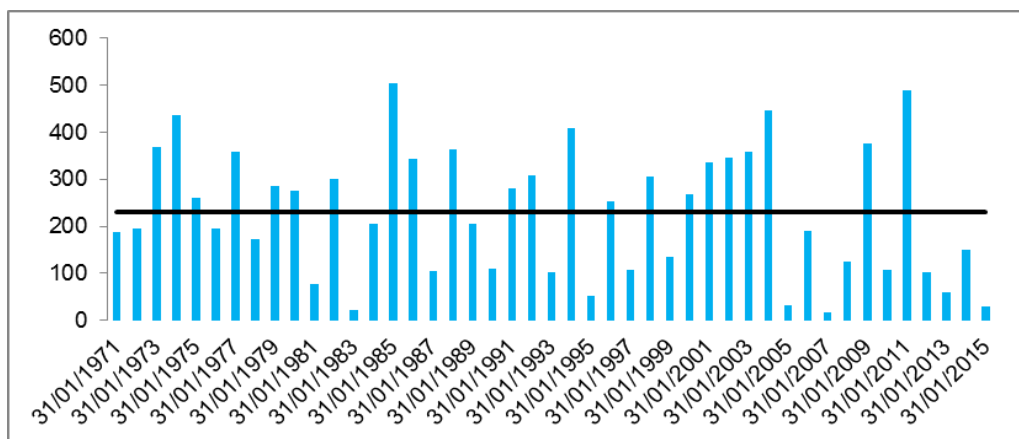


Figura 10. Série histórica de precipitação para todos os meses de janeiro da série. A linha preta representa a média mensal do período

Os meses de Fevereiro, Março, Abril e Maio apresentam maior precipitação sempre com médias que ultrapassam os 300 mm, representando os meses mais chuvosos ao longo do ano (Figura 11).

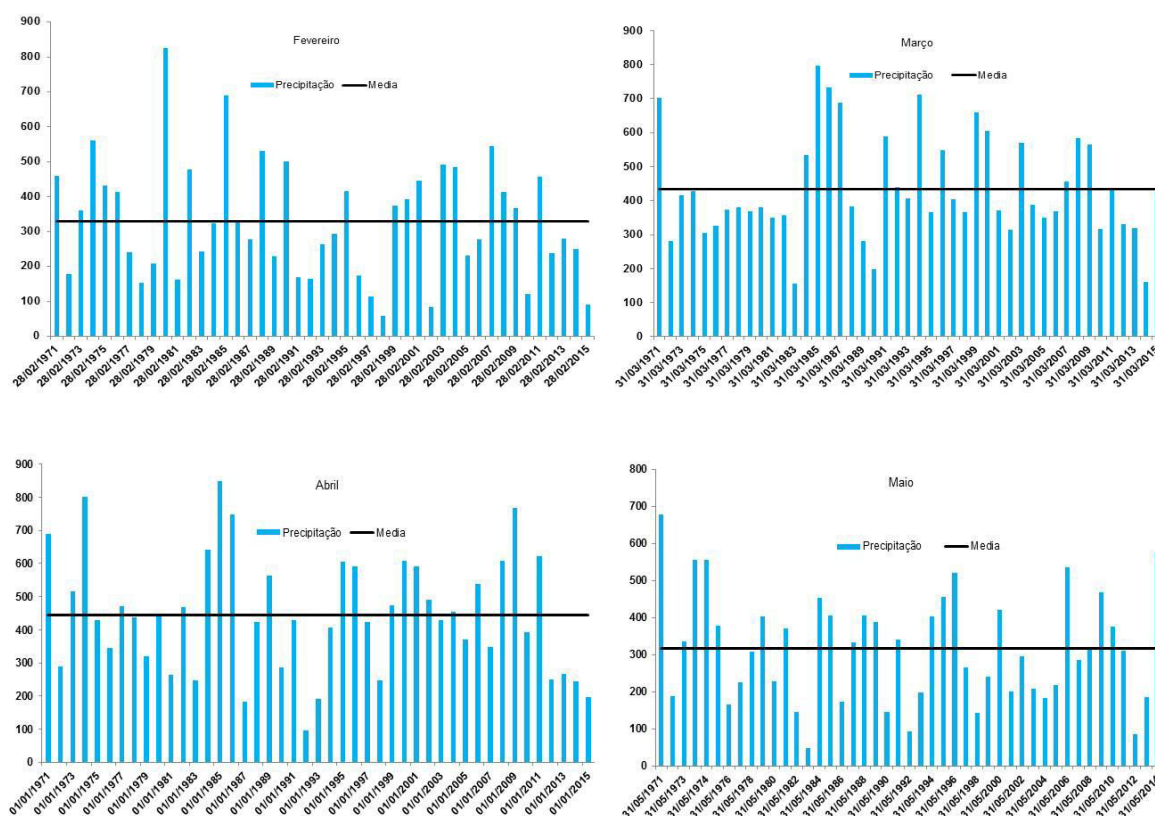


Figura 11. Representação gráfica da precipitação nos meses mais chuvosos do ano, para uma série de observação de 44 anos (1971 a 2015).

As médias totais acumuladas nos 44 anos de observação da série correspondem a 98.027,20 mm, dos quais aproximadamente 70 % são representados pelo quadrimestre que vai do mês de fevereiro a maio.

Segundo Molion e Bernardo (2002), a estação chuvosa principal no norte e nordeste brasileiro se estende de fevereiro a maio, e o principal fenômeno responsável pelas chuvas é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), associada ainda com a convergência de umidades (brisas e POAS), a convecção local, e raramente, à influência direta de frentes frias.

A partir dos meses de Julho e Agosto a média da precipitação diminui representando um período de transição para o período mais seco, com precipitação média acumulada de 5.406,30 mm e 1.226,50 mm e médias do período da ordem de 122,8 e 27,8 mm respectivamente.

Os meses efetivamente mais secos são setembro, outubro e novembro em que as médias não ultrapassam 11mm, com média da precipitação total acumulada de 4.237,1 mm,

representando 1,24% da média cumulada da série, que é de 2.180,46 mm, para esse trimestre (Figura 12).

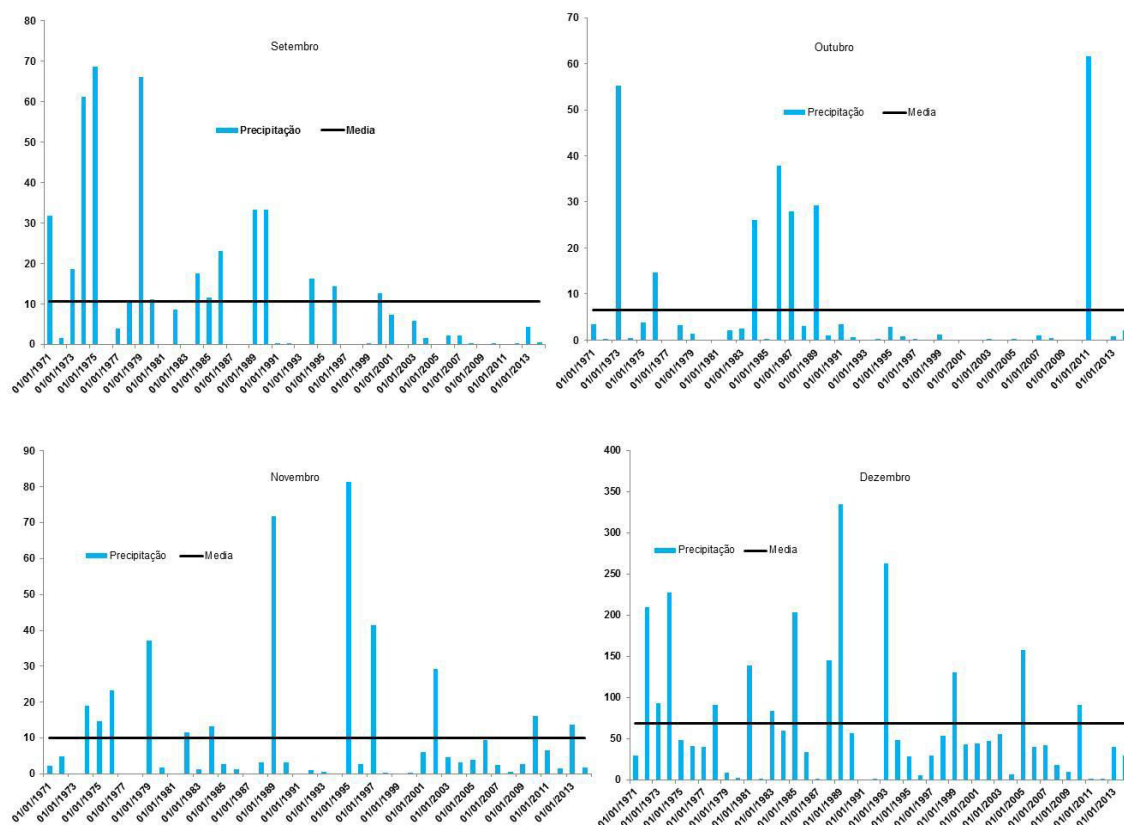


Figura 12: Representação das médias de precipitação total para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro.

O mês de dezembro é o de precipitação mais representativa de média acumulada do período seco 3.038,5 mm, participando com 3% da média total observada de todo o período estudado. No ano de 1989 ocorreu o dezembro mais chuvoso da série histórica observada com média de 335,2 mm.

Os valores de precipitação média mensal, porcentagem em relação ao total anual, desvio padrão e coeficiente de variação estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Precipitação média (pm), porcentagem da média em relação ao total anual (pm/ptotal), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (cv) para precipitações ocorridas de 1971 – 2015.

Mês	Pm(mm)	Pm/Ptotal(%)	s	CV(%)
1	230,1	10,5	135	58,7
2	328,6	15,0	166	50,5
3	433,16	19,8	151	35
4	445,61	20,4	178	40
5	318,49	14,6	147	46,2
6	177,7	8,1	84	47,2
7	122,8	5,6	70	57
8	27,8	1,2	28	100
9	10,7	0,5	17	159
10	6,54	0,3	14	214
11	10	0,4	17	170
12	69	3,1	77	111,5

De acordo com a Tabela 5, no período compreendido entre o mês de agosto e dezembro, o coeficiente de variação (CV) é elevado, mostrando a alta variabilidade da precipitação no período mais seco. Ao observar a série estudada para o mês de Agosto, há anos de alta e baixa precipitação intercalados. Em 1983 ocorreu a maior precipitação do período com média igual a 113,5 mm, enquanto a segunda maior ocorrência é do ano de 1996 com média de 88,1 mm. Nesse intervalo de 23 anos entre as maiores precipitações, ocorreram episódios de baixas precipitações nos anos de 1976, 1981, 1983, 1992 e 1995 com médias de 0,6 mm, 0,7 mm, 1,4 mm, 0,2 mm e 6,5 mm. No ano de 1997 não houve precipitação registrada para o mês de agosto. A Figura 13 abaixo representa a variabilidade da precipitação no período observado.

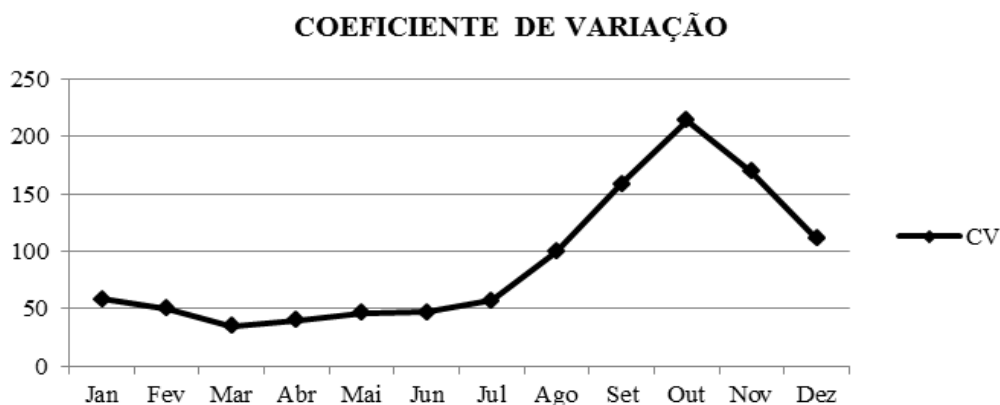


Figura 13. Variabilidade da precipitação. Fonte: Elaborado a partir de ANA.

Nos meses de setembro, outubro e novembro foram observados ausência de precipitação em vários anos da série. Em outubro é observado o CV mais elevado. Nos anos de 1971 a 1981 houveram dois eventos em que o mês de outubro apresentou precipitação acima da média (1973 e 1976), de 1982 a 1992 quatro anos houve precipitação acima da média, a partir de 1993 até 2014 apenas o ano de 2011 houve precipitação significativa, sendo esta a maior média de todo o período de observação 61,6 mm.

A variabilidade anual da precipitação e a tendência das chuvas para a região é apresentada na Figura 14, onde observa-se, a média acumulada dos anos da série investigada.

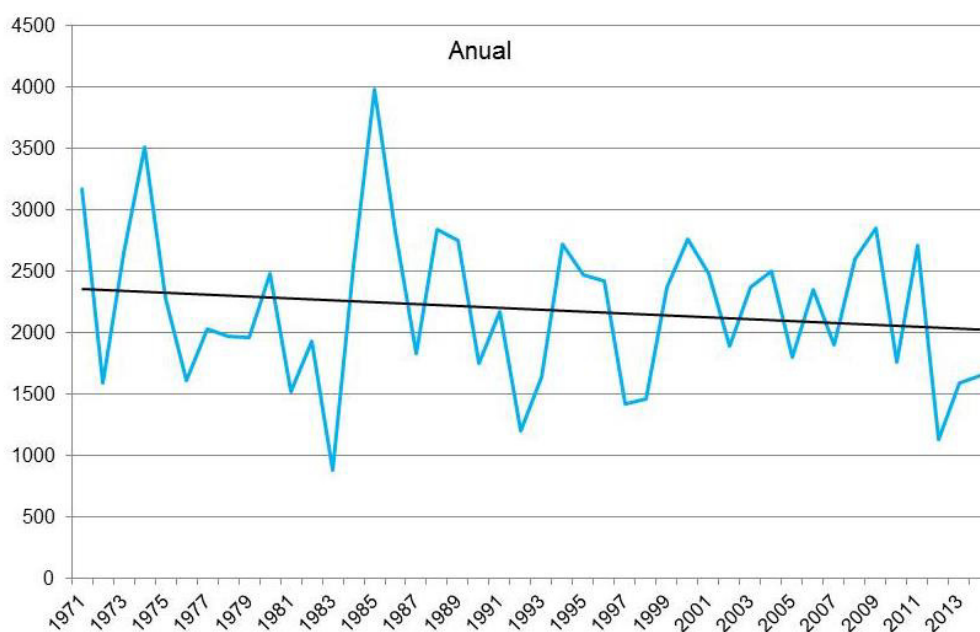


Figura 14. Variabilidade anual da precipitação no período de 1971 a 2013. Fonte: Elaborado a partir de ANA.

As precipitações apresentam flutuações com anos de picos de alta e baixa precipitação, esses extremos de chuvas estão associados a eventos de grande escala que atuam sobre essa região. Conforme Lucena et al (2011) são os eventos de El niño e Lá niña que controlam essas flutuações inter anuais. Em anos de El Niño (EN) e La Niña (LN) a precipitação sobre o nordeste brasileiro apresenta alta variabilidade, que demonstra um resultado praticamente “direto”, gerando como impacto sobre a sub-região 1 (área que representa o norte do nordeste brasileiro, e na qual está inserido o estado do Maranhão), anomalias negativas em anos de atuação do EN (período de secas) (MOLION E BERNARDO, 2002; PEZZI e CAVALCANTI, 2001).

Em anos de LN, há dois períodos com impactos contrastantes: antes de 1976, com predomínio de anomalias de precipitação negativas (redução das chuvas), e após 1976, com anomalias positivas (chuvas acima da média climatológica), além de apresentarem valores mais elevados que podem estar relacionados às mudanças ocorridas na segunda metade do século 20, tais como, mudança na fase da Oscilação Decadal do Pacífico (Graham, 1994; Stenseth et al., 2003) e mudança na fase da Oscilação do Atlântico Norte (HURRELL E VAN LOON, 1997; STENSETH et al., 2003; WAINER et al., 2008).

Marengo (2006) evidencia que ao se falar em variabilidade, para que não haja uma má interpretação de resultados, é necessária uma detecção prévia da variabilidade observada do clima no país em escalas de tempo mais extensas possíveis, isso para que ela possa servir de base para analisar o clima futuro, tentando assim separar a variabilidade natural observada, da variabilidade forçada por atividades humanas que induzem a mudanças climáticas.

Assim, a variabilidade poderá ser utilizada como parâmetro de comparação quando se tem intensificação de atividades que modifiquem o clima na área, partindo do pressuposto que as atividades até então desenvolvidas na área estudada, não são ainda grandes modificadoras do clima local, e que o ambiente consegue manter sua resiliência natural.

Na Tabela 6, estão plotadas as médias acumuladas de precipitação anuais, com destaque para os anos em que a precipitação não alcançou a média do período.

Tabela 6. Médias de precipitações acumuladas, com destaque para anos mais secos.

Anos	Precipitação Média Total	Anos	Precipitação Média Total	Anos	Precipitação Média Total	Anos	Precipitação Média Total
1971	3173,7	1982	1926,7	1993	1637,5	2004	2496,8
1972	1586,3	1983	883,7	1994	2720,2	2005	1803,3
1973	2651,2	1984	2551,7	1995	2470,1	2006	2354,2
1974	3508,1	1985	3981,3	1996	2419,2	2007	1899
1975	2276,5	1986	2823,2	1997	1421,2	2008	2599,8
1976	1611	1987	1833,2	1998	1459,8	2009	2847,8
1977	2025,8	1988	2843,4	1999	2366,2	2010	1755,6
1978	1970,6	1989	2755,6	2000	2765,2	2011	2713,3
1979	1961,8	1990	1753,6	2001	2479,6	2012	1133,2
1980	2478,5	1991	2167,6	2002	1888,4	2013	1594,2
1981	1518,8	1992	1198,4	2003	2370,5	2014	1652,3

Os dados indicam que as chuvas apresentam uma leve tendência de diminuição na região, conforme pode ser visualizado através das anomalias das precipitações obtidas para o período em estudo (Figura 15), juntamente com a linha de tendência e a média do período.

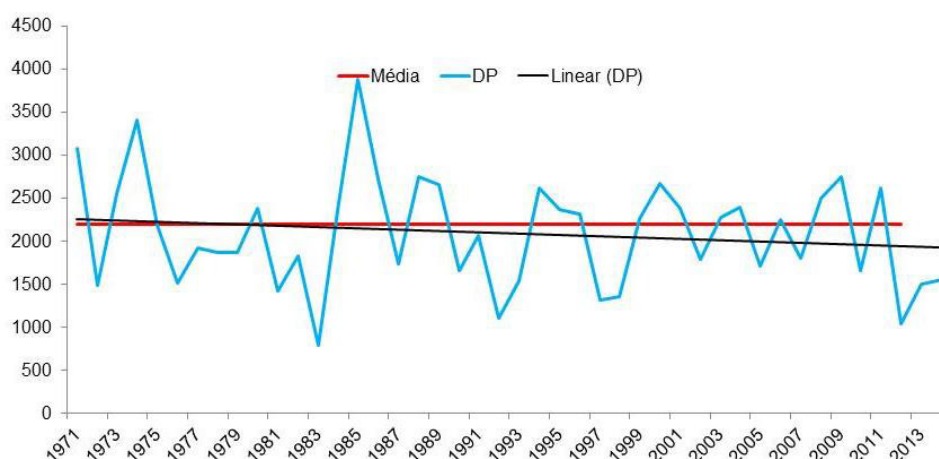


Figura 15. Anomalias, linha de tendência e média das precipitações no período de 1971 a 2014.

Observou-se que a tendência de precipitação para a região está diminuindo ao longo dos anos, com uma redução de aproximadamente 2500mm para de 2000 mm.

Essa observação é importante porque essas anomalias de chuvas influenciam nas vazões dos rios, podendo alterar a distribuição e ocorrência das espécies, fato observado por Marengo (2006) que destaca que as anomalias de chuva no Brasil e na América do Sul coincidem com as vazões extremas de rios detectadas por Dettinger et al. (2000), exemplificando que vazões de rios no Sul do Brasil apresentam valores mais baixos durante anos de La Niña, enquanto que durante El Niño as vazões são maiores. Na Amazônia, o El Niño determina anos com vazões menores que o normal, enquanto que La Niña provoca vazões superiores a normal.

Uma das consequências da diminuição das vazões dos rios que desaguam no mar é o avanço do mar sobre a foz, o que possibilita o avanço da cunha salina que em condições de elevada intensidade tem a capacidade de alterar os ecossistemas, o que recentemente foi diagnosticado por Lino e Barreiros (2016) na foz do rio São Francisco.

Molion e Bernardo (2002) explicam que a variabilidade interanual da distribuição de chuvas sobre o nordeste brasileiro, tanto em escala espacial quanto temporal, está intimamente relacionada com as mudanças nas configurações de circulação atmosférica de grande escala e com a interação oceano-atmosfera no Pacífico e no Atlântico. Os autores assinalam que o impacto causado pelo fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), um exemplo de perturbação climática de escala global, pode ser sentido principalmente pela modificação no regime e no total de precipitação que, dependendo da intensidade do evento, pode resultar em secas severas, interferindo, de forma expressiva, nas atividades humanas.

A tendência de diminuição das chuvas observada na área, pode ser fruto em alguns anos da forte influência da ZCIT e de todos os fenômenos naturais que influenciam a precipitação local, como por exemplo, desmatamento e atividades associadas ao uso da terra, como a agricultura e construção de grandes cidades que podem, de acordo com Marengo (2006) modificar o clima regional e global.

Esse tipo de análise é positiva para o planejamento estratégico da área, indicando como comportamentos anômalos podem influenciar toda a dinâmica de funcionamento natural local e quais as consequências para a manutenção da biodiversidade, para a economia e o desenvolvimento social local. Permite ainda entender como as características climáticas influenciam a ocorrência e distribuição de espécies no ambiente. Segundo Marengo (2006) o relatório do IPCC (2001) já havia evidenciado que eventos extremos como secas, enchentes, ondas de calor e de frio, furacões e tempestades, têm afetado diferentes partes do planeta e produzido enormes perdas econômicas e de vidas.

No Brasil o furacão Catarina, em março 2004, a seca na Amazônia em 2005 e as secas já observadas no Sul do Brasil em 2004, 2005 e 2006, são bons exemplos desses impactos negativos. Convém destacar, ainda, a recente crise hídrica que assolou principalmente o estado de São Paulo em 2014.

Os autores destacam que esses eventos trazem ainda, impactos relacionados, como alterações na biodiversidade, aumento no nível do mar e impactos na saúde, agricultura e na geração de energia hidrelétrica que já podem estar afetando o Brasil, assim como o restante do planeta, sendo, portanto necessário cada vez mais estudos que contemplem a ocorrência e distribuição das espécies em função das características ambientais da região. Abreu et al (2014) pesquisaram a relação entre a precipitação pluviométrica e a abundância de artrópodes, destacando que à medida que a precipitação aumenta, há uma diminuição da abundância populacional do grupo. Neste contexto, essa relação merece ser estudada para a biota aquática, de forma que se busque conhecer os seus processos interativos associados às características específicas da área estudada.

Perfil do Rio Itapecuru nos pontos de coleta

A seção transversal foi obtida através da determinação da largura e da profundidade nos pontos estudados. No ponto 1, localizado em Santa Luzia, (Figura 16-A) o rio apresentou forma simétrica e profundidades de até 4m. O fluxo nesse trecho é do tipo laminar com velocidade média de 0,30m/s. A margem esquerda apresenta-se bem inclinada, enquanto a

margem direita revela uma inclinação mais suave até atingir o leito do rio, indicando uma forte tendência para problemas de enchentes no período de precipitações mais significativas.

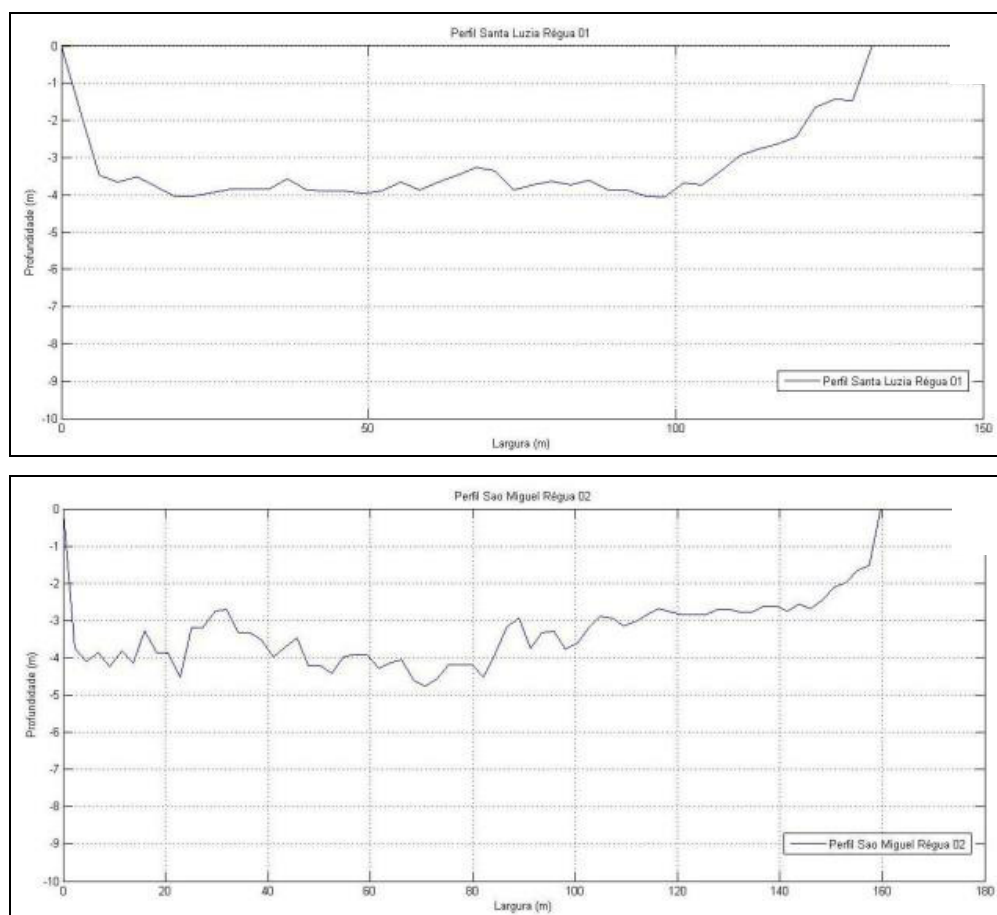


Figura 16. Perfil transversal do rio Itapecuru em Santa Luzia (A) e São Miguel (B).

Em São Miguel, ponto 2, a maior profundidade ocorreu próximo à margem esquerda e na região central (4,8m). À medida que se aproxima da margem direita, as profundidades diminuem, ficando em torno de 3m aproximadamente. Nesse trecho a velocidade máxima da corrente foi de 0,60 m/s em maré vazante.

A estrutura física do ambiente desempenha um importante papel na determinação de organismos que podem sobreviver em um rio. Essa geometria do canal, é moldada em ultima instância pelos processos hidrogeomorfológicos (Budke, 2007) que ao longo dos processos naturais de evolução condicionam a distribuição da biota em função das peculiaridades estabelecidas, inclusive refletindo as flutuações climáticas ocorridas ao longo do tempo. Na América do Sul a grande maioria das bacias hidrográficas apresentam pouca concavidade, baixa vorticalidade, possibilitando a evolução de diferentes sistemas hídricos, incluindo terraços fluviais, deltas, canais anostomasados e sistemas meândricos (BIGARELLA et al,

2003). Essas características influenciam no estabelecimento da fauna, que depende diretamente dessa interação com as características físicas do ambiente.

Medição da Descarga Líquida (Vazão)

Foram realizadas duas medições de descarga líquida, a primeira ocorreu nos dias 17 e 18 de Maio do ano de 2012 e a segunda nos meses de janeiro e fevereiro de 2013. Na ocasião foram percorridos 40 km no baixo curso do rio, no trecho compreendido entre a captação da adutora do sistema Italuís e Rosário (27 km) e mais 13 km percorridos entre Rosário e a estação mais a jusante no Rio Itapecuru (Figura 17).

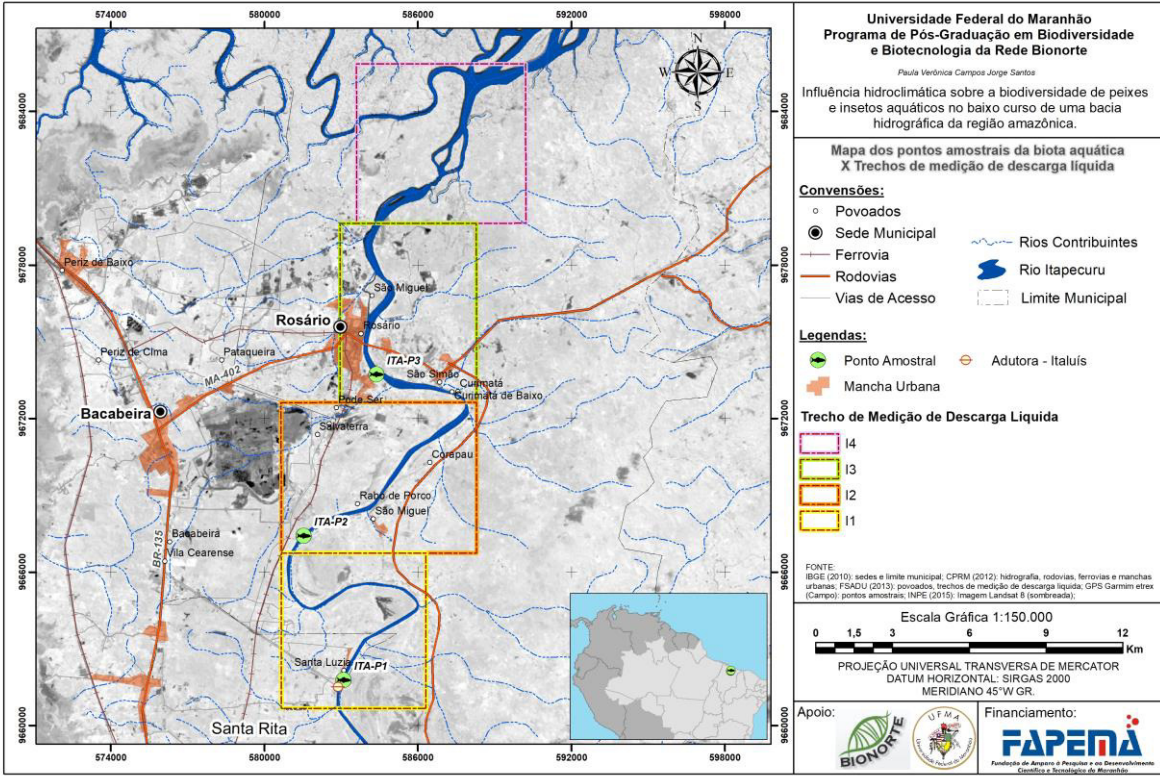


Figura 17. Trecho percorrido para a medição da descarga líquida.

No mês de janeiro as vazões variaram de 55,18m³/s no trecho mais a montante a 158m³/s no trecho mais a jusante, com média de 95,70 m³/s, conforme Tabela 7.

Tabela 7. Vazões registradas a montante e jusante de Italuís em janeiro/2013.

Localidade	Vazão (m³ s⁻¹)	Vazão Média por região (m³ s⁻¹)
JANEIRO		
Italuís	55,18	95,70
São Miguel	73,36	
Rosário	158,41	

Em fevereiro as vazões foram de 43,07 m³/s em Italuís, 140,69 m³/s na localidade de São Miguel e 157,77 na estação de Rosário, com média de 113,80 m³/s, conforme Tabela 8.

Tabela 8. Vazões registradas a montante e jusante de Italuís em fevereiro/2013.

Localidade	Vazão (m ³ s ⁻¹)	Vazão Média por região (m ³ s ⁻¹)
FEVEREIRO		
Italuís	43,07	113,80
São Miguel	140,69	
Rosário	157,77	

Direção da Corrente – Correntometria

O fluxo foi determinado no período de maré de quadratura, em que foram obtidos os vetores de velocidade a partir das componentes vetoriais horizontais (U e V). Os resultados em cada seção transversal perfilada e para cada estágio de maré BM (baixa mar), EN (enchente), PM (preamar) e VZ (vazante), nos estratos de superfície, meia água e fundo, estão representados nas Figuras abaixo. Os dados referentes a superfície são apresentados na Figura 18.

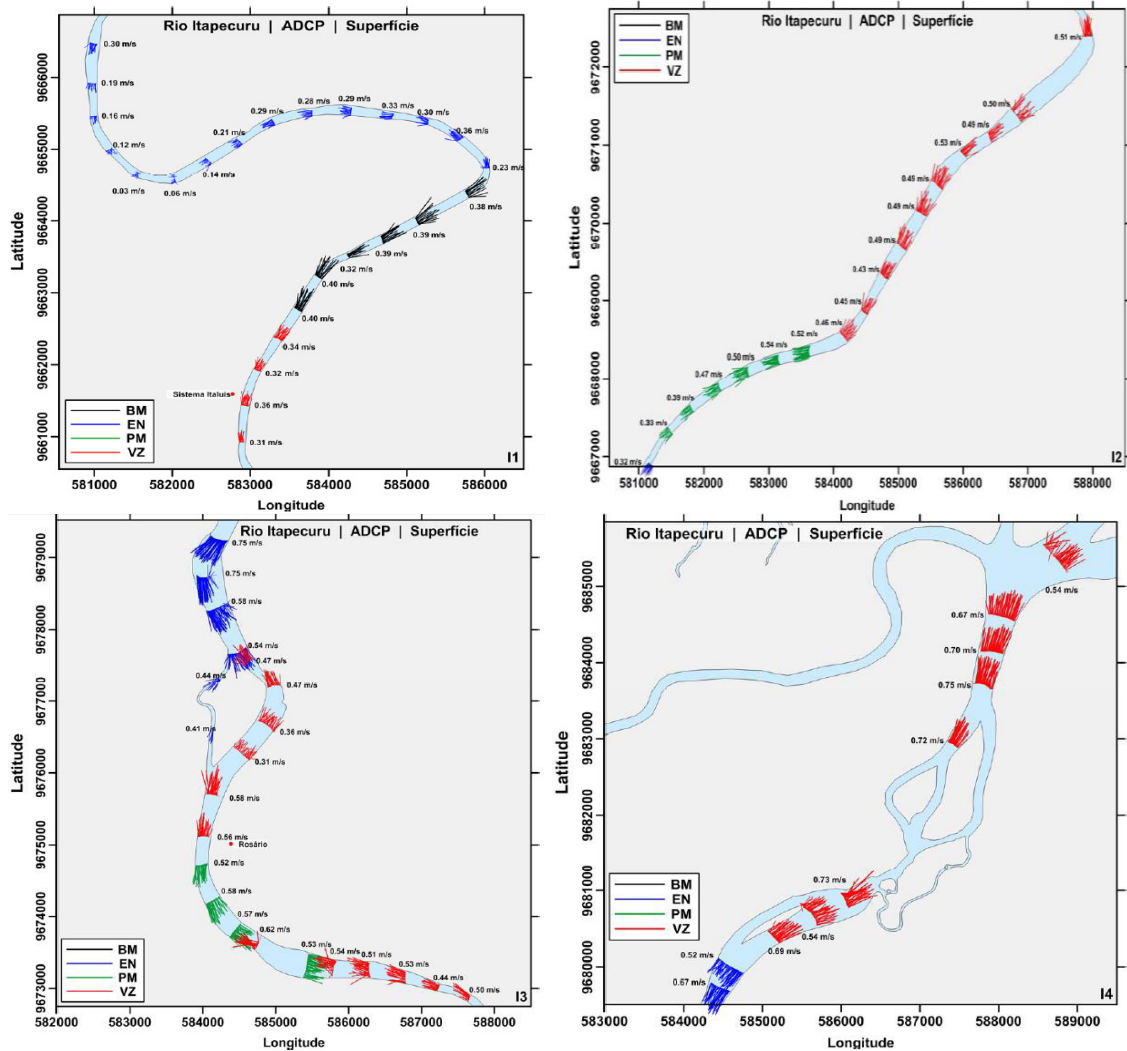


Figura 18. Medição da corrente superficial nas seções I1, I2, I3 e I4.

Os valores de intensidade de corrente positivo indicam um fluxo de montante para jusante. Observamos que na Sub-área I na maré vazante a média da velocidade é de aproximadamente $0,33 \text{ m.s}^{-1}$. Na baixa mar o fluxo continua com seu sentido de montante para jusante com média de $0,38 \text{ m.s}^{-1}$. Na maré enchente há uma inversão, com notável diminuição de velocidade da corrente no trecho próximo a Sub-área 2.

Para a Sub-área 2 observou-se uma continuidade na inversão da corrente na fase de maré enchente, no sentido jusante para montante, prosseguindo até a fase de preamar, atingindo média de $0,45 \text{ m.s}^{-1}$. Em seguida, quando se inicia o ciclo de maré vazante, o fluxo é revertido no sentido de montante para jusante por quase toda a extensão da Sub-área 2.

Para a Sub-área 3, na fase de preamar, o fluxo se inverte novamente no sentido jusante/montante, se reestabelecendo na mare vazante, e no trecho final, a maré enchente

inverte o fluxo no sentido jusante para montante. na Sub-área 4 a maré vazante define o fluxo de montante para jusante em quase toda a extensão.

Medições das correntes de maré feitas na zona de arrebentação do litoral norte da ilha de São Luís mostram o predomínio de correntes de baixa velocidade com valores oscilando entre 0,40 m/s e 1,6 m/s. (Feitosa, 1989 *in* Robrini et al, 2003). Outro trabalho desenvolvido por Melo (2002) nos manguezais da Ilha de São Luís apontam velocidades variando de 0 a 0,8 m. s⁻¹ (quadratura) e 0 a 1,3 m s⁻¹ (sizígia). O fluxo de corrente foi obtido para a meia água, nas mesmas seções citadas anteriormente conforme demonstra a Figura 17.

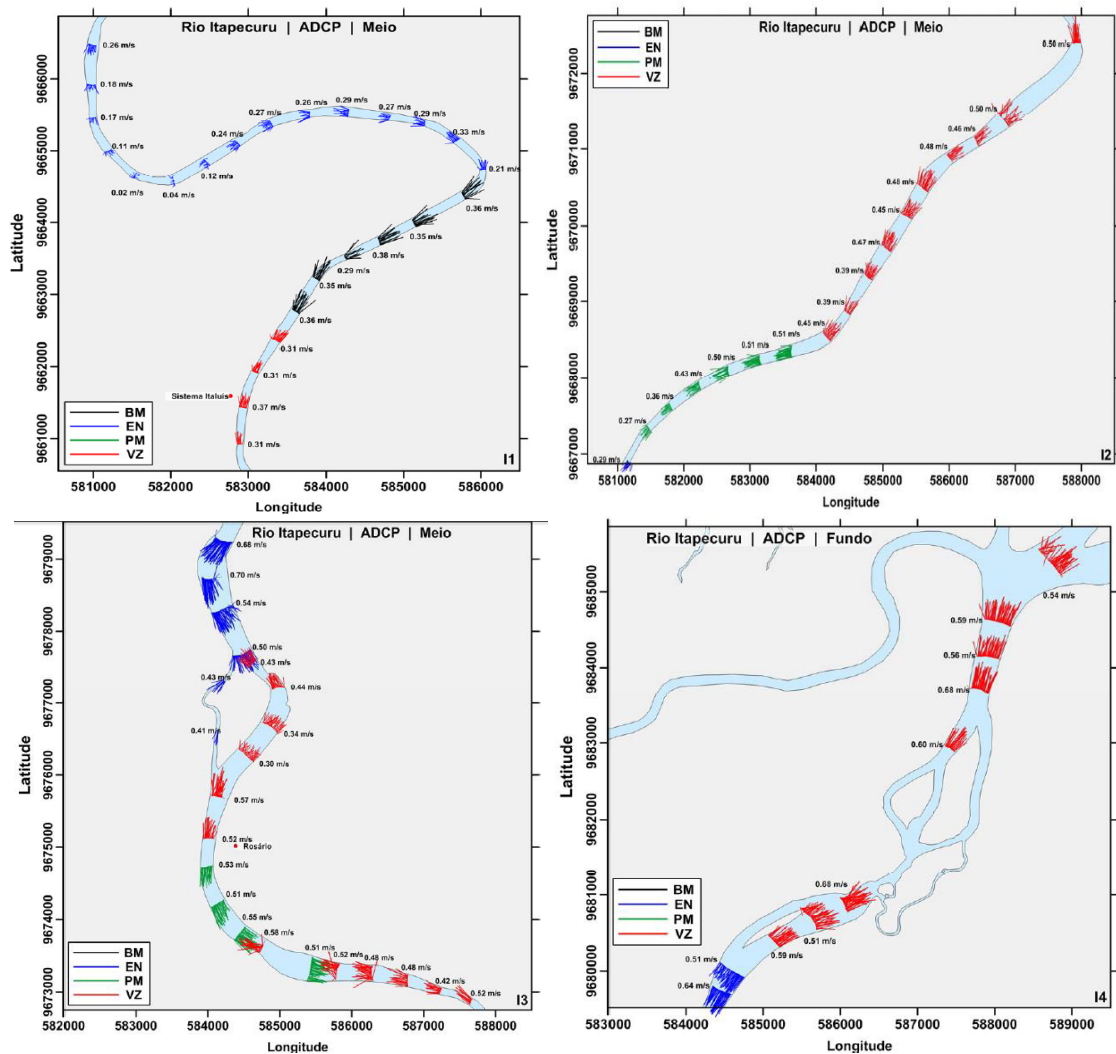


Figura 19. Medição da velocidade da corrente em meia água nas seções I1, I2, I3 e I4.

Não houve alteração no sentido da corrente na coluna d'água, apresentando um padrão semelhante entre a superfície, meia água e fundo. Para as medições de fundo o sentido da corrente foi semelhante as observações anteriores, conforme Figura 18.

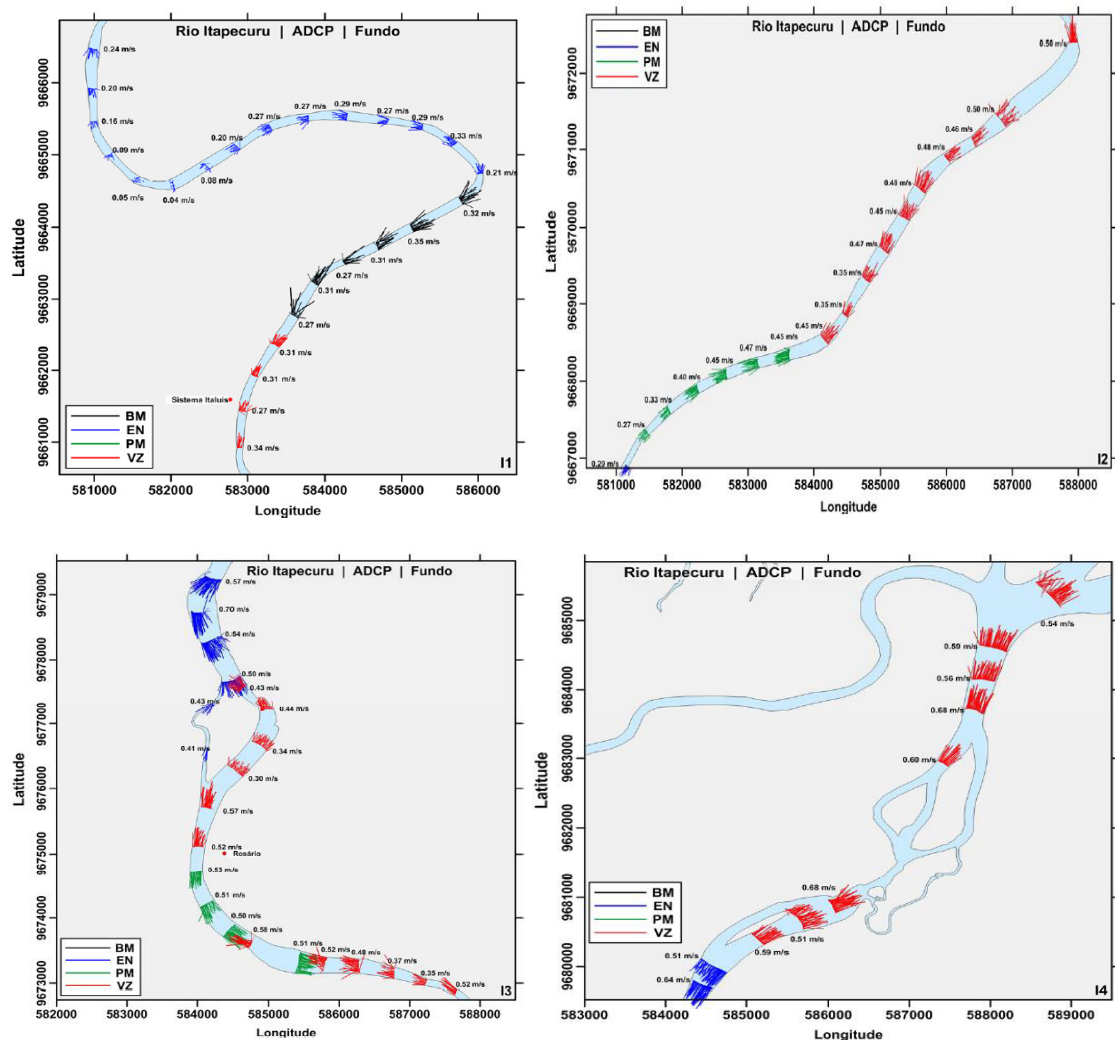


Figura 20. Medição da velocidade da corrente no fundo nas seções I1, I2, I3 e I4.

Apenas na maré enchente, já no trecho final da sub-área I3 e I4 o fluxo se estabelece de jusante para montante.

Conforme observado nas Figuras 18,19 e 20 o rio Itapecuru sofre influência da maré dinâmica, cuja propagação extrapola os limites da área estudada. O perfil vertical das correntes indica que existe pouca variação da intensidade da corrente na coluna d'água, ou seja, a circulação horizontal na superfície é a mesma observada em toda a coluna d'água.

Através de informações do perfil vertical da corrente, pode-se inferir sobre a estratificação da coluna d'água. Essa estratificação vertical, é bom destacar, pode ser modificada em função da sazonalidade.

Van Maren e Hoekstra (2004) ao avaliar a característica sazonal da hidrodinâmica e dinâmica sazonal de estuários rasos verificou que no período seco há estratificação da coluna d'água quando as correntes de maré dominam os padrões de fluxo. No período chuvoso existe

confluência do fluxo do rio com as correntes de maré, que intensificam a estratificação vertical. No entanto, tal informação necessita de validação no que se refere a estudos de rios com grande caudal fluvial, que mesmo em períodos de baixa precipitação mantém o fluxo de corrente dominado, a exemplo dos rios amazônicos.

Os valores médios da intensidade da corrente na superfície foram de $0,03 \leq v \leq 0,75$ m.s⁻¹, com média 0,44 ms⁻¹, à meia água os valores foram de $0,02 \leq v \leq 0,70$ m.s⁻¹, com média 0,42 m.s⁻¹ e em profundidade foram de $0,04 \leq v \leq 0,70$ m/s⁻¹, com média 0,40 m.s⁻¹.

Outra observação importante é quanto a defasagem na inversão do sentido da corrente, ou seja, há perfis registrados durante a maré enchente, mas com fluxo de corrente característico de maré vazante (montante/ jusante). Esse fato pode ser observado na sub-área 1, nos dados superficiais, meia água e fundo.

Concernente a sub-área 3, a resposta durante a maré enchente é mais rápida, indicando uma defasagem menor, provavelmente pela proximidade com a desembocadura do rio. Essa resposta da entrada da maré no rio resulta da interação de vários fatores, dentre os quais a sazonalidade que impõem um padrão fluvial mais intenso, movimentação das marés na desembocadura, sizígia ou quadratura e das características geomorfológicas que desenham a geometria da área, conforme destacado por (GODIN, 1999) e (IPPEN e HARLEMAN, 1966).

Registros obtidos em janeiro e fevereiro de 2013 mostraram que as velocidades máximas ocorreram próximas ao ponto de captação de água de ITALUIS, com valores variando de 0,92 a 1,46 m.s⁻¹, respectivamente.

Para as localidades de São Miguel e Rosário, as velocidades máximas variaram entre 0,69 a 1,10 ms⁻¹ e de 0,87 a 1,45 m s⁻¹, para os meses de janeiro e fevereiro, respectivamente. Como o mês de janeiro corresponde ao início do período chuvoso, constatou-se ser nesse mês as menores velocidades de corrente, apresentando como médias os valores de 0,50, 0,47 e 0,42 m.s⁻¹ para as localidade de Italuis, São Miguel e Rosário, respectivamente.

O fluxo de corrente é um importante fator ambiental a ser analisado quando da ocorrência, abundância e riqueza de espécies. A velocidade da corrente tem importância vital, na medida em que muitos invertebrados aquáticos dependem do seu comportamento para alimentação ou por exigências respiratórias (HYNES, 1970 apud KIKUCHI e UIEDA, 1998).

Fidelis et al (2008) verificou que a velocidade da corrente é determinante no estabelecimento da fauna de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem. Isso porque a correnteza influencia diretamente no substrato do rio, e cada grupo tem preferência por um tipo de substrato associado a ambiente de alta ou baixa energia.

Marés

Foi diagnosticada a existência de defasagens significativas no momento de ocorrência dos estofos de maré durante a Preamar (PM) e Baixamar (BM). A defasagem média para o estofo de baixa mar com relação ao porto de São Luis foi de aproximadamente 03:50 h, antes de Rosário. Quanto ao terminal da ALUMAR a defasagem é de 03:30h antes da observada em Rosário.

Deste modo é importante analisar a influência da maré neste período para poder inferir a subida do nível do rio. De acordo com a tábua de maré, as maiores marés do mês ocorrem da semana de 3 a 8 (lua cheia) e 19 a 24 (lua nova) de julho de 2012, o que coincide com o observado na Figura 21 para o aumento da cota do rio.

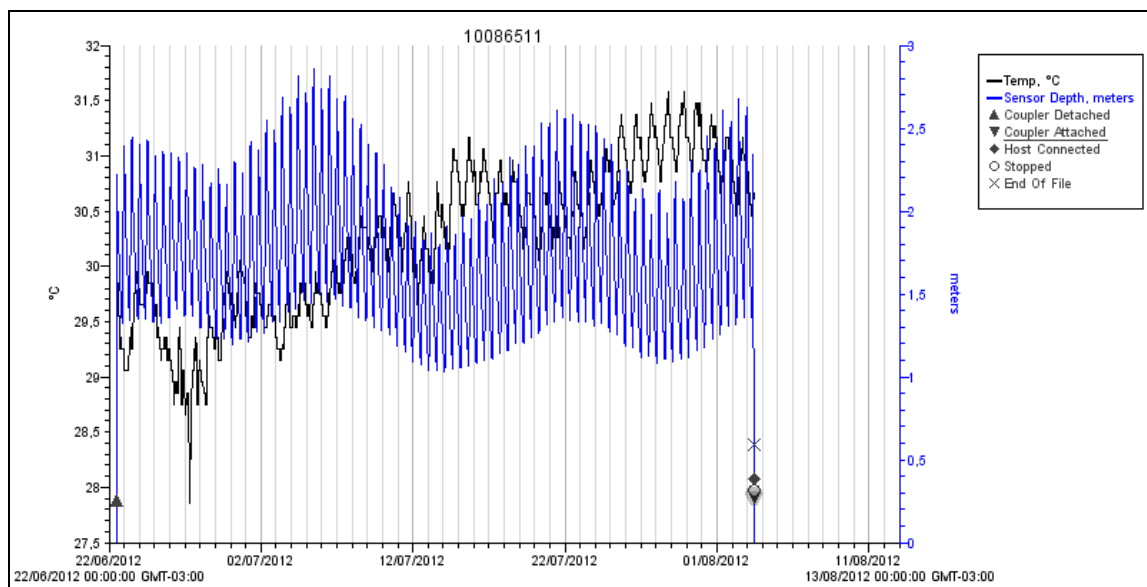


Figura 21. Variação do nível d'água (linha azul) e da temperatura (linha preta) do rio Itapecuru na localidade de Santa Luzia no período de 22 de junho a 03 de agosto de 2012.

Na primeira maré de lua, ocorrida entre os dias 03 e 08 de julho, os valores de temperatura variaram de 29° a aproximadamente 30°C, na maré de lua minguante as cotas diminuíram para valores inferiores a 2 metros, enquanto que a temperatura aumentou para 31,1°C. Na maré de lua cheia, a temperatura voltou a valores menores que 31°, na mare de lua crescente os maiores valores de temperatura foram observados, de até 31,5°C.

No mês de agosto, a cota do rio, foi similar ao mês de julho, com os maiores valores ocorrendo nas semanas de 3 a 9 (lua cheia) e de 19 a 25 (lua nova), conforme Figura 22.

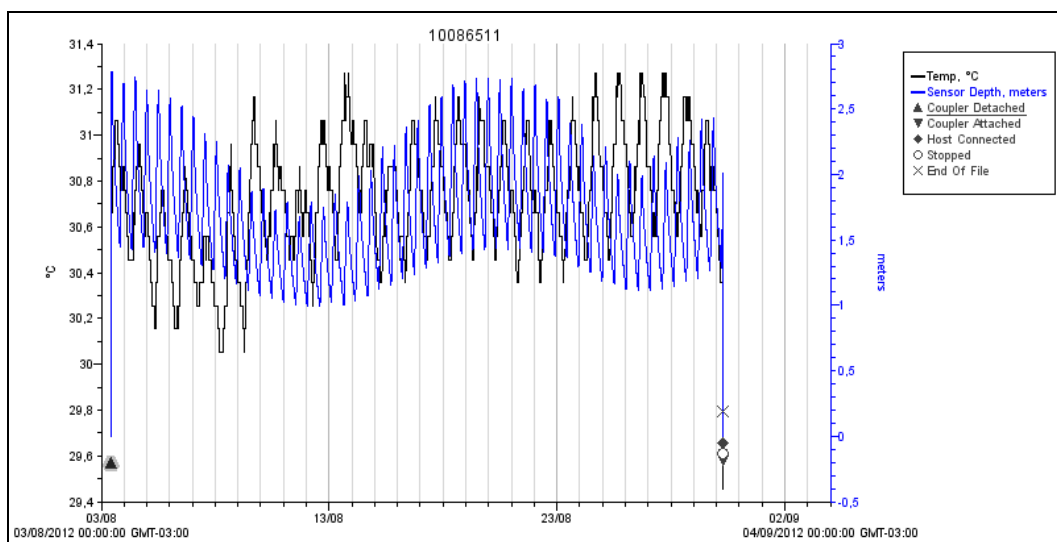


Figura 22. Variação do nível d'água (linha azul) e da temperatura (linha preta) do rio Itapecuru na localidade de Santa Luzia no período de 03 a 30 de agosto de 2012.

Já a variável temperatura apresentou comportamento regular, com uma relação inversa como o nível do rio. A máxima da temperatura registrada foi de 31,3 °C.

Influência da Salinidade

Os dados de salinidade foram medidos em Santa Luzia, e os valores encontrados foram, valor médio de 0,037 UPS, o maior registro detectado foi de 0,043 UPS e o menor 0,013 UPS, para dados coletados no período de 22 de junho a 03 de agosto de 2012 (Figura 23).

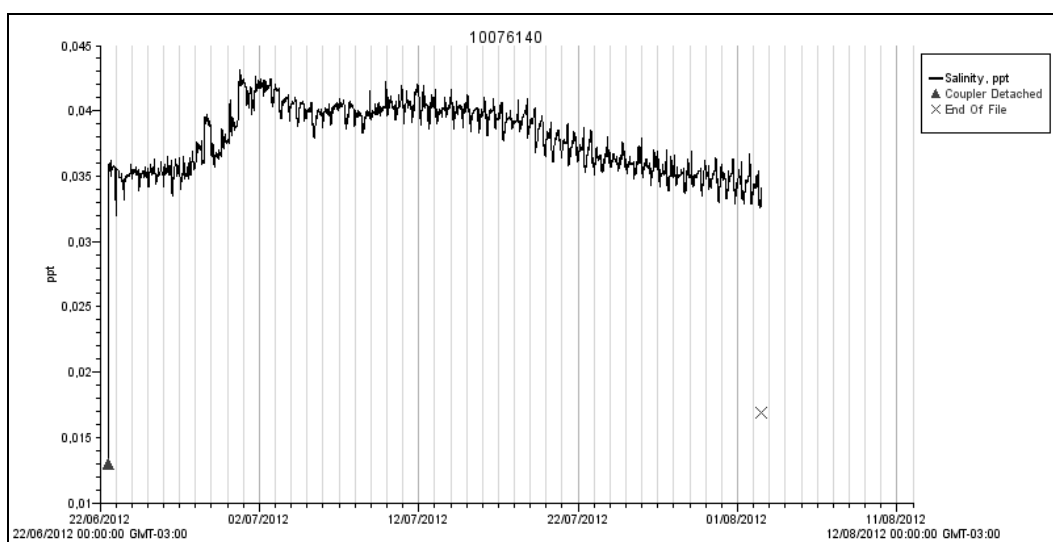


Figura 23. Valores de salinidade (UPS) para o trecho ITALUÍS (Santa Luzia) no período de 22/06 a 03/08/2012.

No final do mês de Agosto a salinidade foi 0,032 UPS, com registros máximos e mínimos de 0,036 e 0,012 UPS, respectivamente (Figura 24).

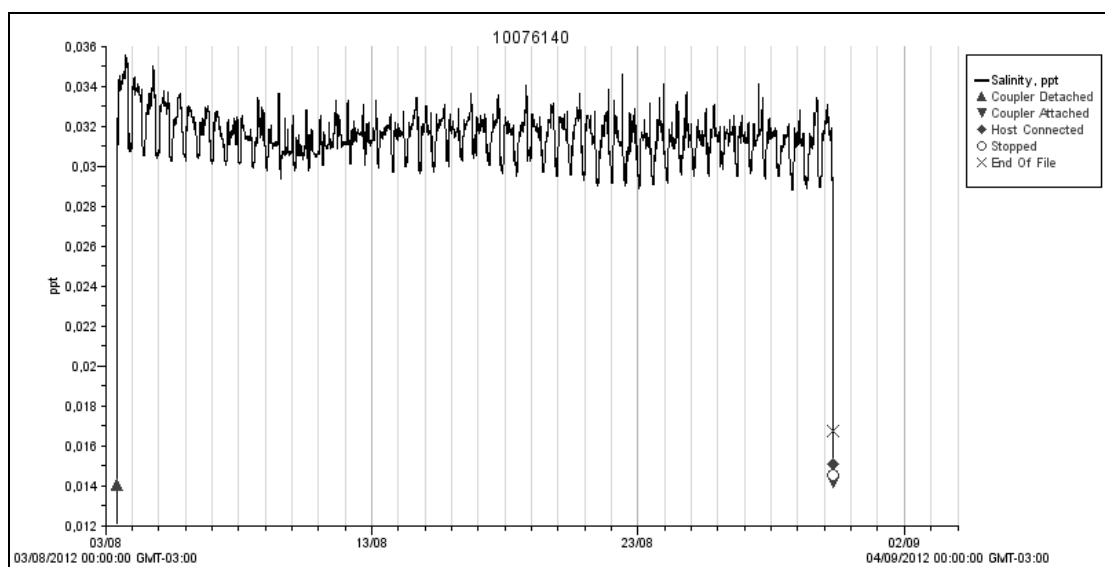


Figura 24. Valores de salinidade (UPS) para o trecho ITALUÍS (Santa Luzia) no período de 03/08 a 02/09/2012.

Esses valores de salinidade, obtidos em Santa Luzia, que é o ponto de coleta mais à montante, demonstra que a cunha salina não acompanha o efeito da maré dinâmica, tendo baixa influência na área que compreende o ponto de observação de Santa Luzia.

Quando as medições foram realizadas em Rosário, que é o ponto mais a jusante, foi observado que a influência da cunha salina é maior principalmente na maré de sizígia quando a hidrodinâmica marinha é mais acentuada em direção ao rio, conforme observado nas Figuras 25 e 26.

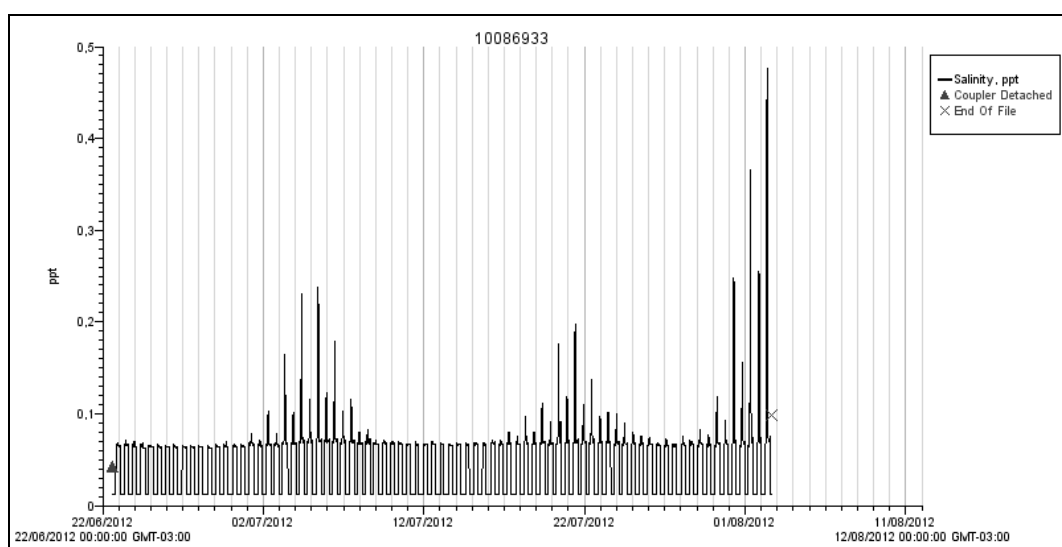


Figura 25. Valores de salinidade (UPS) para o trecho Rosário no período de 22/06 a 03/08/2012

A primeira medição, do período de 22 de junho a 3 de agosto 2012, indicou que os valores máximos chegaram a 0,47 UPS. Já a medição seguinte, do dia 03 a 30 de agosto (Figura 26), os valores máximos registrados foram de 0,72 UPS.

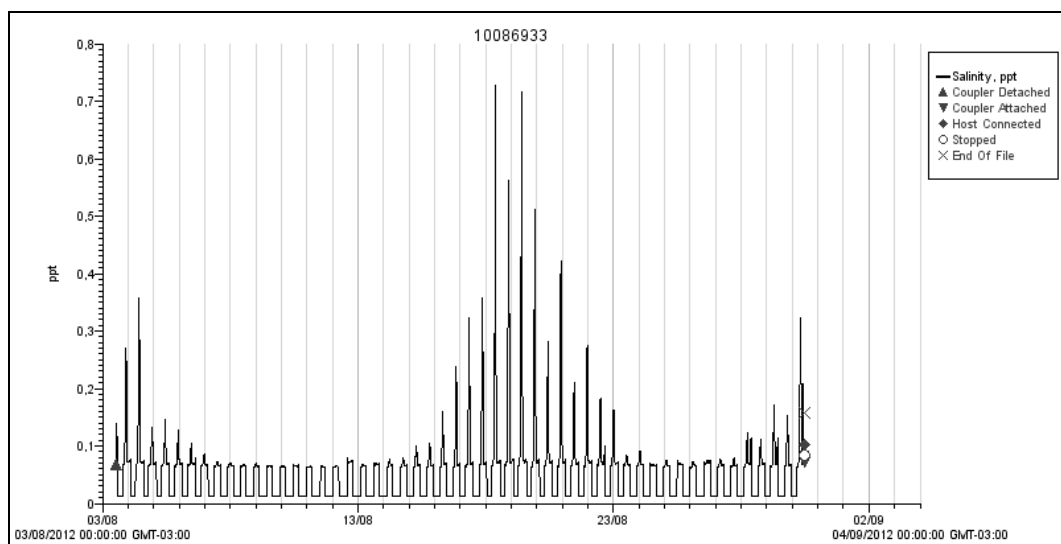


Figura 26. Valores de salinidade (UPS) para o trecho Rosário no período de 03 a 30/08/2012.

A maior influência da salinidade em Rosário ocorre porque esse é o trecho exposto à variação da maré. Além disso, o mês de agosto já iniciou o período seco na área. Nesse período começa a diminuir a contribuição fluvial, com baixa precipitação e aumento de temperatura, permitindo o aumento da hidrodinâmica marinha.

Na Tabela 9, estão listados os valores de salinidade de todo o período de coleta nos três pontos de amostragens, além das cotas de marés nos respectivos dias.

Tabela 9: Valores de salinidade e as cotas de marés em todos os dias e pontos de amostragens.

ANO	MESES	DATA/HORA	SALINIDADE (UPS)			MARÉ	PERÍODO
			SANTA LUZIA	SÃO MIGUEL	ROSÁRIO		
2012 Ano de baixas precipitações (média anual = 1.133,2 mm)	MAIO	16/05/2012 07:55/10:52/13:06	0	0	0	5.1m 03:28h Lua minguante	Chuvoso
	JULHO	25/07/2012 08:35/10:05/11:40	0,03	0,03	0,03	5.7m 11:06h Lua cheia	Baixas precipitações
	OUTUBRO	25/10/2012 08:20/10:15/11:50	0	0	0	5.2m 03:00h Lua crescente	Seco
2013 Ano de baixas precipitações (média anual = 1.594,2 mm)	JANEIRO	26/01/2013 10:30/11:40/13:00	0	0	0	5.4m 06:02h Lua crescente	Chuvoso
	ABRIL	22/04/2013 09:55/11:15/12:50	0	0	0	5.4m 04:23h Lua crescente	Elevadas precipitações
	JULHO	24/07/2013 10:21/11:30/12:19	0,04	0,03	0,88	6.5m 07:47h Lua nova	Baixas precipitações
	OUTUBRO	14/10/2013 09:40/10:36/11:57	0,02	0,03	0,03	0,9m 08:49h Lua crescente	Seco
2014 Ano de baixas precipitações (média anual = 1.652,3mm)	JANEIRO	08/01/2014 09:30/10:13/11:12	0	0	0	1.1m 05:56h Lua crescente	Chuvoso
	ABRIL	29/04/2014 09:10/10:33/13:31	0,03	0,03	0,03	5.9m 06:49h Lua cheia	Elevadas precipitações
	JULHO	16/07/2014 08:40/09:43/10:50	0,04	0,04	0,06	6.4m 09:32h Lua nova	Baixas precipitações

Os anos de 2012, 2013 e 2014 foram anos em que as precipitações estiveram abaixo da média do período. No mês de julho de 2012 sobre a influência da maré de Lua os valores de salinidade foram de 0,03 UPS nos três pontos de amostragem. No mesmo período do ano seguinte, sobre o mesmo efeito de maré de Lua, o valor de salinidade voltou a se elevar, sendo que no ponto mais a jusante apresentou valor de 0,88 UPS, no mês de outubro o valor de salinidade também representou valores positivos. Na área em estudo, o período seco se inicia a partir do mês de julho e se estende até meados do mês de dezembro.

No ano de 2014, no mês de abril, considerado o período de pico de precipitações a salinidade apresentou valores de 0,03 em todos os pontos de observação, sobre a influência da

maré de lua cheia, demonstrando que não é apenas no período seco que a cunha salina poderá avançar rio a dentro.

A salinidade tem grande importância na caracterização das massas de água, pois, determina diversas propriedades físico-químicas, entre as quais a densidade, o tipo de fauna e flora e os potenciais usos humanos da água (SILVA ET AL, 2015).

Assim, oscilações de salinidade podem desencadear diferentes taxas de crescimento e sobrevivência de espécies aquáticas. BEGON et al. (2007), FREIRE et al., (2003, 2008) e TAYLOR et al., (2004) caracterizaram essa interação para o grupo dos invertebrados aquáticos, descrevendo que a temperatura e a salinidade estão entre os fatores abióticos que exercem maior influência na distribuição, abundância e sobrevivência do grupo.

Os valores obtidos nas medições não ultrapassam o limite máximo de salinidade (0,5 ‰) para corpos hídricos classificados na categoria de água doce, conforme estabelecido Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

5.2 Estrutura da Comunidade de peixes

Um total de 3491 indivíduos foi coletado, resultando no registro de 67 espécies distribuídas em 28 famílias e 8 ordens. Das 8 ordens encontradas, Siluriformes foi o grupo mais expressivo em número de famílias (7), espécies (25) e na taxa de abundância nos anos de amostragens. Em seguida destacam-se Characiformes (7 famílias e 18 espécies) e Perciformes (5 famílias e 10 espécies).

Siluriformes é a ordem mais diversificada e amplamente distribuída, representantes podem ser encontrados em todos 3 os continentes, concentram-se principalmente nas regiões tropicais e neotropicais: na América do Sul, África, sul e sudeste da Ásia (Nelson, 2006; Burgess, 1989; Teugels, 1996; Ferraris, 1998; de Pinna, 1998; Arratia et al., 2003). A distribuição do grupo parece ser limitada pela temperatura, uma vez que a maioria das espécies habita tanto regiões tropicais quanto neotropicais e, poucas são as espécies que alcançam o extremo sul da América do Sul ou o extremo norte da América do Norte (Nelson, 1994).

Os representantes da ordem são popularmente conhecidos no Brasil como “bagres”, “cascudos”, “armados”, “mandis”, “jaús” ou “pintados”. Possuem hábitos predominantemente crepusculares e noturnos, o que os leva a habitar, em geral, locais com águas turvas como o fundo dos rios e a permanecer entre rochas e a vegetação (FERRARIS, 1998, 2007).

Soares (2008) destaca que apesar da grande maioria dos peixes desta ordem seja encontrado em ambientes de água doce, as famílias Ariidae e Plotosidae possuem espécies primariamente marinhas (Pinna, 1998), e as famílias Pimelodidae, Pangasiidae, Aspredinidae e Auchenipteridae incluem algumas espécies estuarinas, que podem apresentar certa tolerância a ambientes marinhos (DE PINNA, 1998).

Atualmente são conhecidos cerca de 35 famílias, 446 gêneros e 2.867 espécies segundo Nelson (2006) e 36 famílias, 478 gêneros e 3093 espécies segundo Ferraris (2007). O número de espécies de Siluriformes neotropicais conhecidas é de 1.648 espécies, divididas em 15 famílias (Reis *et al.*, 2003). Os hábitos alimentares são bem variados, com espécies herbívoras, planctófagas, carnívoras, onívoras, hematófagos, lepidófagos.

Soares (2008) destaca a importância científica e econômica do grupo, como fonte de alimento de inúmeras comunidades ribeirinhas, na pesca esportiva e na aquarofilia, destacando também que na Amazônia ocorrem alguns incidentes pela penetração de candirus (Vandelliinae e Stegophilinae) na uretra de humanos e outros mamíferos.

Já a ordem Characiformes é um dos maiores grupos de peixes de água doce com pelo menos 1674 espécies, com número de famílias variando entre 14 (Gery, 1977), 16 (Greenwood et al 1966) ou 18 (Buckup 1988, Nelson 2006). A distribuição da ordem vai desde a África sub-sahariana, sul da América do Norte, Américas Central e do Sul.

O grupo apresenta a sua maior diversidade na região Neotropical representando 43% das espécies de peixes de água doce da Amazônia e cerca de 30% das espécies neotropicais. Apresentam grande diversidade de hábitos alimentares e ocorrem desde ambientes lênticos, lóticos, já havendo registro da espécie *Characidium tinbuiensis* subindo quedas d'água por pedras (Buckup et al 2000), e de espécies que transpõem quedas d'água através de saltos. Moreira (2007) destaca que vários grupos de Characiformes possuem grande importância na pesca, sendo em muitos lugares a única fonte de proteína animal de populações ribeirinhas.

Outras ordens também foram encontradas na área de estudo, conforme representadas na Figura 27.

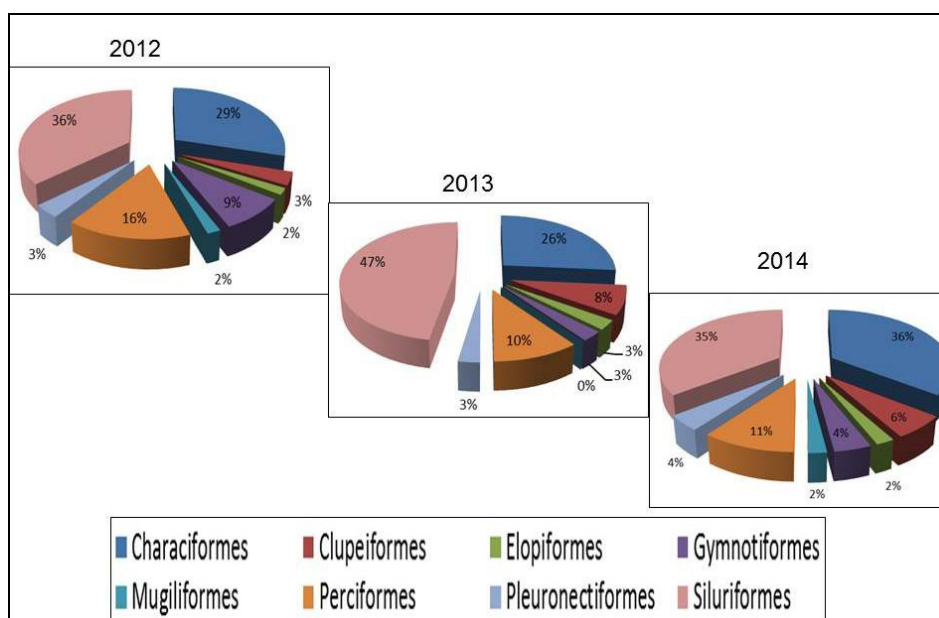


Figura 27. Percentual de ocorrência das ordens de peixes identificadas nos três anos coleta.

A ordem Siluriformes foi mais representativa no ano de 2013, o que pode ter ocorrido em virtude de nesse ano terem sido realizadas as quatro coletas nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro. Portanto, uma a mais em relação aos outros anos, quando as capturas ocorreram em apenas três meses, faltando, em 2012 uma captura no período de cheia e em 2014 no período de estiagem.

Nesse sentido os dados vão se moldando para descrever o padrão de ocorrência dos grupos taxonômicos superiores na área, com maiores registros do grupos Siluriformes e Characiformes. No ano de 2014 há uma modificação na ordem da ocorrência dos grupos taxonômicos, com Characiformes aumentando a sua representação.

Em outros estudos ictiofaunísticos em bacias hidrográficas maranhenses observou-se também a dominância de grupos taxonômicos representados por Siluriformes e Characiformes (PIORSKI ET AL., 2003; PIORSKI ET AL., 2007, CASTRO E DOURADO, 2008).

Barros et al (2011) ao estudarem a ictiofauna de um estuário amazônico, observaram um total de 58 espécies com predominância das ordens Perciformes, Siluriformes e Clupeiformes. Constataram também que a ictiofauna da região amazônica em ambientes estuarinos demonstra uma variabilidade associada às características ambientais da área. Assim, argumentam que essa dissimilaridade ocorre como um reflexo da variabilidade das propriedades físico-químicas, da hidrodinâmica e de características do sedimento, dentre

outros fatores, destacando que essa heterogeneidade pode estar também relacionada com artifícios dos métodos de captura e do esforço amostral dissimilar.

O padrão de ocorrência de grupos taxonômicos observado na área de estudo segue o padrão descrito para os peixes de água doces neotropicais. De acordo com Albert *et al* (2011) a fauna de peixes neotropicais é dominada por Ostariophysi (Characiformes, Siluriformes e Gymnotiformes).

Dentre essas ordens Siluriformes (bagres) é um dos mais representativos em qualquer bacia. O Brasil é o país com maior número de descrição de novas espécies da ordem Siluriformes de água doce neotropical. O sul do estado do Maranhão é uma ecorregião que pode apresentar até 55 espécies, justificando o destaque que a ordem apresentou na bacia estudada (OTA et al, 2015).

Em relação aos Perciformes, Hercos (2006); Santana e Severi (2009) salientam que as famílias Sciaenidae e Ariidae conseguiram sucessos adaptativo ao ambiente estuarino. Esses dados são corroborados neste estudo, já que várias espécies dessas duas famílias ocorreram tanto no período de estiagem quanto no chuvoso.

Ao longo do ano o número de espécies das duas ordens dominantes são maiores nos meses de agosto e novembro. No mês de agosto se inicia o período de estiagem e novembro é um dos meses mais secos. A redução no volume de água permite um melhor manuseio dos apetrechos de pesca, incrementando a captura. Além disso, no período de estiagem há menos ambientes aquáticos disponíveis para os grupos se distribuírem, a exemplo das margens inundadas que nesse período tendem a diminuir.

Na Figura 28, está plotada a precipitação do período em estudo. O ano de 2012 configurou-se como de precipitações abaixo da média da normal climatológica observada. Em 2013 e 2014 as precipitações foram maiores com 186 mm e 579 mm, respectivamente.

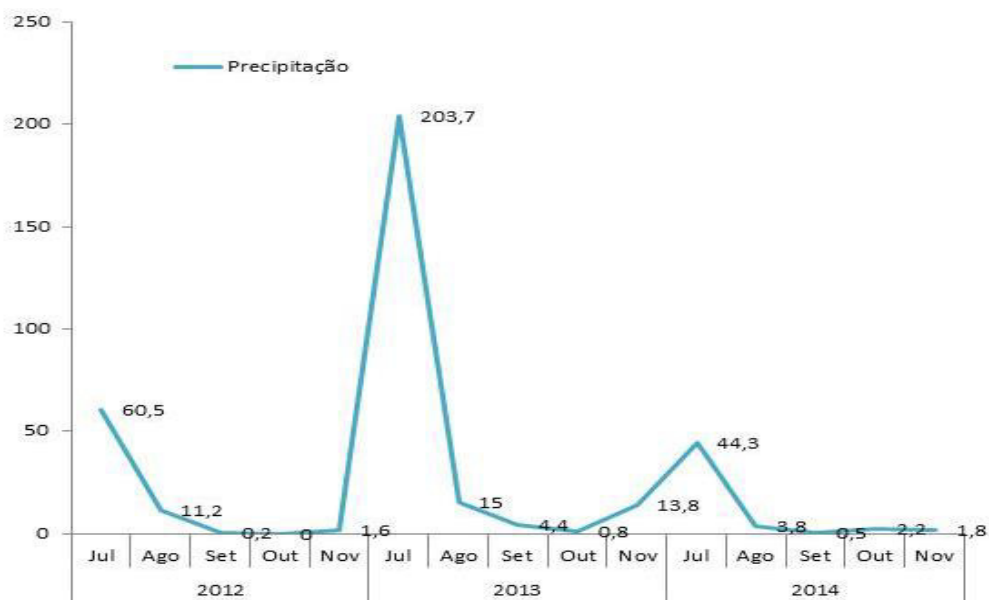


Figura 288. Precipitações no período de estiagem.

Ao observar o período de estiagem de cada ano constata-se que o período mais seco corresponde à maior abundância de espécies. Na Figura 29 é verificada a distribuição temporal das espécies por ordem identificada.

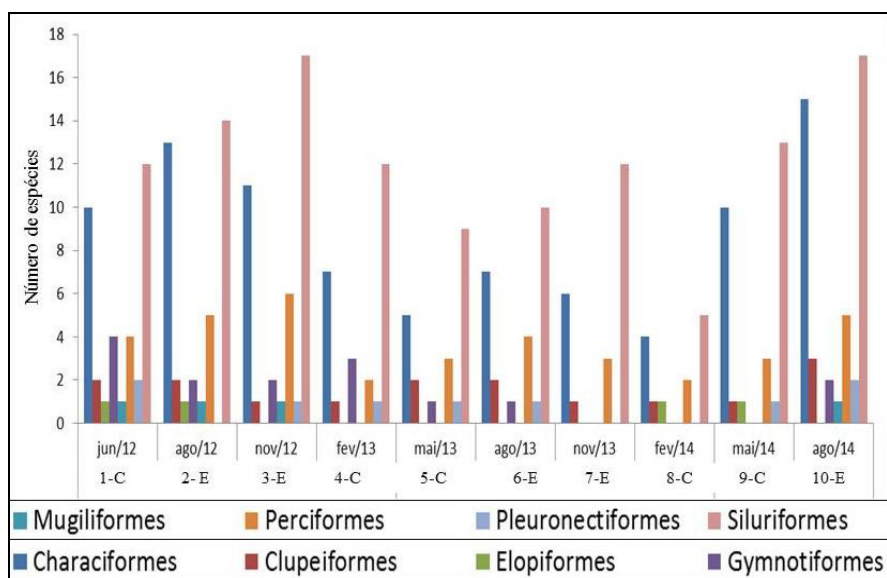


Figura 299. Distribuição temporal das espécies por ordem taxonômica.

Por outro lado, percebe-se claramente, ao visualizar as Figuras 28 e 29, que o período de maior pluviosidade (julho 2013) corresponde a menor abundância, enquanto a maior abundância de indivíduos ocorreu em novembro de 2012, e a maior biomassa em junho de 2012, conforme Figura 30.

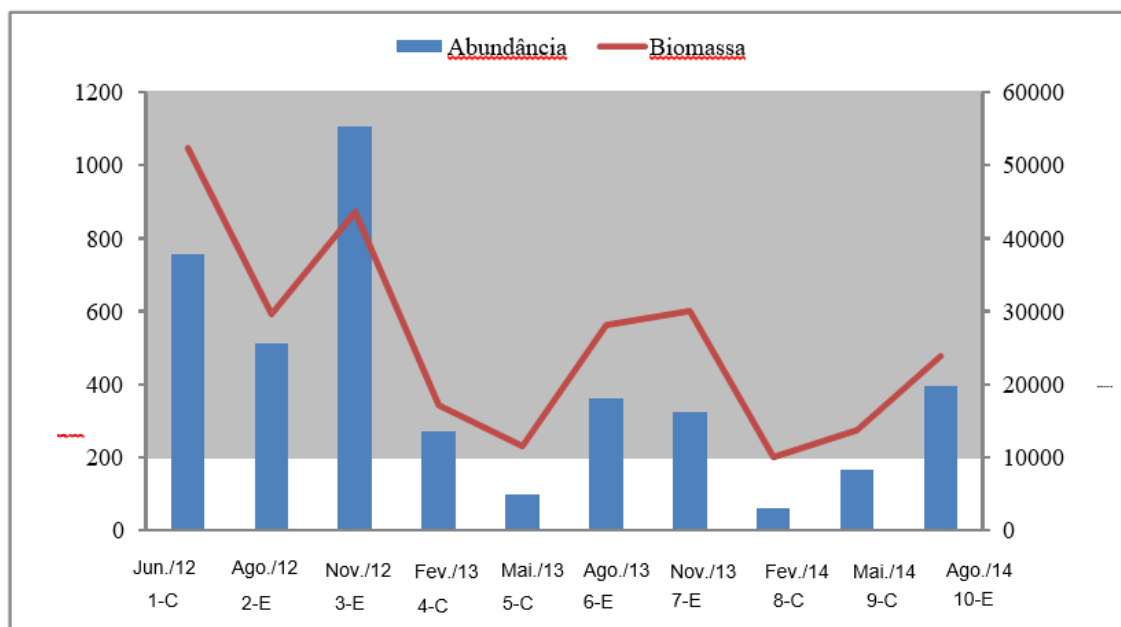


Figura 30. Número de indivíduos e biomassa ao longo das campanhas de coleta de indivíduos, no período sazonal. E=estiagem e C=chuva.

Os menores valores de abundância e biomassa estiveram associados com altos índices de precipitações observados nos meses de fevereiro de 2014(251 mm), maio de 2013 (186 mm), maio de 2014 (579 mm) e fevereiro de 2013 (279 mm).

Assim, o padrão observado revela que os níveis de abundância e biomassa são menos expressivos no período chuvoso, o que pode estar associado à hidrologia local que em razão do aumento do nível da cota do rio limita a atividade pesqueira em função de maior dificuldade de manuseio dos apetrechos de pesca. Além disso, o aumento da cota do rio pressupõe o aumento da vazão e de áreas alagáveis que possibilitam uma maior movimentação e fuga dos espécimes.

Becker (2002) com base na análise de alguns trabalhos da comunidade ictiofaunística (Matthews, 1998; Poff e Ward 1989; Richards et al 1996, dentre outros) desenvolve a hipótese de que a presença e abundância de peixes em assembleias locais é influenciada por numerosos fatores bióticos e abióticos que funcionam e interagem em escalas espaciais e temporais diversas.

Descreve que nos sistemas lóticos os fatores abióticos são particularmente importantes porque as características físicas do habitat influencia a composição, distribuição e abundância da biota podendo modelar a organização e dinâmica ecológica, o que corrobora os resultados encontrados para o Itapecuru, com a precipitação regulando a biomassa e abundância (BECKER, 2002).

Em relação à distribuição espacial das ordens, no ano de 2012 o padrão de riqueza se manteve estável nos três diferentes pontos de captura (Figura 31).

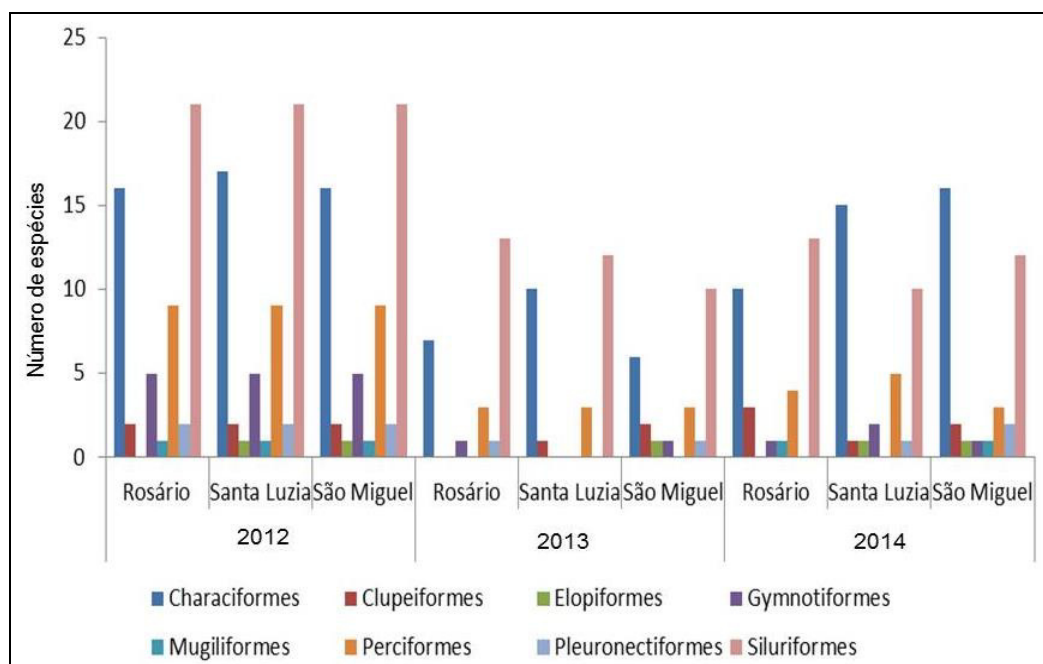


Figura 31. Distribuição espacial das ordens.

A partir do segundo ano foram detectadas ausência de espécies e discrepância entre a riqueza em cada ordem. Em Rosário a ordem Elopiformes não foi capturada nenhuma vez. O ponto de São Miguel foi o que se mostrou mais estável quanto a presença e ausência das ordens.

Quanto ao padrão de abundância das espécies investigadas, os pontos de Santa Luzia e São Miguel no primeiro ano de observação dos dados apresentaram níveis similares, com distribuição equitativa de indivíduos entre as espécies. Rosário sinalizou padrão levemente diferente das outras duas localidades, indicando a ocorrência de algumas espécies dominantes na área, conforme observado nas Figuras 32, 33 e 34 para os três anos.

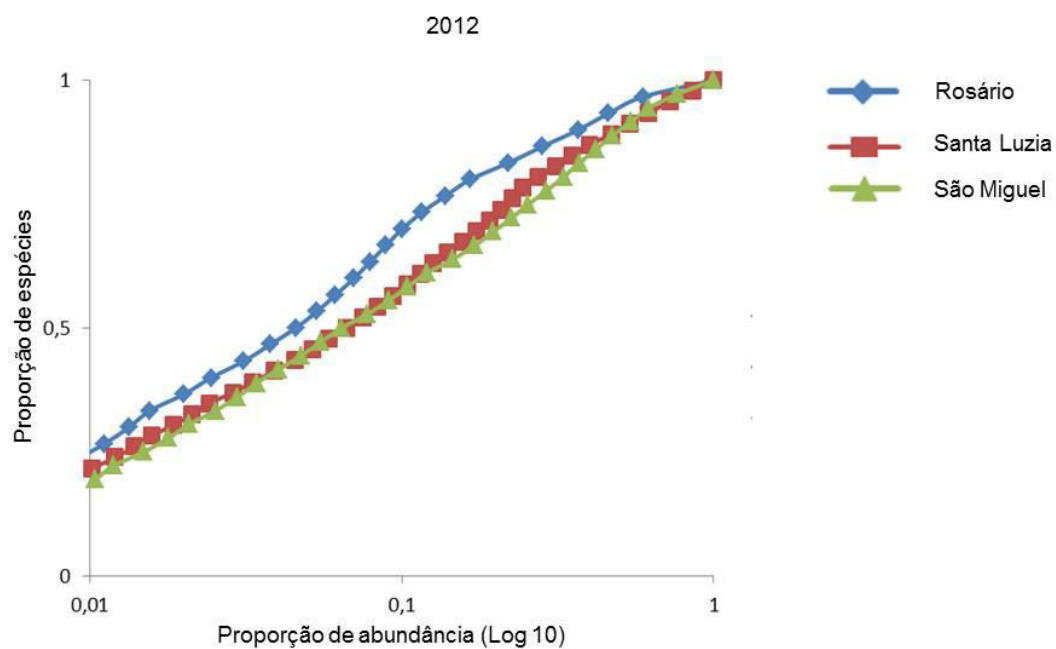


Figura 32. Padrão de abundância das comunidades em 2012.

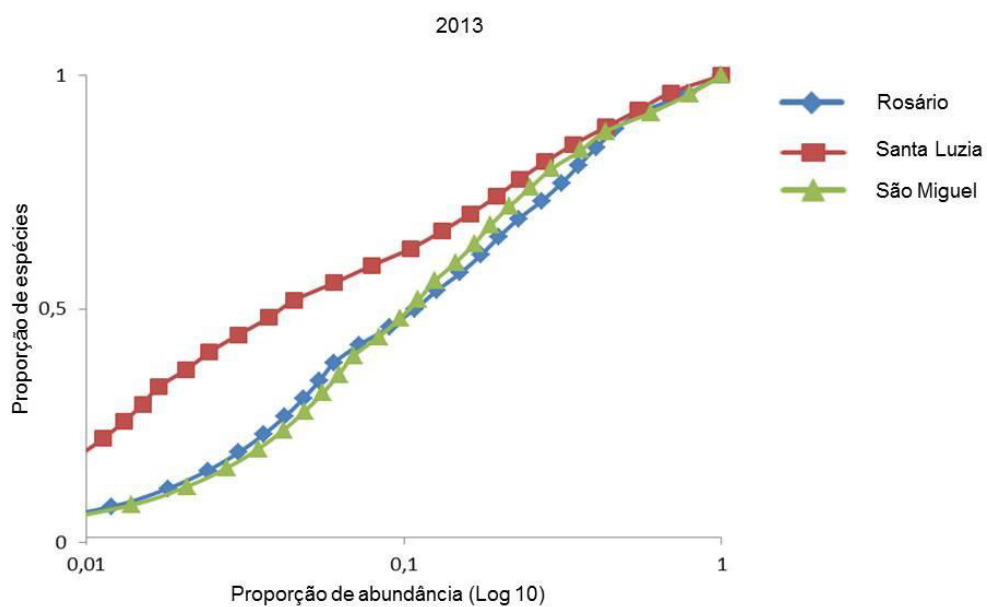


Figura 33. Padrão de abundância das comunidades em 2013.

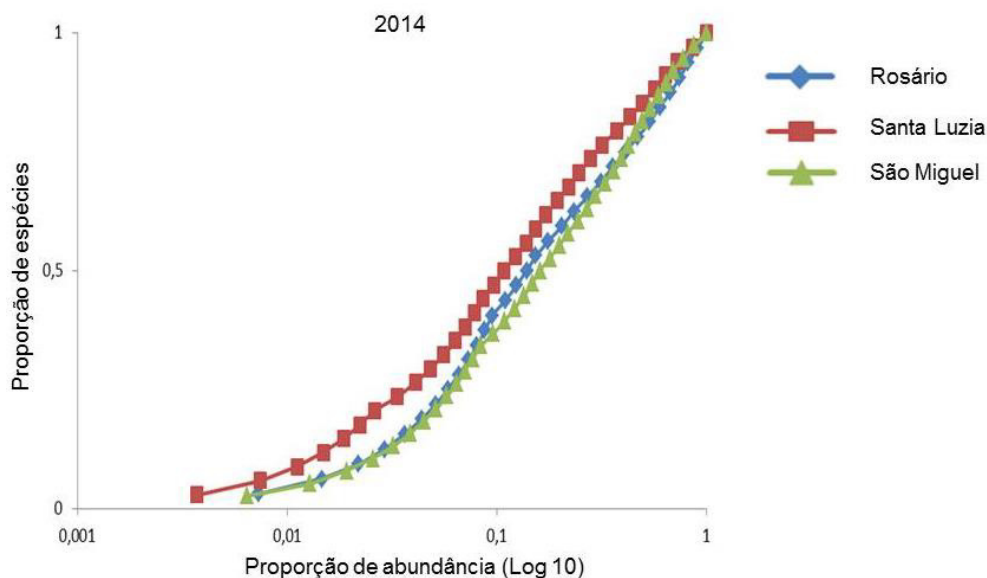


Figura 34. Padrão de abundância das comunidades em 2014.

Para os anos de 2013 e 2014 Rosário e São Miguel apresentaram-se mais semelhantes nos padrões de abundância, enquanto Santa Luzia apresentou-se com maior número de espécies raras, mas pouco abundantes.

A sazonalidade é importante, pois nos períodos de estiagem é natural que a cunha salina tenha maior capacidade de entrada sobre o baixo curso. No ponto de captura localizado no município de Rosário, a salinidade atingiu no mês de setembro de 2012 um valor máximo de 0,72 UPS, já em Santa Luzia, que é o ponto mais a montante no mesmo período o valor da salinidade foi de 0,043.

Grandes variações de salinidade ocorrem na Costa Norte do Brasil, em virtude das macromarés (marés diárias com grande amplitude entre a baixamar e a preamar) (BARLETTA et al, 2003). O efeito delas pode ultrapassar o baixo curso de rios que desaguam no mar, fato que merece ser pesquisado uma vez que essa característica torna o ambiente muito dinâmico e a força das marés promoveria o constante deslocamento das assembleias de peixes, dificultando a existência de um padrão, sustentando a teoria dos modelos nulos de distribuição.

Além da salinidade, quando se considera padrões de distribuição e abundância de organismos em sistemas lóticos é importante a compreensão das características em escala de bacia hidrográfica e de paisagem. Neste aspecto algumas variáveis devem ser ressaltadas como luminosidade, velocidade da corrente, profundidade, tipo de substrato, parâmetros

físico-químicos da água, além do entorno que pode modificar consideravelmente essas características em trechos da bacia (BECKER 2002, PETRY e SCHULZ, 2001).

Para Minns et al., (1996) e Becker (2002) as relações entre espécies e habitats nem sempre são claras, especialmente para organismos dinâmicos, como os peixes. Variações temporais nas condições de habitat e na ocorrência de perturbações naturais e antropogênicas podem causar alterações significativas na estrutura das populações e comunidades.

Das espécies capturadas, 30 são consideradas de importância comercial da área em estudo. Na Tabela 10 estão descritas todas as espécies, com destaque para aquelas de importância comercial.

Tabela 10. Lista taxonômica das espécies capturadas no baixo curso do rio Itapecuru, com destaque para as espécies de importância comercial.

Nome Científico	Nome vulgar	Importância comercial	Estação do ano
Classe Actinopterygii			
Characiformes			
Acestrorhynchidae			
<i>Acestrorhynchus falcatus</i>	Urubarana	*	
Anostomidae			
<i>Leporinus cf. friderici</i>	Piau-cabeça-gorda	*	
<i>Schizodon dissimilis</i>	Aracu	*	
Characidae			
<i>Astyanax cf. bimaculatus</i>	piaba-olho-vermelho		
<i>Bryconops</i>	João-duro		
<i>Charax cf. leticiae</i>	Cacunda		
<i>Metynnis lippincottianus</i>	Pacu		
<i>Moenkhausia sp</i>	piaba-rabo-preto		
<i>Poptella compressa</i>	Patata		
<i>Pygocentrus nattereri</i>	Piranha-vermelha	*	
<i>Roeboides sp</i>	Cacunda com dente		
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Piranha-branca	*	
<i>Triportheus signatus</i>	Sardinha-peituda		
Curimatidae			
<i>Curimata sp.</i>	Cevana	*	
<i>Curimatella sp.</i>	Escama-dura		
Erythrinidae			
<i>Hoplias malabaricus</i>	Traíra	*	
<i>Hopleryrhinus unitaeniatus</i>	Jeju	*	
Hemiodontidae			
<i>Hemiodus parnaguae</i>	Avoador		
Prochilodontidae			
<i>Prochilodus lacustris</i>	Curimatá	*	
Clupeiformes			

Nome Científico	Nome vulgar	Importância comercial	Estação do ano
Engraulidae			
<i>Cetengraulis edentulus</i>	Sardinha		I/V
<i>Lycengraulis</i> sp.			V
<i>Pterengraulis atherinoides</i>	Sardinha-gato		V
Pristigasteridae			
<i>Pellonaflavipinnis</i>	Dourada	*	
Elopiformes			
Megalopidae			
<i>Megalops atlanticus</i>	Pirapema	*	
Gymnotiformes			
Apteronotidae			
<i>Apteronotus albifrons</i>	Sarapó-cavalo		
Gymnotidae			
<i>Gymnotus carapo</i>	Sarapó		
Rhamphichthyidae			
<i>Rhamphichthys atlanticus</i>	Tubí	*	
Sternopygidae			
<i>Eigenmannia virescens</i>	Lamprega		
<i>Sternopygus macrurus</i>	Sarapó-catana		
Mugiliformes			
Mugilidae			
<i>Mugil curema</i>	Tainha	*	I/V
Perciformes			
Carangidae			
<i>Oligoplites palometa</i>	Tibiro		I/V
Centropomidae			
<i>Centropomus parallelus</i>	Camurim	*	
Cichlidae			
<i>Batrachops</i> sp.	Lalau		
<i>Crenicichla saxatilis</i>	Sabão		
<i>Geophagus</i> cf. <i>surinamensis</i>	Calabange-vermelha	*	
Gobiidae			
<i>Gobionellus</i> sp.	Amoré		
Sciaenidae			
<i>Cynoscion acoupa</i>	Pescada-amarela	*	I/V
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Pescada	*	
<i>Stellifer stellifer</i>	Cabeçudo branco		V
<i>Stellifer rastrifer</i>	Cabeçudo preto		V
Pleuronectiformes			
Achiridae			
<i>Achirus lineatus</i>	Solha		I
<i>Apionichthys</i> sp.	Solha		
Siluriformes			
Ariidae			

Nome Científico	Nome vulgar	Importância comercial	Estação do ano
<i>Amphiarius rugispinnis</i>	Juruema		I
<i>Arius sp.</i>	Bagre branco		I
<i>Sciades herzbergii</i>	Bagre	*	I/V
<i>Sciades proops</i>	Uritinga		V
<i>Catharops spixii</i>	Uriacica		I/V
<i>Hexanematichthys couma</i>	Bagre catinga	*	
Aspredinidae			
<i>Aspredinichthys tibicen</i>	Corró-corró-amarelo		
<i>Aspredo aspredo</i>	Corró-corró-preto		
Auchenipteridae			
<i>Auchenipterus sp.</i>	Caratori		
<i>Ageneiosus aff. ucayalensis</i>	Mandubé	*	
<i>Pseudoauchenipterus nodosus</i>	Papista	*	V
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	Anojado	*	
Doradidae			
<i>Hassar affinis</i>	Mandi-cabeça-de-cavalo	*	I/V
<i>Platydoras brachylecis</i>	Cascudo-serra	*	
Heptapteridae			
<i>Pimelodella parnahybae</i>	Mandí		
<i>Rhamdia sp.</i>	Jundiá		
Loricariidae			
<i>Ancistrus sp.</i>	Mão-na-cara		
<i>Hypoptopoma sp.</i>	Bodó-de-unha		
<i>Hypostomus cf. plecostomus</i>	Acari	*	
<i>Hypostomus sp.</i>	Cascudo-listrado	*	
<i>Loricaria cataphracta</i>	Fuso		
<i>Loricariichthys nudirostris</i>	Fuso		
Pimelodidae			
<i>Pimelodus blochii</i>	Mandi	*	
<i>Sorubim lima</i>	Bico de pato	*	
<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	Surubim	*	

Em Rosário, cerca de um terço das espécies contribuíram com maior número de indivíduos para a abundância total. Nas demais áreas ocorreu um maior equilíbrio na participação no número de espécies mais abundantes (Figura 35).

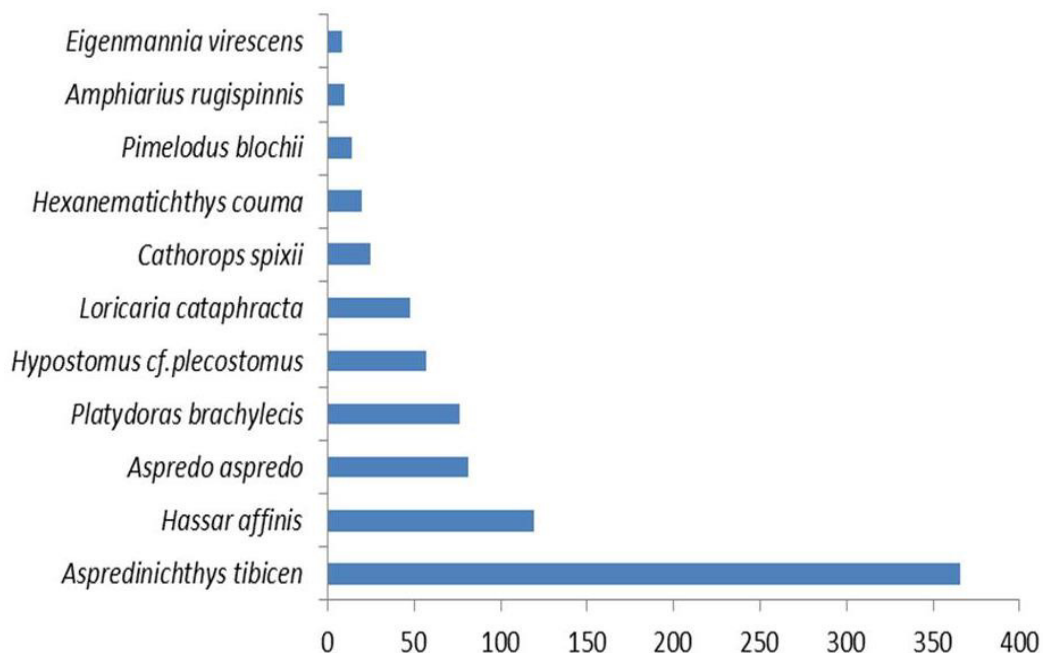


Figura 35. Distribuição das espécies por ordem de abundância na localidade Rosário.

Em cada um dos pontos de estudo houve diferenças entre as espécies dominantes. Em Santa Luzia, as espécies com maior contribuição para a abundância total foram: *Ageneiosus aff. ucayalensis*, *Geophagus surinamensis*, *Hassar affinis*, *Platydoras brachylecis*, *Engraulidae sp.* e *Curimata sp.*

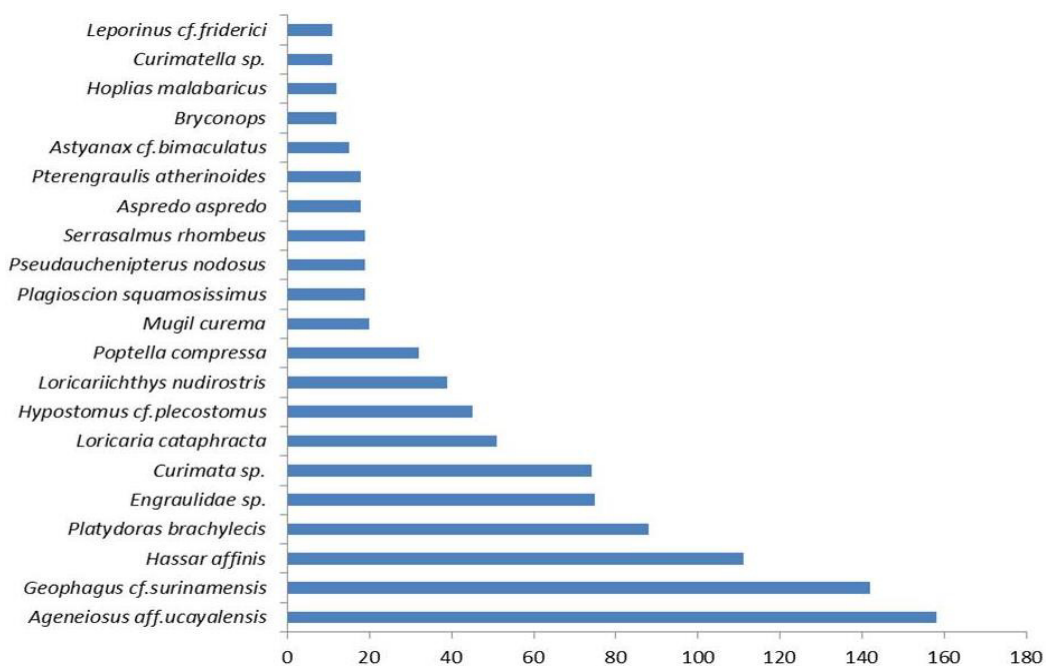


Figura 36. Distribuição das espécies por ordem de abundância na localidade Santa Luzia.

Em São Miguel, os maiores números de indivíduos foram registrados para *Hassar affinis*, *Platydoras brachylecis*, *Loricaria cataphracta* e *Engraulidae* sp. Em Rosário, por sua vez, *Aspredinichthys tibicen*, *Hassar affinis* e *Aspredo aspredo* foram as mais abundantes.

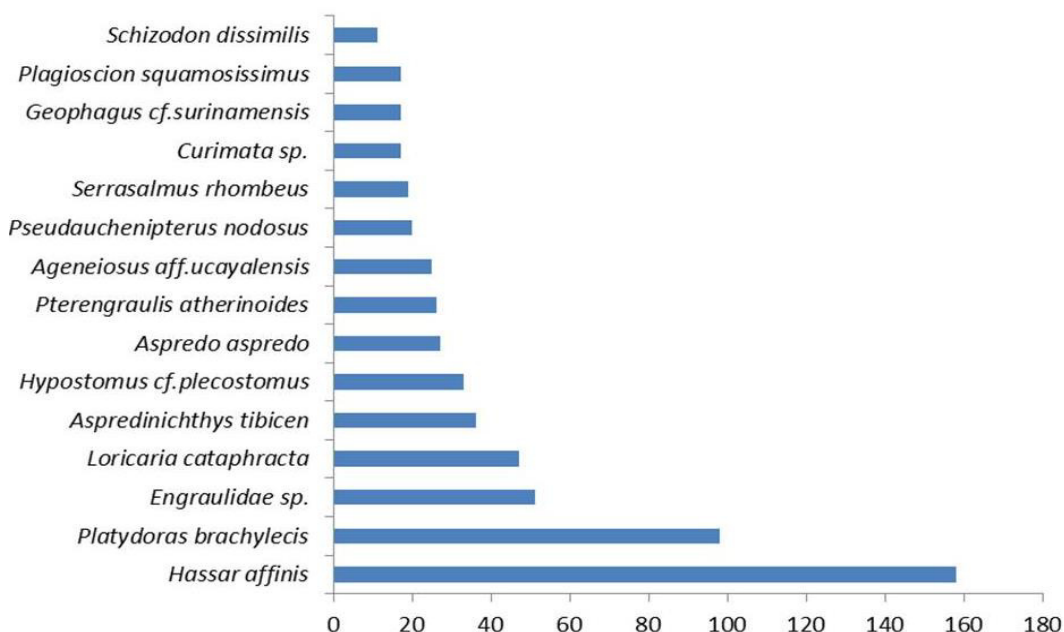


Figura 37. Distribuição das espécies por ordem de abundância na localidade São Miguel.

No mês de Agosto de 2014 a espécie *Hassar affinis* foi a mais abundante nas três localidades. Em Santa Luzia a espécie *Cetengraulis edentulus* foi o segundo táxon mais abundante, seguido por *Hemiodus parnaguae*, *Platydoras brachylecis*, *Curimata* sp. e *Geophagus surinamensis*

As capturas efetuadas em São Miguel indicaram a espécie *Poptella compressa* como a segunda mais expressiva, em número de indivíduos, seguida por *Cetengraulis edentulus*, *Acestrorhynchus falcatus*, *Lycengraulis* sp. e *Plagioscion squamosissimus*.

Em Rosário *Hassar affinis* foi seguida por *Cetengraulis edentulus*, *Astyanax cf. bimaculatus*, *Poptella compressa* e *Platydoras brachylecis*.

A espécie *Hassar affinis* que esteve presente em todos os pontos de capturas, sendo dominante em São Miguel tem sua distribuição restrita ao Rio Parnaíba e no Rio Itapecuru no Nordeste do Brasil (Piorski et al, 2008; Biridelli et al, 2011). Está presente tanto em ambiente lênticos quanto lóticos e tem uma alimentação onívora, com preferência principalmente por insetos. Além de *Hassar affinis*, a espécie *Platydoras brachylecis* também é endêmica dessa região (BIRIDELLI et al, 2011).

As espécies foram classificadas em 4 categorias em relação à composição percentual da sua frequência de ocorrência, sendo Altamente constante, Constante, Moderada e Pouco Constante, conforme figura 38.

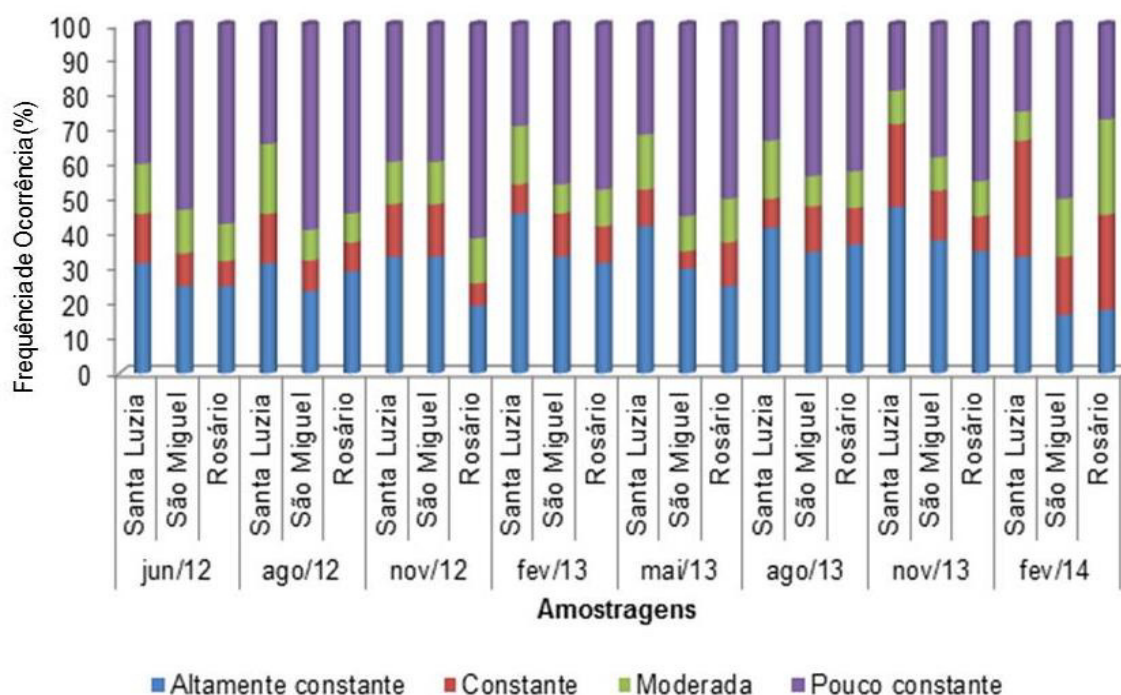


Figura 38. Distribuição das espécies capturadas entre as classes de frequência de ocorrência.

As espécies altamente constantes e constantes ocorreram em maior número no povoado de Santa Luzia, localizado mais a montante. Já em Rosário o padrão observado é inverso, as espécies pouco constantes foram mais numerosas e as altamente constantes são observadas em menor número. Esse padrão evidencia que entre as áreas analisadas há uma redução em número de espécies altamente constante e constante no sentido de montante para jusante.

As amostragens realizadas indicaram que as espécies *Ageneiosus aff. ucayalensis*, *Curimata sp.*, *Curimatella sp.*, *Geophagus cf. surinamensis*, *Loricariichthys nudirostris*, *Poptella compressa*, *Prochilodus lacustres*, *Pseudauchenipterus nodosus*, *Pygocentrus nattereri*, *Schizodon dissimilis*, *Serrasalmus rhombeus* e *Sorubim lima*, apresentaram preferência dulcícola, sendo portanto abundantes em Santa Luzia e São Miguel, Ponto 1 e Ponto 2, respectivamente.

Já para o Ponto 3, em Rosário, as espécies *Aspredinichthys tibicen*, *Aspredo aspredo*, *Cathorops spixii*, *Cynoscion acoupa*, *Hexanematichthys couma*, *Sciades herzbergii*, *Stellifer stellifer* e *Stellifer rastrifer* apresentaram registros mais expressivos. Quando essas espécies

foram registradas no Ponto 3 estiveram associadas ao período seco, em que a cunha salina é mais intensa, em consequência das menores contribuições do rio Itapecuru, que durante este período em função das menores precipitações apresenta vazões mais baixas.

O padrão observado pode ser considerado normal para a área estudada, já que a mesma faz parte do baixo curso do rio Itapecuru, e no trecho mais a jusante os efeitos da maré dinâmica e da cunha salina são mais evidentes e tornam-se uma barreira à permanência de espécies tipicamente dulcícolas.

A diversidade de Shannon – Wiener, em sistemas biológicos, mede a incerteza na previsão da espécie do próximo indivíduo selecionado ao acaso. Conforme Fausch et al (1990), a incerteza seria baixa em comunidades simples dominadas por poucas espécies e alta em comunidades diversificadas.

Os resultados da variação sazonal do índice de diversidade de Shannon (H') foram submetidos ao teste de Levene's que sinalizou condições de homocedasticidade das variâncias ($p > 0,05$) permitindo, assim, a aplicação da ANOVA que também indicou semelhança sazonal ao longo do período indicado ($p = 0,37$), conforme Figura 39.



One-way ANOVA

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	1,32762	7	0,18966	1,163	0,3757
Within groups:	2,60979	16	0,163112		
Total:	3,93742	23			

Levene's test for homogeneity of variance: p(same) = 0,1075

Tukey's pairwise comparisons:

Q \ p(same)

	jun/12	ago/12	nov/12	fev/13	mai/13	ago/13	nov/13	fev/14
jun/12		0,9997	0,9991	1	0,7949	0,9956	0,7934	0,386
ago/12	0,6433		1	1	0,9587	1	0,9581	0,6448
nov/12	0,7734	0,1301		1	0,9745	1	0,9741	0,6985
fev/13	0,376	0,2673	0,3974		0,9083	0,9998	0,9072	0,5329
mai/13	2,127	1,484	1,354	1,751		0,9908	1	0,9949
ago/13	0,9978	0,3545	0,2244	0,6218	1,129		0,9906	0,7856
nov/13	2,131	1,488	1,358	1,755	0,004289	1,134		0,995
fev/14	3,151	2,507	2,377	2,775	1,024	2,153	1,019	

Figura 39. Resultado do teste de Levene's e da ANOVA para a variação sazonal da diversidade.

A variação sazonal da diversidade apresentou valores médios mais expressivos em junho/2012 e os mais baixos em fevereiro/2014. A maior variabilidade ocorreu em fevereiro/2013 reflexo das diferenças entre a diversidade no sentido montante-jusante.

Dos 24 registros realizados, 11 estiveram entre $2,0 \leq H' < 3,0$ e os demais entre $1,0 \leq H' < 2,0$, indicando que as assembleias de peixes analisadas podem ser classificadas como de diversidade baixa e média (Figura 40).

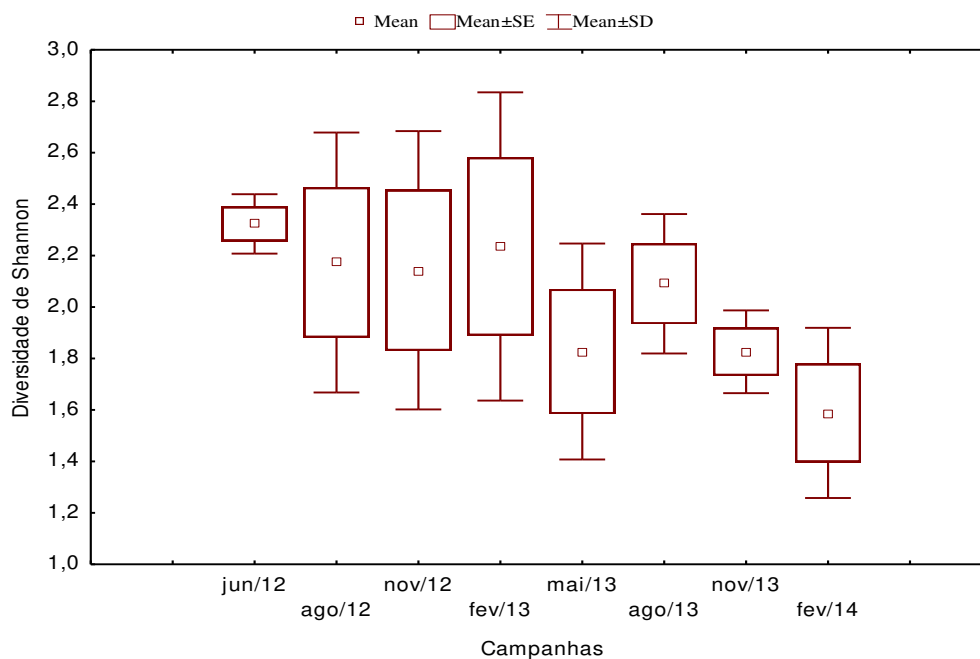


Figura 40. Variação temporal da diversidade durante as campanhas de monitoramento. Mean – Média; SE – Erro Padrão; SD – Desvio Padrão.

Em relação aos padrões espaciais, a análise de variância ANOVA mostrou a inexistência de diferenças significativas nos valores de diversidade ($p=0,09$). Mas foi perceptível que no Ponto de Santa Luzia houve uma diversidade mais elevada, já em Rosário a diversidade foi mais baixa (Figura 41). Esses resultados sinalizam que embora a influência marinha possa ser um fator limitante para a ocorrência de determinadas espécies, principalmente no ponto mais a jusante, essa dinâmica não altera significativamente a diversidade no perímetro investigado, havendo apenas mudanças qualitativas nos padrões de distribuição das espécies.

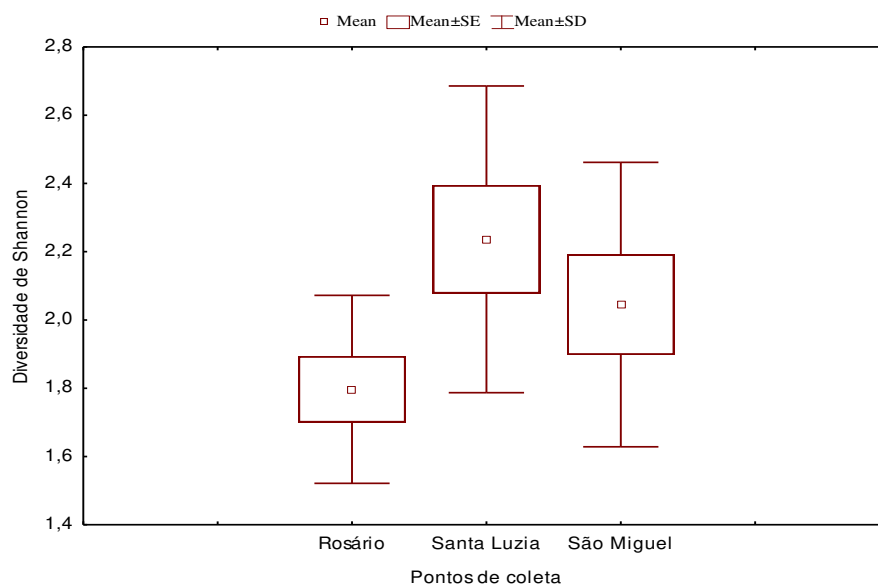


Figura 41. Variação espacial da diversidade de espécies da ictiofauna no baixo curso do rio Itapecuru. Mean – Média; SE – Erro Padrão; SD – Desvio Padrão.

Kaufmann e Pinheiro (2009) analisam que a estrutura de comunidades e a diversidade de espécies da biota aquática são afetadas por condições físicas e ambientais locais, a exemplo da hidrodinâmica (Marchetti & Moyle 2001, Lamouroux & Cattaneo 2006). As condições hidrodinâmicas de um curso de água influenciam em seus ciclos de vida (Strange et al. 1993, Hilderbrand 1999, Wildhaber et al. 2000, Goldstein et al. 2007). Variações longitudinais e laterais do escoamento resultam em complexas dinâmicas espaciais e temporais das populações e comunidades de peixes, particularmente porque fluxos altos e baixos influenciam a sobrevivência (Schlosser 1991), sugerindo a existência de relação entre as características do habitat e a riqueza de espécies.

Equitabilidade de Pielou

Os resultados referentes à Equitabilidade foram submetidos ao teste de Levene's, o qual indicou a homogeneidade das variâncias ($p > 0,05$), permitindo a aplicação da estatística paramétrica. Com a aplicação da análise de variância percebeu-se a existência de semelhança sazonal e espacial ($p > 0,05$) para a variação da equitabilidade, sinalizando a ausência de dominância significativa de algum táxon.

A equitabilidade apresentou níveis mais baixos em novembro/2012 e 2013 (Figura 42), e mais elevado em fevereiro/2014. A equitabilidade mais baixa em novembro/2012 pode ser atribuída à grande abundância das espécies *Aspredinichthys tibicen*, *Hassar affinis* e *Platydoras brachylecis*, entretanto cabe destacar, que tal diferença não foi significativa. Para novembro/2013 o resultado final esteve relacionado à predominância das espécies *Platydoras*

brachylecis, *Hypostomus cf. plecostomus* e *Hassar affinis*. Em fevereiro/2014 foi o período em que a dominância mostrou-se mais uniforme entre as espécies, estando relacionado à riqueza mais baixa.

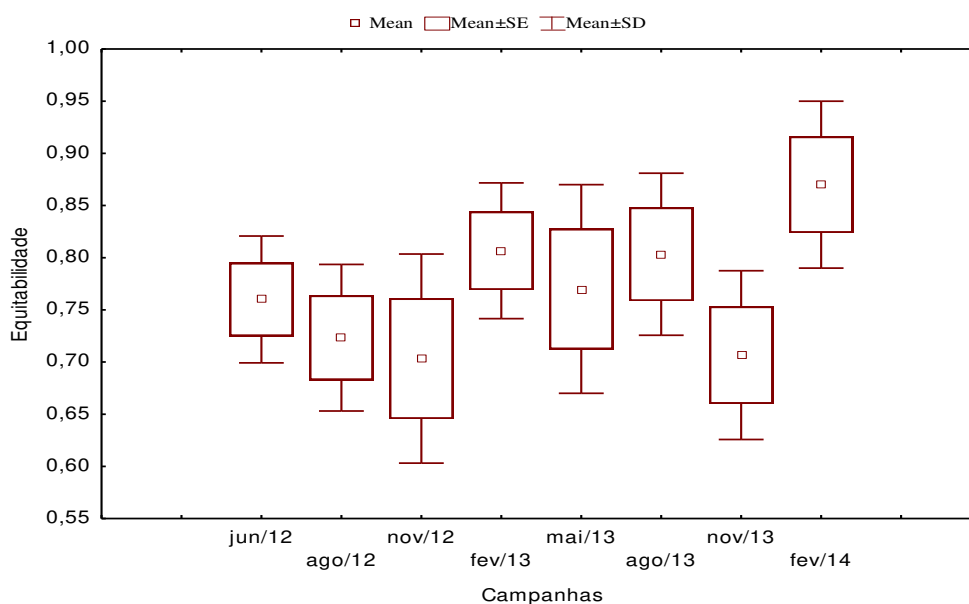


Figura 42. Variação temporal da equitabilidade. Mean – Média; SE – Erro Padrão; SD – Desvio Padrão.

Espacialmente foi observado que os níveis mais elevados de equitabilidade foram encontrados em São Miguel, e os mais baixos em Rosário, conforme Figura 43. Esse resultado reflete a hidrodinâmica que o trecho mais a jusante está submetido, que permite apenas a ocorrência constante de alguns táxons.

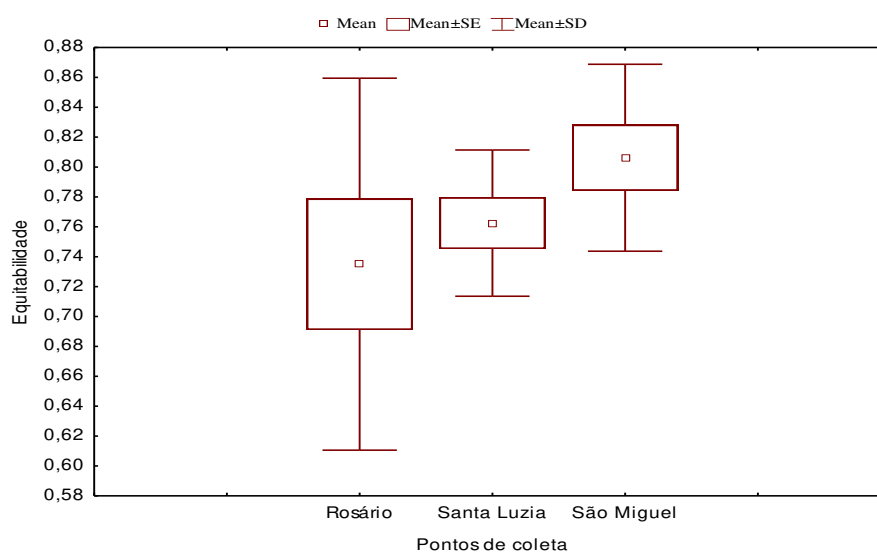


Figura 43. Variação espacial da equitabilidade entre os três diferentes pontos de coleta, no baixo curso do rio Itapecuru. Mean – Média; SE – Erro Padrão; SD – Desvio Padrão.

Kaufmann e Pinheiro (2009) observaram que valores de equitabilidade maiores que 0,8 indicam indivíduos sempre bem distribuídos entre as diferentes espécies. Quando esses valores estão associados a valores elevados de diversidade são indicativos de ambientes complexos, com múltiplas relações, significando um ecossistema com boa estabilidade, mesmo que haja uso intenso do sistema.

Riqueza de Espécies

Através da riqueza foram identificadas e qualificadas as comunidades íctias, em função do número de espécies que a compõem. A desvantagem deste método é que ele considera apenas o número de espécie e não o número de indivíduos.

Os resultados referentes à variação sazonal através da aplicação da ANOVA, sinalizam semelhança entre os meses ($p>0,05$; $p=0,062$).

Embora estatisticamente os valores de riqueza não tenham sido diferentes, considerando as avaliações sazonais, os maiores resultados ocorreram em junho/2012 e os menores em fevereiro/2014, acompanhando o mesmo padrão da diversidade. A maior variabilidade foi observada em novembro/2012, reflexo do grande número de espécies amostradas em Santa Luzia (31 spp), durante essa campanha (Figura 44).

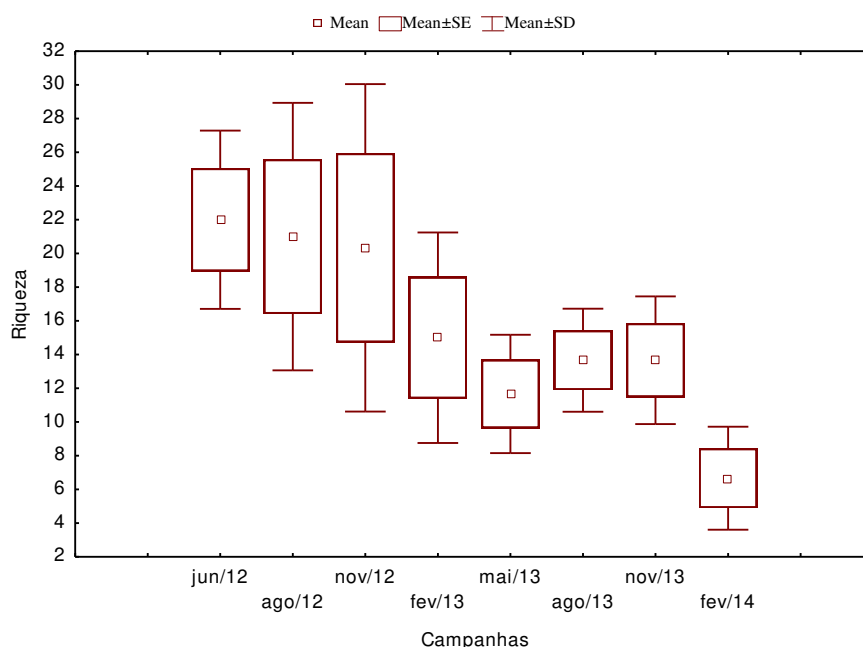


Figura 44. Variação temporal da riqueza durante as campanhas de monitoramento. Mean – Média; SE – Erro Padrão; SD – Desvio Padrão.

No que concerne à distribuição espacial da riqueza, também não foram detectadas diferenças significativa ($p>0,05$). Ressalta-se, que existe uma mudança na composição da ictiofauna para o trecho mais a jusante conforme Figura 45.

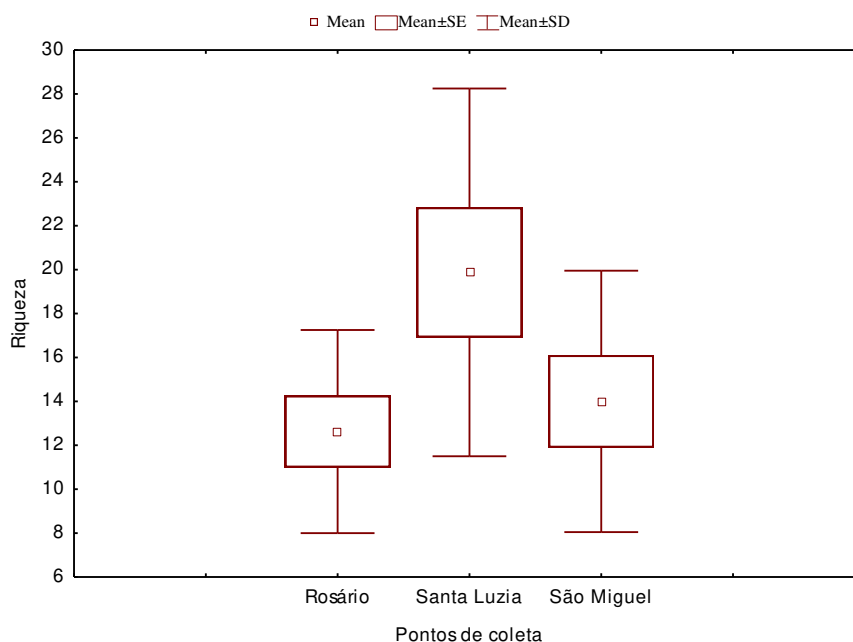


Figura 45. Variação espacial da riqueza no baixo curso do rio Itapecuru. Mean – Média; SE – Erro Padrão; SD – Desvio Padrão.

Em termos de riqueza, estas alterações não tem demonstrado significância, mesmo diante da proximidade às zonas mais intensamente urbanizadas, influência da maré dinâmica e da cunha salina, lançamento de esgotos *in natura* oriundo das residências localizadas ao longo da margem do rio, além de outros provenientes do próprio município de Rosário. A integridade ictiofunística tem permanecido semelhante à Santa Luzia, que, pela maior distância das sedes municipais, pode ser caracterizada como uma área com menor nível de estresse.

Análise de Ordenação

A técnica de ordenação de escalonamento multidimensional (MDS) foi utilizada para agrupar os meses e determinar a similaridade entre eles. Os dados mensais de captura, foram logtransformados por ($\text{Log}(x+1)$), com utilização das espécies que ocorreram em pelo menos 5 coletas.

Os resultados das análises revelaram que em nível de 40% de similaridade houve a formação de dois grupos, sendo o primeiro constituído pelos meses de junho, agosto, novembro/2012, fevereiro, agosto, novembro/2013 (grupo I) e o segundo formado por maio/2013 e fevereiro/2014 (grupo II) conforme observado na Figura 46.

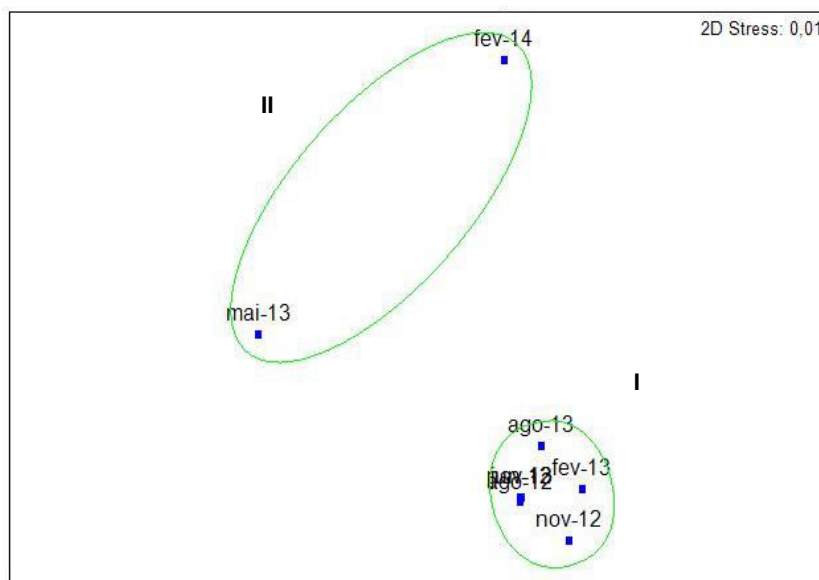


Figura 46. Resultado das análises de ordenação (MDS não métrico) por campanha, para os indivíduos capturados.

A similaridade do grupo II esteve associada, principalmente, aos valores mais baixos de abundância e riqueza das espécies.

No grupo I, agruparam-se meses de menores precipitações, exceto ao mês de fevereiro de 2013, enquanto no grupo 2, reuniram-se meses de maiores precipitações.

Reconhecidos os agrupamentos de meses, utilizou-se a rotina de análise de similaridade de percentagens SIMPER para determinar que espécies contribuíram com as similaridades internas e dissimilaridades entre grupos. O resultado indicou similaridade interna de 75,24% para o grupo 01 e 51,94% no grupo 02.

As espécies que mais contribuíram na formação do grupo I foram *Platydoras brachylecis*, *Hassar affinis*, *Loricaria cataphracta*, *Hypostomus cf.plecostomus*, enquanto para o grupo II detectou-se *Hypostomus cf.plecostomus*, *Plagioscion squamosissimus*, *Prochilodus lacustres*, *Pseudauchenipterus nodosus*.

A dissimilaridade média entre o grupo I e II foi de 52,30%, sendo as espécies *Platydoras brachylecis*, *Hassar affinis* e *Aspredinichthys tibicen* os maiores contribuintes para tal distinção, Tabela 11.

Tabela 11. Análise de similaridade de percentagens (simper) a partir dos grupos identificados na análise de agrupamento.

Similaridade média (%)	Grupos		Dissimilaridade média (%)	Grupos 01 X 02
	01	02		
	75,24	51,94		52,30
Espécies	Contribuição (%)		Espécies	Contribuição (%)
<i>Platydoras brachylecis</i>	10,57	-	<i>Platydoras brachylecis</i>	12,40
<i>Hassar affinis</i>	10,41	-	<i>Hassar affinis</i>	10,29
<i>Loricaria cataphracta</i>	9,72	-	<i>Aspredinichthys tibicen</i>	9,94
<i>Hypostomus cf. plecostomus</i>	9,22	31,71	-	-
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	-	24,97	-	-
<i>Prochilodus lacustres</i>	-	14,44	-	-
<i>Pseudauchenipterus nodosus</i>	-	14,44	-	-

Curva ABC

O uso da curva ABC permite inferir sobre a qualidade ambiental de uma área. Um ambiente é considerado estável e sem perturbações quando, na curva ABC, ocorre superioridade da biomassa sobre a abundância. Na presença de perturbações, as espécies oportunistas, de pequeno porte, superam os indivíduos de maior porte que se apresentam em menor número, ocasionando uma inversão da posição das curvas (QUEIROZ, 2007).

A curva ABC dos pontos de captura foi comparada à proposta por Yemane et al (2005), conforme Figura 47.

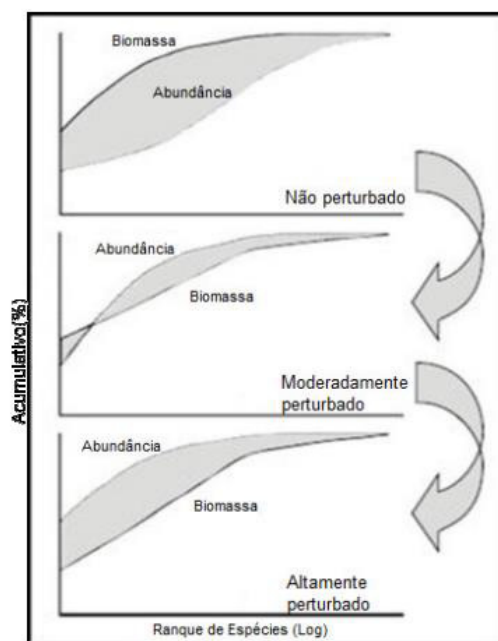


Figura 47. Curvas ABC teóricas, que mostram os padrões de biomassa e abundância de agrupamentos não perturbados, moderadamente perturbados e altamente perturbados, respectivamente. Fonte: Yemane et al (2005).

A análise do nível de estresse ambiental através das curvas ABC revelou que este tem se mantido estável no período analisado. (Figura 48). Os resultados para as três localidades

monitoradas sinalizam tratar-se de regiões sujeitas a um baixo nível de estresse, apresentando padrões semelhantes entre os anos de monitoramento.

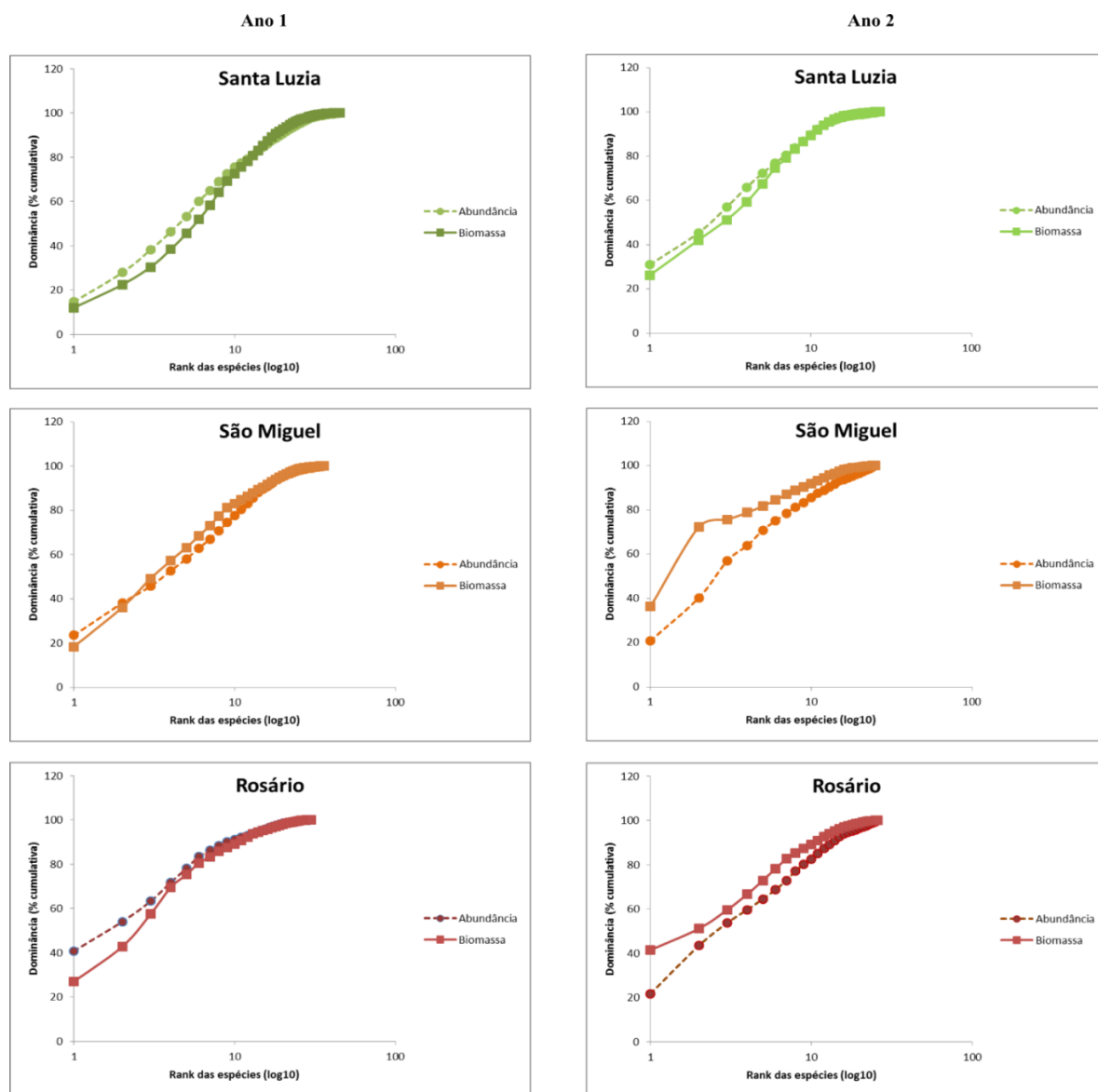


Figura 48. Curva ABC para cada localidade estudada.

5.3 Estrutura da comunidade de insetos aquáticos

O estudo resultou na coleta de 1208 indivíduos distribuídos em 25 famílias e sete ordens de insetos aquáticos: Hemíptera, Díptera, Coleóptera, Ephemeroptera, Odonata, Trichoptera, incluindo Collembola.

Os collembolas são hexápodos, mas não são da classe dos insetos, eles possuem a própria classe que de acordo com Deharveng (2004), está dividida em quatro Ordens: Poduromorpha (11 famílias), Entomobryomorpha (9 famílias), Symphypleona (9 famílias) e Neelipleona (1 família). Para este estudo a classe foi analisada juntamente com a classe dos insetos aquáticos, no entanto não foi possível uma caracterização a nível taxonômico inferior.

Das ordens identificadas, as mais abundantes foram Díptera (44%), seguida de Collembola (30%) e Hemíptera (12%). Já os Coleópteros e Hemípteros foram as mais expressivas em número de famílias, com 9 e 7 famílias respectivamente. A ordem dos Dípteros esteve presente em todas as coletas realizadas. Nas Figuras 49 e 51 abaixo, estão representadas as ordens em cada coleta.

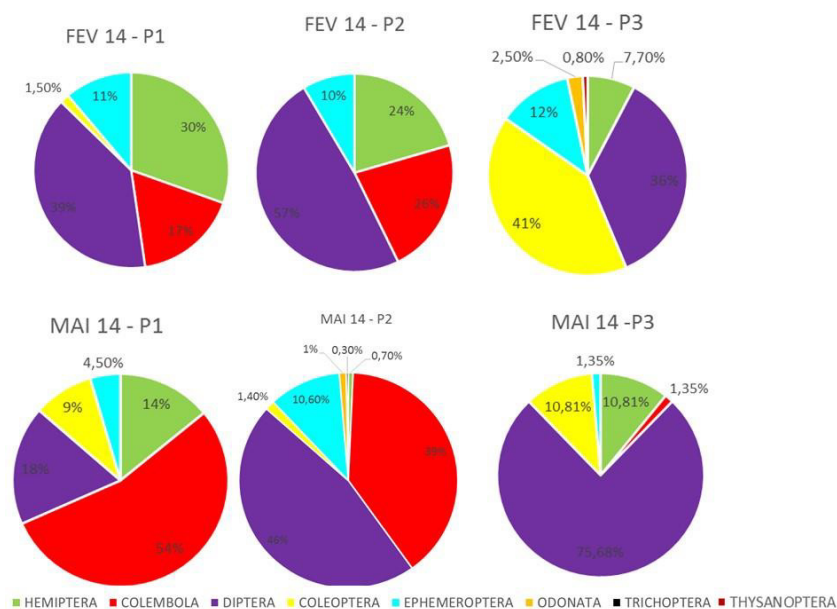


Figura 49. Percentual de ordens encontradas nas coletas do período chuvoso.

No mês de fevereiro de 2014 a ordem Díptera foi mais expressiva nos pontos de coleta mais a montante, 1 e 2. Nesses pontos a ordem menos descrita foi a dos Coleópteros, que representou apenas 1,5% dos indivíduos capturados no ponto 1, e no ponto 2 não foi

registrada. No ponto de coleta 3, mais a jusante, a ordem dominante foi Coleóptera, e as que foram menos encontradas foi Odonata e Thysanoptera, que não foram registradas nos outros dois pontos, sendo representadas por 3 e 1 exemplares respectivamente.

Para o mês de maio de 2014 os Collembola foram mais expressivos no ponto 1, já no Ponto 3 esse grupo só representou 1,3% dos indivíduos capturados. Observou-se que os Collembolas foram encontrados em maior predominância nos pontos mais a montante.

Segundo Bennemann et al (2005) a ocorrência de insetos aquáticos está associado à presença e preferência por algumas espécies de peixes em rios de grande porte, destacando-se que as espécies do gênero *Astiana*, possuem uma ampla distribuição, entre diferentes tipos de ambientes (riachos, lagoas, reservatórios e rios) mas que a preferência alimentar do gênero é pelo grupo dos insetos, que se não é encontrada como um recurso de origem autóctone, os indivíduos vão em busca em outros locais nas imediações.

O grupo de peixes que se alimentam de insetos tanto podem aumentar a riqueza do grupo em função da disponibilidade alimentar proporcionada pelos insetos, quanto podem também exercer um efeito indireto na decomposição de detritos ao se alimentarem dos insetos fragmentadores, ou ao reduzir a atividade dos mesmos, causando o efeito de cascata trófica descendente, onde os predadores do topo interferem no coeficiente de decomposição de detritos (GONÇALVES JUNIOR ET AL 2014; PRINGLE E HAMAZAKI 1998; BOYERO ET AL. 2008; LANDEIRO ET AL. 2008; MANCINELLI ET AL. 2002, MANCINELLI ET AL 2007).

Nos pontos 2 e 3 a ordem dos Dípteros foi predominante. Ephemeroptera ocorreu em todas as capturas do mês de maio, enquanto Trichoptera ocorreu apenas no ponto 2. Cabe ressaltar que muitas famílias de Trichopteros possuem representantes da categoria dos reptantes, que incluem indivíduos com capacidade de locomoção horizontal em superfícies planas (Salles e Ferreira Junior, 2014). Como foi capturado apenas um único indivíduo dessa ordem, o mesmo pode ter sido capturado no momento em que fazia esse movimento, o que ressalta o conhecimento de que na localidade a ordem está fixada nos ambientes marginais, como os contribuintes de menor porte.

A ocorrência das famílias em cada ponto está ilustrada na Figura 50. Não foi possível ultrapassar a identificação dos insetos a nível taxonômico inferior, como gênero ou espécie. No entanto, o nível taxonômico de família é muito utilizado em estudos para diagnosticar a integridade de ambientes aquáticos, especialmente em regiões tropicais onde a diversidade é

grande, mas o conhecimento ainda é bastante incipiente. Alguns trabalhos mostraram resultados significativos, como o de Corbi e Trivinho-Strixino (2006) que realizaram identificação a nível de família para caracterizar diferentes usos da terra em riachos de baixa ordem no Estado de São Paulo.

Martins, Oliveira e Salcedo, 2014 destacam que outros estudos (Guérol, 2000) indicam que o nível taxonômico de família não é apropriado uma vez que os resultados podem ser subestimados, não sendo, portanto, confiáveis. Os autores contra argumentam que a eficiência da resposta dos insetos à caracterização do ambiente e à condição do mesmo dependerá do nível de identificação taxonômica utilizada, e desta maneira, o detalhamento das identificações devem ser inversamente proporcional a intensidade da alteração na área. Assim, para a avaliação de impactos sutis é requerido nível taxonômico mais baixo, ao passo que se as alterações são mais evidentes, o nível superior mostrará boas respostas.

Dessa forma, como o Rio Itapecuru já mostra indícios de impactos de usos diversos que conferem estresse ao corpo hídrico, que associado às modificações naturais poderão intensificar ainda mais esse cenário, a caracterização taxonômica utilizada se traduz eficiente para as respostas desejadas.

Da ordem Hemiptera, no mês de fevereiro ocorreram 4 famílias em cada ponto, sendo Gerridae, Corixidae, Veliidae e Mesoveliidae nos pontos 1 e 2, já no terceiro ponto ocorreram as famílias Hebridae, Veliidae e Mesoveliidae.

De acordo com Triplehorn e Johnson (2005) das seis famílias pertencentes à infra-ordem Gerromorpha (subordem heteroptera) Gerridae, Veliidae, Mesoveliidae e Hermatobatidae possuem hábitos semi-aquáticos em ambientes costeiros, enquanto que a família Corixidae é dulcícola. Portanto, na área em estudo foi possível observar a ocorrência de famílias de água doce e salobra.

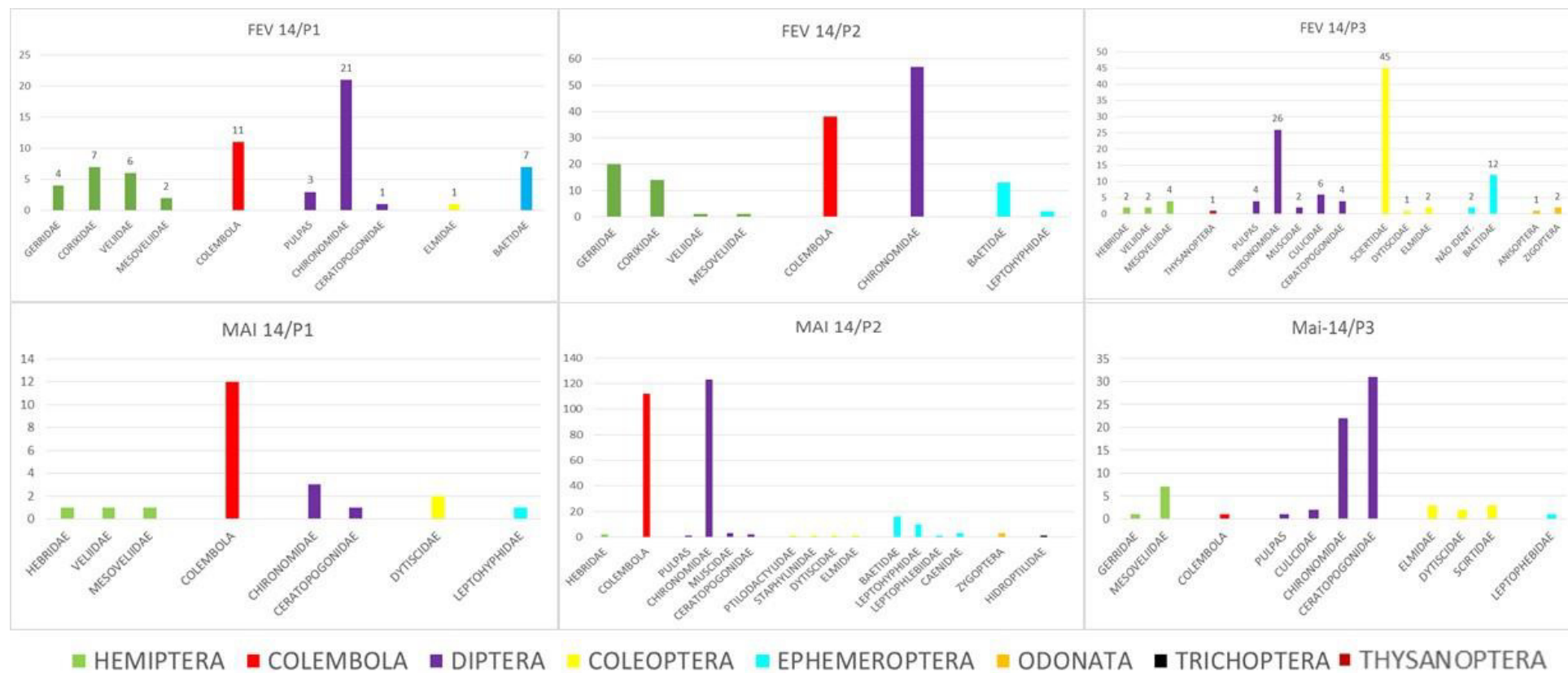


Figura 50. Percentual de famílias encontradas nas coletas do período chuvoso.

No mês de maio, a ordem Hemiptera esteve representada por 4 famílias, sendo que Mesoveliidae ocorreu nos pontos 1 e 3, registrando-se ainda Hebridae e Veliidae no ponto 1, e, Gerridae no 3. Já no ponto 2 a única família registrada foi Hebridae.

Os Dipteros foram registrados em todas as capturas, sendo que a família Chironomidae ocorreu em todos os pontos, muito embora tenha sido dominante no ponto 2 em duas capturas. A família Muscidae também foi registrada, o que merece destaque especial já que de acordo com Marchiori e Linhares (1999) as espécies dessa família são importantes vetores mecânicos e biológicos de organismos patogênicos que podem parasitar a espécie humana e outros vertebrados, e que constituem um problema de saúde pública em várias partes do mundo ao invadirem habitações tornando-se um incômodo para a população.

Além de Muscidae, outras famílias são responsáveis pela proliferação de doenças tropicais como a febre amarela, malária, filariose e a dengue. Muitas dessas famílias são encontradas em grande abundância em ambientes costeiros do tipo marismas, a exemplo dos marismas europeus destacados por (Gantes, 2011), sendo também bastante comuns em regiões estuarinas (Mackenzie, 2005). As famílias Chironomidae (Hashimoto, 1976), Ceratopogonidae (Linley, 1976), Culicidae (O'Meara, 1976) e Tipulidae (Cheng, 1976) também ocorrem em grande abundância nesses ambientes.

Os Ephemeropteras ocorreram nos pontos 2 e 3 no mês de fevereiro e nos três pontos no mês de maio, muito embora o número de famílias foi mais expressivo no ponto 2. As famílias que ocorreram com maior frequência foram Baetidae e Leptohyphidae.

A família Baetidae possui distribuição mundial, é o grupo de maior diversidade de espécies. São encontradas em ambientes lênticos e lóticos, embora apresente a maior diversidade nos sistemas lóticos por ocuparem todos os meso-habitats disponíveis, com alguns gêneros ou espécies com capacidade de sobreviver em áreas de correnteza forte (Sales et al, 2014). Já a família Leptohyphidae e Leptophlebiidae possuem alguns representantes que vivem exclusivamente em ambientes lóticos e podem ser encontradas em diversos tipos de substrato e correntezas variadas, o que justifica a ocorrência das famílias na área de estudo.

Os Coleópteras não foram registrados no ponto 2 durante o mês de fevereiro, porém ocorreram em todas as outras capturas, estando representados por 5 famílias sendo elas: Elmidae, Dytiscidae, Sciirtidae, Ptilodactilidae e Staphylinidae. A família Sciirtidae apresentou o maior número de indivíduos.

A ordem Trichoptera foi representada apenas pela família Hidroptilidae que teve registro somente no ponto 2 durante o mês de maio. Já as Odonatas, ocorreram no mês de fevereiro no ponto 3 e no mês de maio no ponto 2.

Os Odonatas não foram identificados a níveis taxonômicos inferiores porque os exemplares coletados encontravam-se em estágio imaturo de desenvolvimento, e na maioria dos grupos, a variação entre os estágios iniciais e finais são muito expressivas, e como a descrição é baseada no último estágio (Neiss e Hamada, 2014) não foi passível evoluir nas identificações.

A ordem Odonata foi pouco expressiva na área em estudo, o que difere do esperado para a região amazônica, uma vez eu os registros, para o estado do Amazonas contém todas as 15 famílias registradas para o Brasil, que englobam aproximadamente 262 espécies em 90 gêneros (LENCIONI 2005, 2006; GARRISON ET AL 2006 2010).

A ocorrência das ordens e respectivas famílias de insetos no período de estiagem está representada nas Figuras 51 e 52 abaixo.

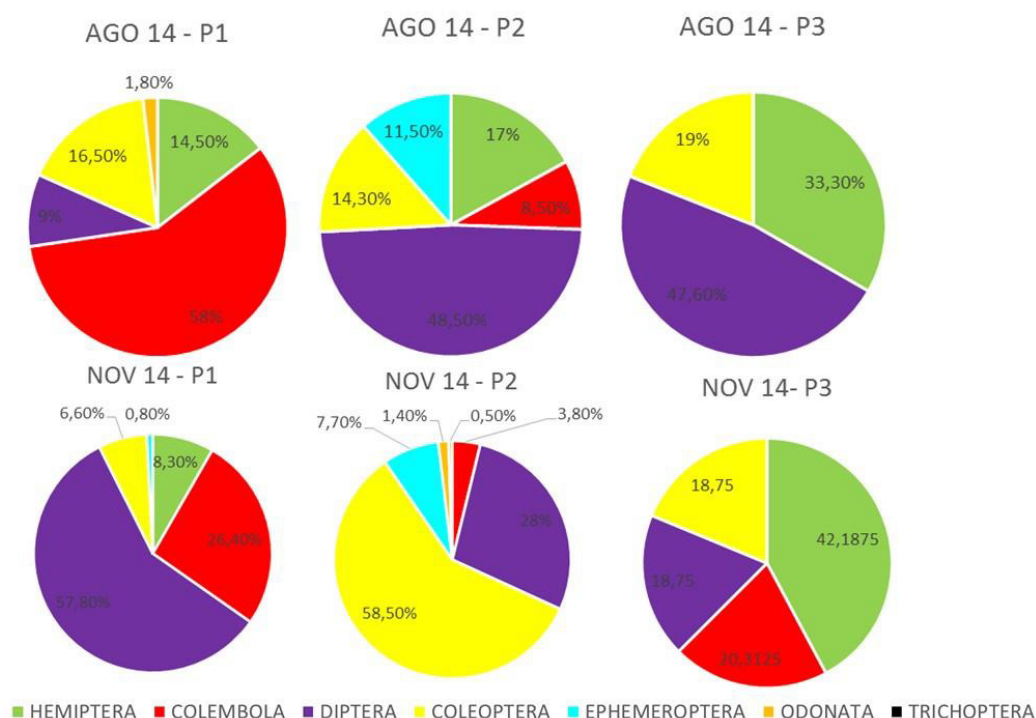


Figura 51. Percentual de ordens encontradas nos diferentes pontos de coletas no período de estiagem.

As ordens Díptera, Coleóptera e Hemiptera foram registradas em todos os pontos de captura durante as coletas realizadas no período de estiagem. Os Collembolas não foram

registrados no ponto 3 do mês de agosto, no entanto foram predominantes no ponto 1, aparecendo também no ponto 2, no mês de novembro, a classe foi encontrada nos três pontos.

Os Hemípteras foram bem abundantes no ponto 3 nos dois meses de captura, já as Odonatas só foram encontradas no ponto 1 no mês de agosto e no ponto 2 no mês de novembro. Os Ephemeropteras foram registrados no ponto 2 nos dois meses, e ainda no ponto 1 no mês de agosto. No período de estiagem não foram registrados indivíduos da ordem trichoptera.

Em relação às famílias que ocorreram no mês de agosto, a ordem Hemiptera esteve representada por 5 famílias, Veliidae e Mesoveliidae que foram registradas em todos os pontos. No ponto 1 foram encontrados ainda representantes das famílias Gerridae e Belostomatidae, e no ponto 2 a família Pleidae foi registrada.

No mês de agosto Mesoveliidae foi encontrada em todos os pontos, apresentando a maior riqueza no ponto 3 com 23 indivíduos. Esse ponto apresentou a menor diversidade em número de famílias e em riqueza de indivíduos no mês de agosto, sendo registrado apenas as famílias Veliidae e Mesoveliidae (Hemiptera), Chironomidae e Ceratopogonidae (Diptera) e Staphylinidae, Scirtidae, Dytiscidae e Elmidae (Coleoptera).

No mês de novembro o ponto 2 apresentou a maior diversidade de famílias e a maior riqueza de indivíduos. No total foram encontrados 210 indivíduos sendo 1 Gerridae e 7 Mesoveliidae (Hemiptera), 59 Colembolas, 1 Muscidae e 122 Chironomidae (Diptera), 4 Elmidae, 4 Curculionidae, 2 Hydraenidae e 6 Staphylinidae (Coleoptera), 2 Baetidae e 1 Leptohyphidae (Ephemeroptera) e ainda 1 Anisoptera (Odonata).

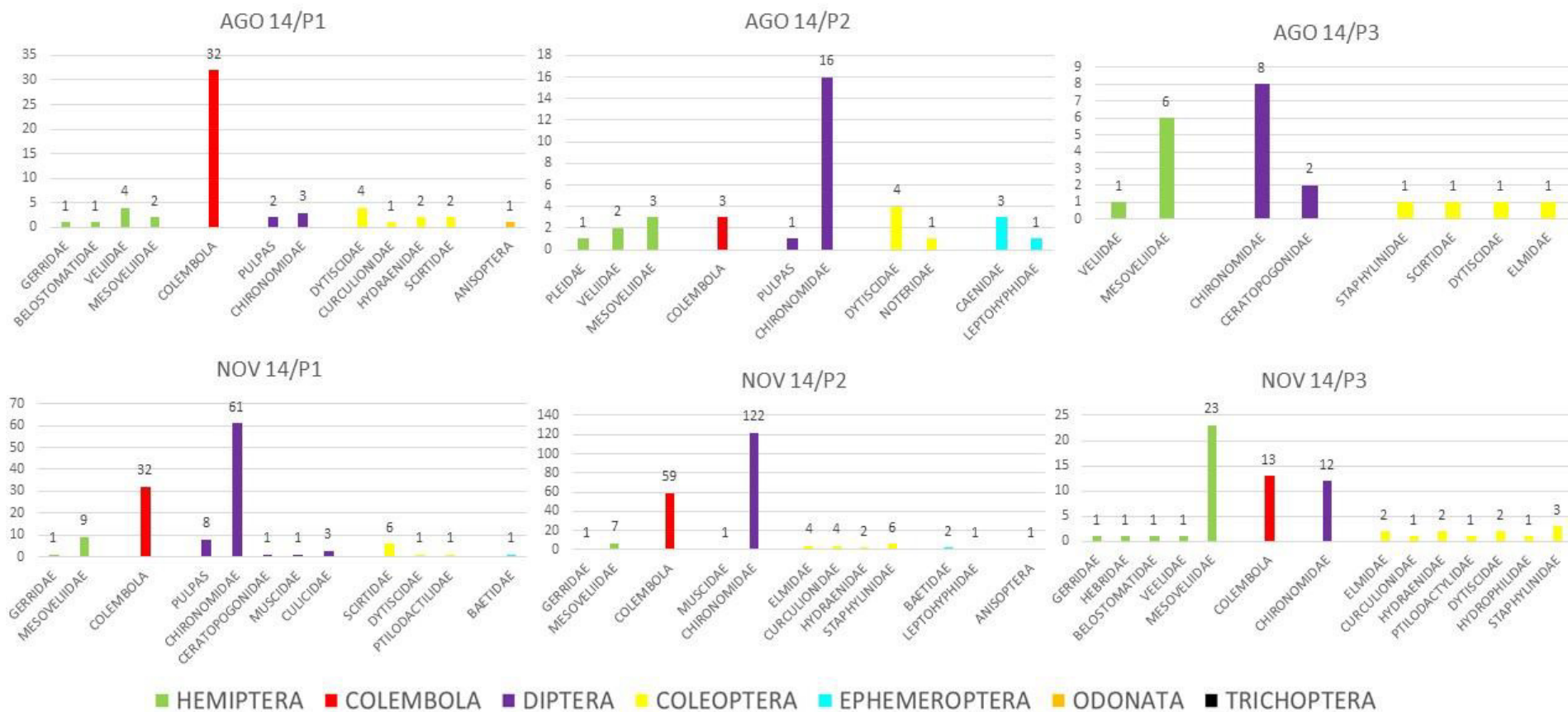


Figura 52. Percentual de famílias encontradas nas coletas do período de estiagem.

No ponto 3 do mês de novembro, o grupo dos Coleópteros foi mais diverso, sendo encontradas 7 famílias, sendo: 2 indivíduos da família Elmidae, 1 Curculionidae, 2 Hydraenidae, 1 Ptilodactylidae, 2 Dytiscidae, 1 Hydrophilidae e 3 Staphylinidae.

Frequência e constância das famílias

Das famílias encontradas 17 foram classificadas como constantes e 12 como acessórias, não sendo registrada nenhuma classificação de famílias acidentais, o que está associado à quantidade de capturas realizadas, que foram apenas 4, dessa forma quando a família ocorreu em apenas 1 captura, já é classificada como acessória, conforme demonstra a Tabela 12.

A frequência relativa mostra a porcentagem das famílias que ocorreram nas coletas. A família Chironomidae (Diptera) cuja a frequência relativa foi de 39,24%, esteve presente em todas as capturas.

As famílias Pleidae (Hemiptera), Noteridae e Hydrophilidae (Coleoptera), Leptophlebiidae (Ephemeroptera) e Hidroptilidae (Tricoptera) e a ordem Thysanoptera foram as que apresentaram menor ocorrência, com valores de frequência relativa de 0,08 %.

Tabela 12. Frequência de ocorrência relativa por família de insetos, do período de fevereiro a novembro de 2014, no baixo curso do rio Itapecuru.

Ordens	Família	FO	CLASSIFICAÇÃO DE BODENHEIMER (1995)	FREQUÊNCIA RELATIVA
Hemiptera	Gerridae	100%	CONSTANTES	2,40
	Corixidae	25%	ACESSÓRIAS	1,74
	Velidae	100%	CONSTANTES	1,49
	Mesovelidae	100%	CONSTANTES	5,38
	Hebridae	75%	CONSTANTES	0,50
	Belostomatidae	50%	CONSTANTES	0,17
	Pleidae	25%	ACESSÓRIAS	0,08
Thysanoptera	-	25%	ACESSÓRIAS	0,08
Colembola	-	100%	CONSTANTES	25,91
Diptera	Chironomidae	100%	CONSTANTES	39,24
	Ceratopogonidae	100%	CONSTANTES	3,48
	Muscidae	75%	CONSTANTES	0,58
	Culicidae	75%	CONSTANTES	0,91
Coleoptera	Elmidae	100%	CONSTANTES	1,16
	Noteridae	25%	ACESSÓRIAS	0,08
	Hydrophilidae	25%	ACESSÓRIAS	0,08
	Sciartidae	100%	CONSTANTES	4,72
	Hydraenidae	50%	ACESSÓRIAS	0,50
	Dytiscidae	100%	CONSTANTES	1,49
	Ptilodactylidae	50%	ACESSÓRIAS	0,25
	Staphylinidae	75%	CONSTANTES	0,91
	Curculionidae	50%	ACESSÓRIAS	0,50
Ephemeroptera	Baetidae	75%	CONSTANTES	4,22
	Leptohyphidae	100%	CONSTANTES	1,24
	Leptophlebiidae	25%	ACESSÓRIAS	0,08
	Caenidae	50%	ACESSÓRIAS	0,50
Odonata	Anisoptera	75%	CONSTANTES	0,25
	Zigoptera	50%	ACESSÓRIAS	0,41
Trichoptera	Hidrotitidae	25%	ACESSÓRIAS	0,08
	TOTAL	-	-	100%

Abundância

Os dados sugerem que a maior abundância espacial ocorreu no ponto de São Miguel com 640 indivíduos capturados, enquanto Santa Luzia teve 252 e Rosário 267 (Figura 53). No entanto, o teste da ANOVA indicou que não há diferença significativa na abundância entre os três diferentes pontos ($F= 1,039$; $p \geq 0,05$).



Figura 53. Abundância espacial dos insetos no trecho inferior do Rio Itapecuru.

Sazonalmente, o teste t mostrou que não há diferenças significativas entre o período chuvoso e o de estiagem ($F=0,9434$; $p = 0,4808$).

Oliveira et al (2006) e Silva et al (2011) argumentam que a abundância do grupo dos insetos está relacionada com a sazonalidade já que as variáveis temperatura, umidade e precipitação regulam o número de indivíduos. No entanto, os mesmos autores salientam que em áreas tropicais os picos de abundância são menos definidos do que em regiões temperadas. Nessas, regiões, existe um gradiente de sazonalidade mais acentuado, conforme pode ser observado para os resultados encontrados no Itapecuru, em que os picos não são tão elevados, mas é perceptível o aumento de indivíduos associado ao período chuvoso.

Também é necessário considerar as condições climáticas das localidades em que os trabalhos de Oliveira et al (2006) e Silva et al (2011) foram desenvolvidos. O primeiro no Estado do Rio Grande do Sul e o outro em Goiás, com características climáticas bem diferentes da realidade Amazônica, especificamente da bacia em estudo, que apresenta sazonalidade bem acentuada.

Outra importante observação é quanto ao ano de coleta dos dados, 2014, em que as precipitações estiveram bem abaixo da média, com aproximadamente 1.600 mm de precipitação anual, em 2017 no mês de junho as precipitações na região, atingiram 2.000 mm, o que, a rigor, pode representar abundância, riqueza e diversidade maior do grupo.

A distribuição espacial das ordens mostrou que a ocorrência se manteve semelhante entre os três pontos, no entanto, apenas em São Miguel foi registrada a ordem Trichoptera, e apenas em Rosário a Thysanoptera, Figura 54.

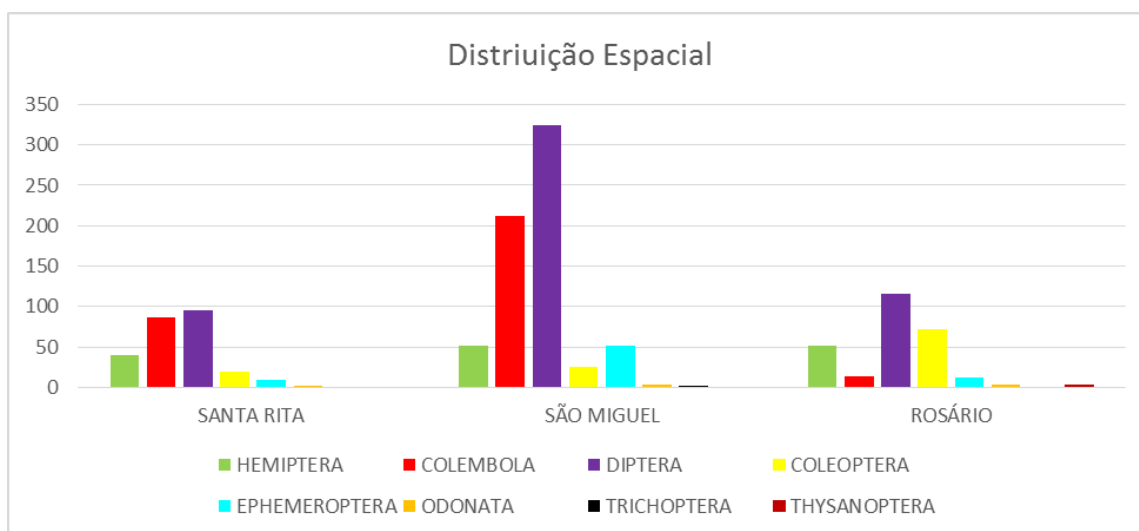


Figura 54. Distribuição espacial das ordens.

As ordens, Hemíptera e Odonata, diferentemente das outras ordens, apresentaram estabilidade quanto a abundância. Os Dípteros foram dominantes em todos os pontos, enquanto os Collembolas e Ephemeropteras foram bem representativos no ponto 2 e os Coleópteras foram mais numerosos no ponto 3. A figura 55, abaixo representa a distribuição temporal das ordens.

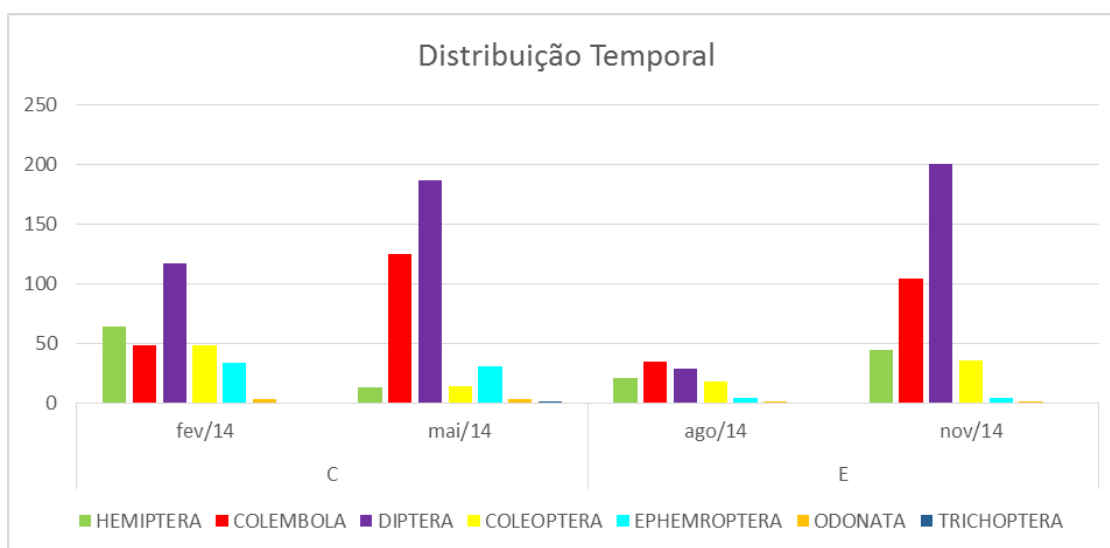


Figura 55. Distribuição temporal das ordens.

A análise de cluster (Figura 56) mostrou que os meses de maio e novembro são mais similares na ocorrência das ordens, sendo o mês de agosto o mais dissimilar. Os meses de Maio e Novembro representam o pico de cheia e estiagem da região.

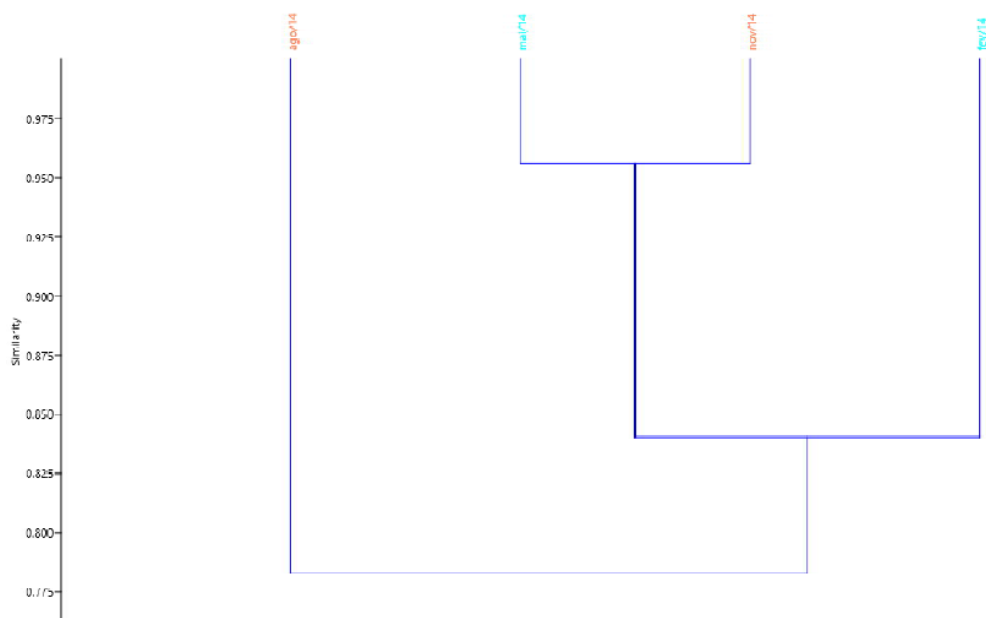


Figura 56. Análise de similaridade temporal da ocorrência das ordens.

O índice de Shannon sugere que existe diferenças significativas entre a diversidade nos três pontos de captura, no ponto 3 (Rosário) foi encontrada a maior diversidade ($H=2,25$), seguida do ponto 1 ($H=1,85$) e do ponto 2 ($H=1,58$). Sazonalmente a maior diversidade ocorreu no período chuvoso ($H= 1,95$), apresentando como valor de diversidade para a estiagem ($H= 1,68$).

6 CONCLUSÕES

O clima para a área de estudo pode ser considerado como do tipo tropical úmido sem estação fria e caracteriza-se por uma distribuição pluviométrica bem definida, com a ocorrência de uma estação chuvosa entre janeiro e julho e uma estação seca entre agosto e dezembro.

Na área são registrados altos níveis de precipitação pluviométrica, dando indicativo de que não há limitações hídricas, no entanto, as observações em relação à normal climatológica indicam existir uma tendência de diminuição das precipitações ao longo dos anos, o que poderá representar diminuições de vazões do rio com consequente alterações na distribuição da biota local.

A maior parte do sentido da corrente é de montante para jusante, isso porque a defasagem é grande e mesmo em maré de enchente o comportamento da corrente demora algum tempo para inverter o sentido de jusante para montante.

Os resultados indicam que o baixo curso do rio Itapecuru apresenta grande variação de marés na dinâmica do fluxo, o que influencia diretamente no aumento e diminuição da cota do rio e no sentido e velocidade da corrente.

A identificação de 63 espécies de peixes para este trecho do rio Itapecuru é um indicativo da relevância ecológica da área. Dessa forma, as coletas representam um avanço no conhecimento da diversidade taxonômica da área. Isso, de certo modo, desconstrói uma ideia tradicional de que o rio Itapecuru é um ambiente de baixa piscosidade.

Os resultados das amostragens revelam tendências de diminuição da captura durante o período chuvoso, sendo associado, principalmente, à limitação natural da realização da atividade pesqueira, neste ambiente, durante este período, no sentido da dificuldade da fixação dos equipamentos de pesca, fruto das fortes vazões que o Itapecuru apresenta durante o primeiro semestre do ano.

A ordem Siluriformes é mais expressiva do ponto de vista do número de famílias, espécies e em termos de abundância, na sequência destacaram-se a ordem Characiformes e Perciformes. O padrão taxonômico reflete uma composição característica para peixes de água doce neotropical, onde as ordens Characiformes e Siluriformes normalmente são as mais especiosas.

A análise espaço-temporal das classes de frequência de ocorrência sugere que as espécies classificadas como "constante" e "altamente constante" tendem a ser mais comuns em Santa Luzia e São Miguel, ao passo que aquelas "pouco constantes" tendem a ser mais frequentes em Rosário. Isso sugere que Rosário é um ambiente mais dinâmico do que os outros dois, ocorrendo substituição constante da ictiofauna, fruto do processo de salinização da água em função da entrada da maré que selecionam, temporalmente, as espécies presentes na área.

A análise dos índices de diversidade, equitabilidade e riqueza das espécies sinalizou que o ambiente não tem apresentado grande alteração com relação à integridade da comunidade ictiofaunística. A análise espacial destes índices também não indicou diferenças significativas, em termos de números, contudo, ressalta-se que em termos qualitativos existe

uma diferenciação nas espécies que compõem os trechos mais à montante em relação à jusante, padrão comum e natural, em função da dinâmica a qual este ambiente está submetido.

As análises de ordenamento em MDS sinalizaram a formação de dois grupos sazonais sendo a abundância e riqueza, os principais responsáveis por tal similaridade. Sendo assim, como as análises estatísticas não indicaram diferenças significativas entre estes dados, entende-se a inexistência de fatores naturais e/ou antrópicos capazes de promover flutuações significativas nas comunidades ícticas do baixo curso do Itapecuru.

Embora os padrões observados não tenham indicado alterações nos valores de diversidade, equitabilidade e riqueza, e a avaliação da composição trófica, também tenha caracterizado o trecho investigado, como ambiente em condições naturais: vale ressaltar, com base em avaliações e observações de campo, a tendência para cenários de degradação deste grupo, sobretudo, associados às alterações sobre a precipitação no baixo curso da bacia e aos múltiplos usos de captação de água podem reduzir significativamente as vazões, velocidade e sentido de correntes. Destaca-se também, as alterações nas variáveis físico-químicas, aos impactos sobre a mata ciliar, fruto do processo de ocupação das margens pelas comunidades ribeirinhas e o constante lançamento de esgotos, principalmente nos trechos mais próximos ao município de Rosário.

A ocorrência de 6 ordens de insetos e da classe Collembola para o trecho em estudo no rio Itapecuru é um indicativo da relevância ecológica da área. Essas ocorrências representam um avanço no conhecimento da diversidade taxonômica do grupo na área.

A maior diversidade de organismos ocorre no período chuvoso em que as condições naturais tornam-se mais favoráveis para o desenvolvimento de vários grupos, da mesma forma essa diversidade apresentou-se maior no ponto mais a jusante de coleta em que existe uma maior influência da maré que seleciona os grupos presentes na área.

Este trabalho supre uma lacuna importante no conhecimento da ictiofauna e da comunidade de insetos do baixo curso de uma bacia pre amazônica, através do inventariamento das espécies e o reconhecimento dos principais fatores que influenciam sua distribuição, constituindo uma etapa fundamental para o conhecimento da estrutura e do funcionamento dinâmico desses sistemas, dos quais as populações locais dependem fortemente como fonte de proteína e renda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, F. A.; REIS, P. R.; MARAFELI, P. P.; SILVA, R. A.; BERNARDI, L. F. O.; CARVALHO, C. F. Influência da precipitação pluvial na abundância de ácaros em Cafeeiro. **Coffee Science**. Lavras, v. 9, n. 3, p. 329-335, jul./set. 2014.
- ALBERT, J.; PETRY, P.; REIS, R. Major Biogeographic and phylogenetic Patterns. In: Albert J, Reis, R. E. Historical Biogeography of Neotropical freshwater fishes. **Berkeley: University of California Press**; 2011. p. 21-57.
- ALBINATI, A. C. L., E. L. T. MOREIRA, R. C. B. ALBINATI, J. V. CARVALHO, G. B. SANTOS & A. D. LIRA. 2007. Toxicidade aguda do herbicida roundup® para piaçu (*Leporinus macrocephalus*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 8(3): 184-192.
- ALCANTARA, E. H. Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru, Maranhão – Brasil. **Caminhos da Geografia**, 7 (11) 97-113, fev/2004. Disponível em: www.igufubrcaminhosdageografia.html.
- ALMEIDA, S.S.; AMARAL, D. D.; SILVA, A. S. L. Análise florística e estrutura de florestas de várzea no estuário amazônico. **Acta Amazonica**. vol. 34(4) 2004: 513 - 524
- ANA, Agência Nacional de Águas. HidroWeb, Sistema de Informações Hidrológicas. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb/HidroWeb.asp>. Arquivo capturado em 2014.
- ARAUJO, A.P. Dinâmica fluvial e regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio Paranapanema. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente. 2011. 198p.
- ARIMORO, F.O.; IKOMI, R.B. 2009. Ecological integrity of upper Warri River, Niger Delta using aquatic insects as bioindicators. **Ecological Indicators**, 9: 455-461.
- ARRATIA, G., Kapoor, B.G., Chardon, M., Diogo, R. 2003. Catfishes. 2 vol., Plymouth: Science Publishers, 844 pp.
- ASSIS, J.M.O.; LACERDA, F.F.; SOBRAL, M.C.M. Análise de detecção de tendências no padrão pluviométrico na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.2, p.320-331, 2012.
- BAILEY, R.C.; NORRIS, R.H.; REYNOLDSON, T.B. 2004. Bioassessment of freshwater ecosystems using the reference condition approach. **Kluwer Academic Publishers**, Norwell, 170p.
- BARLETTA, M., BARLETTA-BERGAN, A., SAINT-PAUL, U.; HUBOLD, G. Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caete Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). **Marine Ecology Progress Series**, n. 256, p. 217–228. 2003
- BARROS, D.F., TORRES, M.F. & FRÉDOU, F.L. Ictiofauna do estuário de São Caetano de Odivelas e Vigia (Pará, Estuário Amazônico). **Biota Neotropica**. 11(2): 2011. <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n2/pt/abstract?inventory+bn04111022011>
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. RESOLUÇÃO nº 357 de 18 de maio de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

- BECKER, A. G., B. S. MORAES, C. C. MENEZES, V. L. LORO, D. R. SANTOS, J. M. REICHERT & B. BALDISSEROTTO. Pesticide contamination of water alters the metabolism of juvenile silver catfish, *Rhamdia quelen*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 72(6): 1734-1739. 2009.
- BECKER, F. G. Distribuição e abundância de peixes de corredeiras e suas relações com características de habitat local, bacia de drenagem e posição espacial em riachos de Mata Atlântica (bacia do rio Maquiné, RS, Brasil). **Tese de doutorado**, Universidade Federal de São Carlos. 2002. 190 p.
- BEGON, M.; HARPER, J.; TOWNSEND, C. 2007 Ecologia: de Indivíduos a Ecossistemas. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed Editora S/A. 740 p.
- BENNEMANN, S.T, GEALH, A.M, ORSI, M.L & SOUZA, L.M. 2005. Ocorrência e ecologia trófica de quatro espécies de *Astyanax* (Characidae) em diferentes rios da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. Iheringia, **Série Zoologia**, 95(3):247-254. Porto Alegre.
- BEZERRA, D.S. Análise dos Manguezais submetidos a Impactos Ambientais no terminal Portuário do Itaqui, São Luis, MA. Monografia curso de Ciências Aquáticas da Universidade Federal do Maranhão – UFMA. 2005, 41p.
- BIGARELLA, J.J. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Volue III. Florianópolis: UFSC. 2003.
- BIRINDELLI, J.L.O. & SABAJ PÉREZ, M.H. 2011. Ossancora, new genus of thorny catfish (Teleostei: Siluriformes: Doradidae) with description of one new species. **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, 161: 117–152.
- BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. **Rev. Odontol. Univ.** Cidade São Paulo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006.
- BOYERO, L.; RINCÓN, P.A.; PEARSON, R.G. 2008. Effects of a predatory fish on a tropical detritus-based food web. **Ecological Research**, 23: 649-655.
- BRITSKI, H.A. Peixes de água doce do Estado de São Paulo. **Sistemática**, p 79-108. In Poluição e Piscicultura: notas sobre poluição, ictiologia e piscicultura. 216 p. Com. Int. Bacia Paraná- Uruguai e Fac. Saúde Pública, USP, São Paulo, 1972.
- BRITSKI, H.A; SATO, Y; ROSA, A. B.S. Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco – 3 ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Cordenação de publicações – CODEVASF, Divisão de Piscicultura e Pesca, 1988.
- BUDKE, J.C. Pulso de inundação, padrões de diversidade e distribuição de espécies arbóreas em uma floresta ribeirinho Sul do Brasil. **Tese (doutorado)** – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Biociências, 2007. 195f.
- BURGESS, W.E. 1989. An Atlas of Freshwater and Marine Catfishes. A Preliminary Survey of Siluriformes. T.F.H. **Publications**, Neptune, NJ.
- BUSS, D.F.; OLIVEIRA, R.B.; BAPTISTA, D.F. 2008. Monitoramento Biológico de ecossistemas aquáticos continentais. In: Baptista, D.F.; Buss, D.F.; Oliveira, R.B.S. (Ed.). Oecologia Uso de insetos aquáticos na avaliação de impactos antrópicos em ecossistemas aquáticos 125 Brasiliensis. v. 12. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p.339-345.

- CALOR, A.R., 2008. A new species of *Notalina* Mosely, 1936 (Trichoptera: Leptoceridae) from Chapada dos Veadeiros National Park, Goiás state, Brazil. *Biota Neotropica*, 8: 175-178.
- CANONICO, F.G. Condição Ambiental de dois ribeirões rurais do município de Rolândia, Paraná, Brasil, observada com o estudo da ictiofauna. 2011. Dissertação de Mestrado. Mestrado em ciências biológicas. Londrina –PR. 80p.
- CASATTI, L., F. LANGEANI & C. P. FERREIRA. Effects of Physical Habitat Degradation on the Stream Fish Assemblage Structure in a Pasture Region. **Environ Manage**, 38: 974–982. 2006.
- CASTRO, DMP.; HUGHES, RM.; CALLISTO, M. Influence of peak flow changes on the macroinvertebrate drift downstream of a Brazilian hydroelectric dam. **Braz. J. Biol.**, 2013, vol. 73, no. 4, p. 775-782
- CASTRO, R. J.; FORESTI, F.; CARVALHO, E.D. Composição e abundância da ictiofauna na zona litorânea de um tributário, na zona de sua desembocadura no reservatório de Jurumirim, Estado de São Paulo. 2003. Brasil. **Acta Scientiarum**. v 25. n 1. p 63-70.
- CHENG, L. (ed) Marine Insects. Noth-holland publishing company, Amsterdam – Oxford:377-414. 1976.
- CHOW, V. T. 1964. Handbook of Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Company, New York. 1418p.
- COMPIN, A.; CÉRÉGHINO, R. 2003. Sensitivity of aquatic insect species richness to disturbance in the Adour-Garonne stream system (France). **Ecological Indicators**, 3: 135-142.
- CONSOLI, R. A. G. B. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil / Routraut A. G. B. Consoli, Ricardo Lourenço de Oliveira. - Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994. 228p.
- COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL DO ESTADO DO MARANHÃO-CEDEC-MA. Avaliação de Danos. 2012.
- CORBI, J.J.; KLEINE, P.; TRIVINHO-STRIXINO, S. 2013. Are aquatic insect species sensitive to banana plant cultivation? **Ecological Indicators**, 25: 156-161.
- CORBI, J.J.; TRIVINHO-STRIXINO, S. 2006. Influence of taxonomic resolution of stream macroinvertebrate communities on the evaluation of different land uses. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 18: 469- 475.
- COUCEIRO, S.R.M.; HAMADA, N., LUZ, S.L.B.; FORSBERG, B.R.; PIMENTEL, T.P. 2007. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. **Hydrobiologia**, 575: 271-284.
- COUCEIRO, S.R.M.; HAMADA, N.; FORSBERG, B.R.; PIMENTEL, T.P.; LUZ, S.L.B. 2012. A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. **Ecological Indicators**, 18: 118-125.
- CUNHA, A. C. BRASIL JR, A. C. P.; COLEHO, J. G.; CUNHA, H. F. A.. (2007). Estudo experimental e numérico da dispersão de poluentes sob efeito de marés na foz do rio Matapi – Distrito Industrial de Santana – AP. **VIII Ecolab**, (pp.40-44). Macapa-AP.
- CUNHA, A.C.; PINHEIRO, L. A. R.; CUNHA, H. F. A.; SCHULZ, H.E.; BRASIL JR, A. C. P.; SOUZA, E. B. Simulação da hidrodinâmica e dispersão de poluentes com monitoramento virtual no rio Matapi. 2011. **Revista de estudos ambientais**. v 13, p. 18-32.

CUNHA, A.C.;BRITO, D. C.; BRASIL JR, A. C. P.; PINHEIRO, L. A. R.; CUNHA, H. F. A.; SANTOS, E.; KRUSCHE. Challenges and solutions for hydrodinamic and water quality in river Amazon Basin. 2011. In **Hidrodynamics Natural Water Bodies**. Book 2. Editores Hary Edmar Schulz, André Simões, e Raquel Lobosco.

CUNICO, A.M.; AGOSTINHO, A.A. E LATINI, J.D. Influência da urbanização sobre as assembleias de peixes em três córregos de Maringá, Paraná. **Revista Brasileira de Zoologia**. V.23, n.4, p.1101-1110. 2006.

DE PINNA, M.C.C. (1998). Phylogenetic relationships of Neotropical Siluriformes (Teleostei: Ostariophysi): historical overview and synthesis of hypotheses. IN: Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes. (Malabarba, L.R., Reis, R.E., Vari, R.P., Lucena, Z.M.S., Lucena, C.A.S., eds). EDIPUCRS, Porto Alegre, Brasil, 279-330 pp.

DEHARVENG, L. 2004. Recent advances in Collembola systematics. **Pedobiologia**, 48: 415-433.

Diretoria de Hidrografia e Navegação/Ministério da Marinha – DNH/MM, 2012a. Tábuas de marés para o Porto de São Luís-MA, Ano 2012.

Diretoria de Hidrografia e Navegação/Ministério da Marinha – DNH/MM, 2012b. Tábuas de marés para o Terminal da Alumar, Ano 2012.

EIGENMANN, C.H.; EIGENMENN, R.S. A revision of the South American Nematognathi or cat – fishes. **Occasional Papers of the California Academy of Sciences, San Francisco**, 508p. 1890.

EL-ROBRINI, M.; MARQUES J., V.; DA SILVA, M. M. A.;| EL-ROBRINI, M. H. S.; FEITOSA, A. C.; TAROUCO, J. E. F.; SANTOS, J. H. S.; VIANA, J. R. Erosão e progradação do litoral brasileiro – Maranhão. P. 87-130.

EMBRAPA (2004). Aplicação do Biomonitoramento para Avaliação da qualidade da água em Rios. Jaguariuna – São Paulo. 68p.

FAUSCH, K.D.; LYONS, J.; KARR, J & ANGERMEIER, P. Fish communities as indicators of environmental degradation. **American Fisheries Society Symposium**, n 8, p. 123-144, 1990.

FAVERO, J.M. Ictiofauna de ambientes praias da barra sul do Sistema costeiro Cananéia-Iguape, São Paulo. Dissertação. 174p. 2011.

FERRARIS, C.J. 1998. Catfishes and knifefishes. In: Encyclopedia of fishes (Paxton, J.R., Eschmeyer, W.N., eds.). 2a. ed., Academic Press, San Diego, pp. 106-112.

FERRARIS, C.J. 2007. Checklist of catfishes, recent and fossil (Osteichthyes: Siluriformes), and catalogue of siluriform primary types. *Zootaxa*, 1418: 1-628

FERNADEZ- YÉPEZ, A. F. Contribucion al conocimiento de la familia Doradidae em Venezuela. **Bol. Inst. Oceanog. Univ. Oriente**. Vol 7, n1, p 7-72, 1968.

FIDELIS, L.; NESSIMIAN, J. L.; HAMADA, N. Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. **Acta Amaz.** Manaus vol. 38(1) 2008: 127 - 134

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FOWLER, H. W. A collection of freshwater fishes obtained in Eastern Brazil by Dr. Rodolpho von Ihering. **Proc Acad. Nat. Sci. Phila.** p123-199. 1941.

FREIRE, C.A.; CAVASSIN, F.; RODRIGUES, E.N.; TORRES, A.H.; MCNAMARA, J.C. 2003. Adaptive patterns of osmotic and ionic regulation, and the invasion of fresh water by

the palaemonid shrimps. **Comparative Biochemistry Physiology**, New York, 136A: 771–778.

FREIRE, C.A.; AMADO, E.M.; SOUZA L.R.; VEIGA, M.P.T.; VITULE, J.R.S.; SOUZA, M.M.; PRODOCIMO, V. 2008 Muscle water control in crustaceans and fishes as a function of habitat, osmoregulatory capacity, and degree of euryhalinity. **Comparative Biochemistry Physiology**, New York, 149A: 435–446.

FRICK, J.M. (2011). Estudo do monitoramento de efluentes líquidos industriais de frigoríficos no Rio Grande do Sul. Trabalho de Diplomação em Engenharia química. UFRS.

FROESE, R. & PAULY, D. (Eds.) FishBase. World Wide Web electronic publication, www.fishbase.org, version (09/2009). 2009.

GANTES, M.L. Composição e estrutura da comunidade de insetos de uma marisma da Ilha de Pólvora (Rio Grande, Brasil). Dissertação (mestrado) Universidade Federal do Rio Grande. Pós-graduação em oceanografia biológica. 48p. 2011.

GARRISON, R.W.; VON ELLENRIEDER, N.; LOUTON, J.A. 2006. Dragonfly Genera of the New World – An illustrated and annotated key to the Anisoptera. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA, 366p.

GARRISON, R.W.; VON ELLENRIEDER, N.; LOUTON, J.A. 2010. Damselfly genera of the New World. An Illustrated and Annotated Key to the Zygoptera. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA. 490p.

GERHERD, T.E & SILVEIRA, D. T. Métodos de pesquisa. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2009.

GÉRY, J. 1977. Characoids of the world. T.F.H. Publications, Neptune City, New Jersey.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODIN, G., 1999. “The Propagation of Tides up Rivers with Special Considerations on the Upper Saint-Lawrence River”. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 48, pp. 307-324.

GONÇALVES, J.F.JR.; REZENDE, R.S.; GREGÓRIO, R.S.; VALENTIN, G.C. 2014. Relationship between dynamics of litterfall and riparian plant species in a tropical stream. **Limnologia**, 44: 40–48

GRAHAM, N. E. Decadal-scale climate variability in the tropical and North Pacific during the 1970s and 1980s: Observations and model results. **Climate Dynamics**. vol. 10: 135-162, 1994.

GUÉROLD, F. 2000. Influence of taxonomic determination level on several community indices. **Water Research**, 34: 487-492.

HAMADA, N.; COUCEIRO, S.R.M. 2003. An illustrated key to nymphs of Perlidae (Insecta: Plecoptera) genera in Central Amazonia, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 47: 477-480.

HASHIMOTO, H. Non-biting midges of marine habitats (díptera: Chironomidae). In: CHENG, L. (ed) Marine Insects. Noth-holland publishing company, Amsterdam – Oxford:377-414. 1976.

HERCOS, A. P. 2006. Diversidade e Variabilidade espaço-temporal da ictiofauna da Região estuarina do rio Curuçá, Pará, Brasil. Dissertação de Mestrado.

HERING, D.; JOHNSON, R.K.; KRAMM, S.; SCHMUTZ, S.; SZOSZKIEWICZ, K.; VERDONSCHOT, P.F.M. 2006. Assessment of European streams with diatoms,

- macrophytes, macroinvertebrates and fish: a comparative metric-based analysis of organism response to stress. **Freshwater Biology**, 51: 1757-1785.
- HURRELL, J. W.; van LOON, H. Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation. **Climatic Change**, vol. 36, pp. 301-326, 1997.
- HYNES, H.B.N. 1970a. The ecology of stream insects. **Ann. Ver. Ent.**, 15: 25-42.
- IBGE (1998). Subsídios ao Zoneamento Ecológico-Econômico da Bacia do Rio Itapecuru. Diretrizes gerais para ordenação territorial. Rio de Janeiro. 183p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE IPCC 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis-Contribution of Working Group 1 to the IPCC Third Assessment Report. Cambridge Univ. Press. 2001.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate change 2014: working group II: Impacts, adaptations and vulnerability. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/index.htm>. Acesso em: setembro de 2015.
- IPPEN, A.P., HARLEMAN, D.R.F, 1966, "Tidal Dynamics in Estuaries". In: Ippen, A.P. (ed). **Estuary of Coastline Hydrodynamics**, chapter 10, New York, USA, Mc Graw Hill Book.
- ISBRÜCKER, I. J. H. Descriptions preliminaires de nouveaux taxa de la famille des Loricariidae. *Revue Francaise d'aquariologie herpetologie*, 5(4):86-116. 1979.
- KIKUCHI, R.M.; UIEDA, V.S. 1998. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In: Nessimian, J.L.; Carvalho, A.L. (Eds.), *Ecologia de insetos aquáticos. Series Oecologia Brasiliensis*, vol.V. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro. p.157-173.
- KISS, K.; ACS, E.; BARKACS, K.; BORICS, G.; BÖDDI, B.; ECTOR, L.; SOLYMOS, G.K.; SZABO, K.; VARGA, A.; VARGA, I. 2002. Qualitative short-term effects of cyanide and heavy metal pollution on phytoplankton and periphyton in the Rivers Tisza and Szamos (Hungary). **Archiv für Hydrobiologie**, 13: 47-72.
- KUHLMMANN, M. L. Estudo da Comunidade de invertebrados benônicos da zona profunda da Represa de Paraibuna, SP. Dissertação de Mestrado. São Paulo, USP. 158p., 1993.
- LANDEIRO, V.L.; HAMADA, N.; MELO, A.S. 2008. Responses of aquatic invertebrate assemblages and leaf breakdown to macroconsumer exclusion in Amazonian "terra firme" streams. **Fundamental and Applied Limnology**, 172: 49-58.
- LASIAK, T.A. 1984. Structural aspects of the surf-zone fish assemblage at King's Beach, Algoa Bay, South Africa: short term fluctuations. *Estuar., coast. Shelf. sci.*, v.18, n.3, p.347-360
- LEMO, D. C. Levantamento da problemática ambiental nas nascentes do rio Itapecuru. Parque Estadual do Mirador - MA. DEGEO, UFMA. 2002. Perspectiva de continuidade ou desdobramento do projeto.
- LENCIONI, F.A.A. 2005. Damselflies of Brazil. An illustrated identification guide I - The non-Coenagrionidae families. 1ª. ed., All Print Ed., São Paulo, Brasil.
- LENCIONI, F.A.A. 2006. Damselflies of Brazil - An Illustrated identification guide – 2 - Coenagrionidae. All Print Editora, São Paulo, 419p.

- LUCENA, D.B; GOMES FILHO, M. F & SERVAIN, J. 2011. Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos oceanos pacífico e atlântico sobre a estação chuvosa no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**. V 26. N02. P 297-312
- LUDWIG, J.A.; REYNOLDS, J.F. Statistical ecology: a primer on methods and computing. **New York: John Wiley & Sons**, 1988.
- McGILL, B. J. Species abundance distributions. In Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment (Magurran, A. E. & McGill, B. J., eds), pp. 105–122. Oxford: Oxford University Press. 2011.
- MARCHIORI, C.H.; LINHARES, A.X. ECOLOGIA, COMPORTAMENTO E BIONOMIA. Constância, Dominância e Frequência Mensal de Dípteros Muscóides e seus Parasitóides (Hymenoptera e Coleoptera), Associados a Fezes Frescas de Bovinos, em Uberlândia, MG. **An. Soc. Entomol. Brasil** 28(3) 375. 1999.
- MARANHÃO. Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Laboratório de Geoprocessamento. **Atlas do Maranhão**. São Luís, 2006.
- MARENGO, J. 2006: On the Hydrological Cycle of the Amazon Basin: A historical review and current State-of-the-art, no prelo, **Revista Brasileira de Meteorologia**.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CHOU, S. C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES L. M.; OBREGÓN, G. O.; SOARES, W. R.; BETTS, R.; KAY, G. Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil: análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia. Projeto colaborativo realizado pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), do Brasil e o Met Office Hadley Centre (MOHC), do Reino Unido. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, BRA e Met Office Hadley Centre, U.K.: 2011. 55p.
- MARTÍN, G.; ALCALÁ, E.; SOLÁ, C.; PLAZUELO, A.; BURGOS, M.D.; REYES, E.; TOJA, J. 2004. Efecto de la contaminación minera sobre el perifiton del río Guadamar. **Limnetica**, 23: 315-330.
- MARTINS, R.T.; OLIVEIRA, V.C.; SALCEDO, A.K.M. Uso de insetos aquáticos na avaliação de impactos antrópicos em ecossistemas aquáticos. Cap. 7, Pg 117-128. In: HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L.; QUERINO, R.B. Insetos aquáticos na Amazônia brasileira : taxonomia, biologia e ecologia. Manaus : Editora do INPA, 2014. 724 p.
- MATTHEWS, W. J. Patterns in freshwater fish ecology. **Chapman & Hall & International Thompson Publishing**, 1998. 756 p.
- MEDEIROS, R. Itapecuru: águas que correm entre pedras. 2011. São Luís/MA.
- MEES, G. F. The Auchenipteridae and Pimelodidae of Suriname (Pisces, Nematognathi). **Zool. Verhandl. Leiden**, 132: 1-256. 1974.
- MELO, T. 2002. Dinâmica de Nutrientes e da Matéria Orgânica em um Manguezal NE da Ilha de São Luis (MA). UFPA/CPGG, Tese de Doutorado: 152p.
- METCALFE, J.L. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. **Environmental Pollution**, 60: 101-139.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-MMA, 2006. **Plano Nacional de Recursos Hídricos** Ministério de Meio Ambiente Secretaria de Recursos Hídricos Agência Nacional de Água. 143p.

- MINNS, C. K.; KELSO, J. R. M. & RANDALL, R. G. Detecting the response of fish to habitat alterations in freshwater ecosystems. **Canadian Journal of Fishers and Aquatic Sciences**, v. 5, p. 403-414. 1996.
- MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira Meteorologia**, 17(1)1-10, 2002.
- MOOIJ, W.M.; DOMIS, L.N.S.; JANSE, J.H. Linking species and ecosystem-level impacts of climate change in lakes with a complex and a minimal model. **Ecological modeling**, v. 220, n. 21, p. 3011-3020, 2009.
- MOREIRA, C.R. Relações filogenéticas na ordem Characiformes (Teleostei: Ostariophysi). Tese de doutorado. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. 468p. 2007.
- MUSTE, M; KIM,D & MERWADE,V. (2010). Modern Digital Instruments and Techniques for Hydrodynamic and Morphologic Characterization of River Channels. 42P.
- NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; MAKRAKIS, M. C.; PAVANELLI. Ovos e larvas de peixe de água doce: desenvolvimento e manual de identificação. Maringá: EDUEM, 2001. 378 p.
- NEISS, U.G.; HAMADA, N. Ordem Odonata. Cap. 14, pag 217-284. In: HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L.; QUERINO, R.B. Insetos aquáticos na Amazônia brasileira : taxonomia, biologia e ecologia. Manaus : Editora do INPA, 2014. 724 p.
- NELSON, J.S. (1994). Fishes of the world. 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
- NELSON, J.S. 2006. Fishes on the Word. 4ª edição. John Wiley & Sons. New York . 601p.
- NUCLEO GEOAMBIENTAL – NUGEO. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO. Bacias Hidrográficas - Subsídios para o Planejamento e a Gestão Territorial. 47p. São Luís-MA. 2011.
- OLIVEIRA, V.C., MARTINS, R.T.; ALVES, R.G. 2010. Evaluation of water quality of an urban stream in southeast Brazil using Chironomidae larvae (Insecta: Diptera). **Neotropical Entomology**, 39: 873-878.
- O'MEARA, G.F. Saltmarsh mosquitos (Diptera: Culicidae). In: CHENG, L. (ed) Marine Insects. Noth-holland publishing company, Amsterdam – Oxford:377-414. 1976.
- OTA, R.R; MENSAGEM, H.J; GRAÇA, W.J & PAVANELLI, C.S. 2015. Neotropical Siluriformes as a model for Insights on determining biodiversity of animal groups. **PLoS One**, 2015; 10 (7): e0132913.
- PAZ, A.R.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Simulação hidrológica de rios com grandes planícies de inundação. 2009. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 19p.
- PEREIRA, D.L.V.; MELO A.L. Aquatic and semiaquatic Heteroptera (Insecta) from Pitinga, Amazonas, Brazil. **Acta Amazonica**. vol. 37(4) 2007: 643 – 648.
- PETRY, A. C. & SCHULTZ, U. H. Levantamento da comunidade de peixes do rio Sinos, RS. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 23, n. 1, p. 49-58. 2001.
- PETTS, G.; CALOW, P. River biota - Diversity and dynamics. London: Blackwell, 1996. 257 p.

- PEZZI, L. P., CAVALCANTI, I. F. A. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South América: a numerical study. **Climate Dynamics**, v. 17, p. 205-212, 2001
- PIELOU, EC. Uma introdução à ecologia matemática. **Wiley Interscience**. John Wiley & Sons, New York 1969. VIII + 286 S., 32, Preis ABB. 140 s.
- PIORSKI, N.M.; CASTRO, A.C.L.; PEREIRA, L.G.; MUNIZ, M.E.L. Ictiofauna do trecho inferior do rio Itapeturu, Nordeste do Brasil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, 11: 15-24. 1998.
- PIORSKI, N. M.; CASTRO, A. C. L.; SOUSA-NETO, A. M. Ichtyofauna from the Cerrado of the southern Maranhão. Pp. 197-212. In: L. Barreto (Eds.). North Cerrado of Brazil. Pelotas, RS, USEB, 378p. 2007.
- PIORSKI, N.M.; GARAVELLO, J.C.; ARCE, M. & SABAJ PÉREZ, M.H. 2008. *Platydoras brachylecis*, a new species of thorny catfish (Siluriformes: Doradidae) from northeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, 6(3): 481–493.
- POFF, N. L., AND J. V. WARD. 1989. Implications of streamflow variability and predictability for lotic community structure: a regional analysis of stream flow patterns. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 46:1805–1818.
- POSTEL, S.; RICHTER, B. “Rivers for life: managing water for people and nature” 2003. Island Press. Washington. 253 p.
- PRINGLE, C.M.; HAMAZAKI, T. 1998. The role of omnivory in a neotropical stream: separating diurnal and nocturnal effects. **Ecology**, 79: 269-280.
- QUEIROZ, H. L. Classification of water bodies based on biotic and abiotic parameters at the várzeas of Mamirauá reserve, Central Amazon. **Uakari**, v. 3, n. 2, p. 19-34, 2007.
- RABELO, T.O.; LOUZEIRO, A.S.; DENACHE, U.D .V. Catástrofes naturais no Maranhão: As principais cidades afetadas pelas enchentes do Rio Itapeturu. 2012. Anais **9º Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Rio de Janeiro.
- REGAN, C. T. A monograf of the fishes of the family Loricariidae. **Trans. Zool. Soc. London**, 17(3):191-350, pls. 9-21. 1904.
- REID, D. J., G. P. QUINN, P. S. LAKE & P. REICH. Terrestrial detritus supports the food webs in lowland intermittent streams of south-eastern Australia: a stable isotope study. **Freshwater Biology**, 53: 2036–2050. 2008.
- REIS, R.E., Kullander, S.O., Ferraris Jr., C.J. 2003. Check list of the freshwater fishes of South America. Porto Alegre: **Edipucrs**, 729 pp.
- ROBINSON, C. T.; REED, L. M.; MINSHALL, G. W. Influence of flow regime on life history, production and genetic structure of *Baetis tricaudatus* (Ephemeroptera) and *Hesperoperla pacifica* (Plecoptera). Journal of the North American **Benthological Society**, v. 11, p. 278-289, 1992.
- RODRIGUES, M.; GAMARO, P.E. M.; SILVA, L. L.; RIBEIRO, M. O. ; MANZOCHI, J. M. G. Aquisição de Dados Hidrológicos para os Sistemas de Informações de Recursos Hídricos : Quando começar?. In: **XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2005, João Pessoa/PB. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005.
- ROSENBERG, D.; RESH, V. 1993. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. **Chapman & Hall**, New York, 488p.

- ROSENBERG, D.M. 1992. Freshwater biomonitoring and chironomidae. **Netherland Journal of Aquatic Ecology**, 26: 101-122.
- SANTANA, F. M. S.; SEVERI, W. 2009. Composição e estrutura da assembleia de peixes da zona de arrebentação da praia de Jaguaribe, Itamaracá (PE). **Bioikos**, Campinas: 23, pp.3-17.
- SANTOS, G.M.; MÉRONA, B.; JURAS, A.A. & JÉGU, M. Peixes do baixo rio Tocantins: 20 anos depois da Usina Hidrelétrica Tucuruí. Eletronorte. 216p. 2004.
- SCHUCK, A. Utilização do acoustic doppler profiler (adp) para a estimativa da concentração de sedimentos em suspensão (css) e turbidez. 2013. Dissertação Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. RS. 2013.
- SEGURA, M. O.; VALENTE-NETO, F.; FONSECA-GESSNER, A. A. Family level key to aquatic Coleoptera (Insecta) of Sao Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica*, v. 11, n.1, p. 393-412. 2011. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/en/abstract?article+bn02711012011>. Acesso em 23: mar. 2011
- SHANNON, R. Methods for collecting and feeding mosquitos in jungle yellow fever studies. 1939. **Amer. Journ. Trop. Med.**, 19:131-140.
- SILVA, F.B.; SANTOS, J.R.N.; SILVA FEITOSA, F.E.C.; SILVA, I.D.C.; SANTOS DE ARAÚJO, M. L.; GUTERRES, C.E.; SANTOS, J.S.; RIBEIRO, C.V.; BEZERRA, D.S.; NERES, R.L. Evidências de Mudanças Climáticas na Região de Transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 3, 330-336, 2016
- SILVA, F.M.S. Biologie, Pêche et Dynamique de la Population de Mulet Blanc (*Mugil curema*, Valenciennes, 1836) de Pernambuco-Brasil. 2007. 260f Tese (Doutor em Oceanografia Biológica) – Université de Bretagne Occidentale, França.
- SILVA, R. N. M.; SILVA, M. N. S.; GOMES, V.; SENA, A. M. S. Caracterização dos impactos ambientais no rio Itapecuru no trecho entre Veneza e Raízes na cidade de Caxias-MA (2007). **8º Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos dos Países de Língua oficial portuguesa**. ABRH. 25-29 novembro 2007. São Paulo-SP. 8p.
- SILVIA, D. J.; CONCEIÇÃO, G. M. Rio Itapecuru: Caracterização Geoambiental e Socioambiental, Município de Caxias, Maranhão, Brasil. 2011. **SCIENTIA PLENA VOL. 7, NUM. 1. 26p.**
- SILVA, F.B; SANTOS, J.R.N; FEITOSA, F.E.C.S; SILVA, I.D.C; ARAÚJO, M.L.S; GUTERRES, C.E; SANTOS, J.S; RIBEIRO, C.V; BEZERRA, D.S & NERES, R.L. Evidências de Mudanças Climáticas na Região de Transição Amazônia – Cerrado no Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 3, 330-336, 2016
- SMITH, W. S.; BARRELA, W. & CETRA, M. 1997. Comunidade de peixe como indicadora de poluição ambiental. **Revista Brasileira de Ecologia**, 1(1):67-71.
- SOARES, A.A. Estudos filogenéticos na superfamília Loricarioidea (Teleostei: Siluriformes) com base em sequências de DNA nuclear e mitocondrial. Tese de doutorado em Zoologia. 2008. Botucatu – São Paulo. 98f.
- SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. (E.D). Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University, p.996, 2007.

- SONODA, K.C. 2010. Variação temporal da fauna de insetos aquáticos do córrego Sarandi, DF. 1st ed. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Cerrados, Brasília, 73p.
- SOUZA, L.O.I.; COSTA, J.M.; OLDRINI, B.B. 2007. Odonata. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia> online.
- STENSETH, N. C. et al. Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. **Proceeding Royal Society London**. Published online, doi: 10.1098/rspb.2003.2415., 10 pp, 2003.
- TAYLOR, J.J.; SOUTHGATE P.C.; ROSE R.A. 2004 Effects of salinity on growth and survival of silver-lip pearl oyster (*Pinctada maxima*, Jameson) spat. **Journal of Shellfish Research**, Hanover, 23(2): 375-377.
- TEJADAS, B. E.; BRAVO, J. M.; SANAGIOTTO, D. G.; TASSI, R.; MOTTA MARQUES, D. M. L. Projeções de Vazão Afluente à Lagoa Mangueira com Base em Cenários de Mudanças Climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 3, 262-272, 2016.
- TEUGELS, G.G. 1996. Taxonomy, phylogeny and biogeography of catfishes (Ostariophysi, Siluroidei); an overview. *Aquat. Living Resour.*, 9: 9-34.
- TRIST, L.; KAUR, P.; HEYLEN, S.; DE PAUW, N. 2001. Comparative monitoring of diatoms, macroinvertebrates and macrophytes in the Woluwe River (Brussels, Belgium). **Aquatic Ecology**, 35: 183-194.
- TRIPLEHORN, C.A.; JOHNSON, N.F. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the study of insects. 7a. ed., Thomson Brooks/Cole, E.U.A.
- TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. Avaliação ambiental integrada de bacias hidrográficas. 2006. MMA. Brasília. 302p.
- VAN MAREM, D. S.; HOEKSTRA, P. Seasonal variation of hydrodynamics and sediment dynamics in a shallow subtropical estuary: the Ba Lat River, Vietnam. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 60 (2004) 529e540.
- VARI, R. P. The Curimatidae, a lowland Neotropical fish family (Pisces: Characiformes); distribution, endemism, and phylogenetic biogeography. In: VANZOLIN, P. Z. & W. R. HEYER. Proceedings of a workshop on neotropical distribution patterns. Rio de Janeiro. p. 343 –78. 1988.
- WAINER, I.; SERVAIN, J.; CLAUZET, G. Is the decadal variability in the tropical Atlantic a precursor to the NAO? **Annales Geophysicae**. vol. 26, pp. 4075-4080, 2008.
- WALTHER, G.R.; POST, E.; CONVERY, P.; MENZEL A. Ecological responses to recent climate change. **Nature**, v. 416, p. 389-395, 2002.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION - WMO. 2008. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. 7th edition, n°8. Disponível em http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/CIMO%20Guide%207th%20Edition,%202008/CIMO_Guide-7th_Edition-2008.pdf
- ZANATTA, R.; SANTOS, E. D. dos; DAL'ASTA, M.; BARCELLOS, L. J. G. & L. C. KREUTZ. 2008. Alterações imunológicas em alevinos de jundiás (*Rhamdia quelen*) expostos à concentrações subletais do herbicida glifosato. 35º Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária.