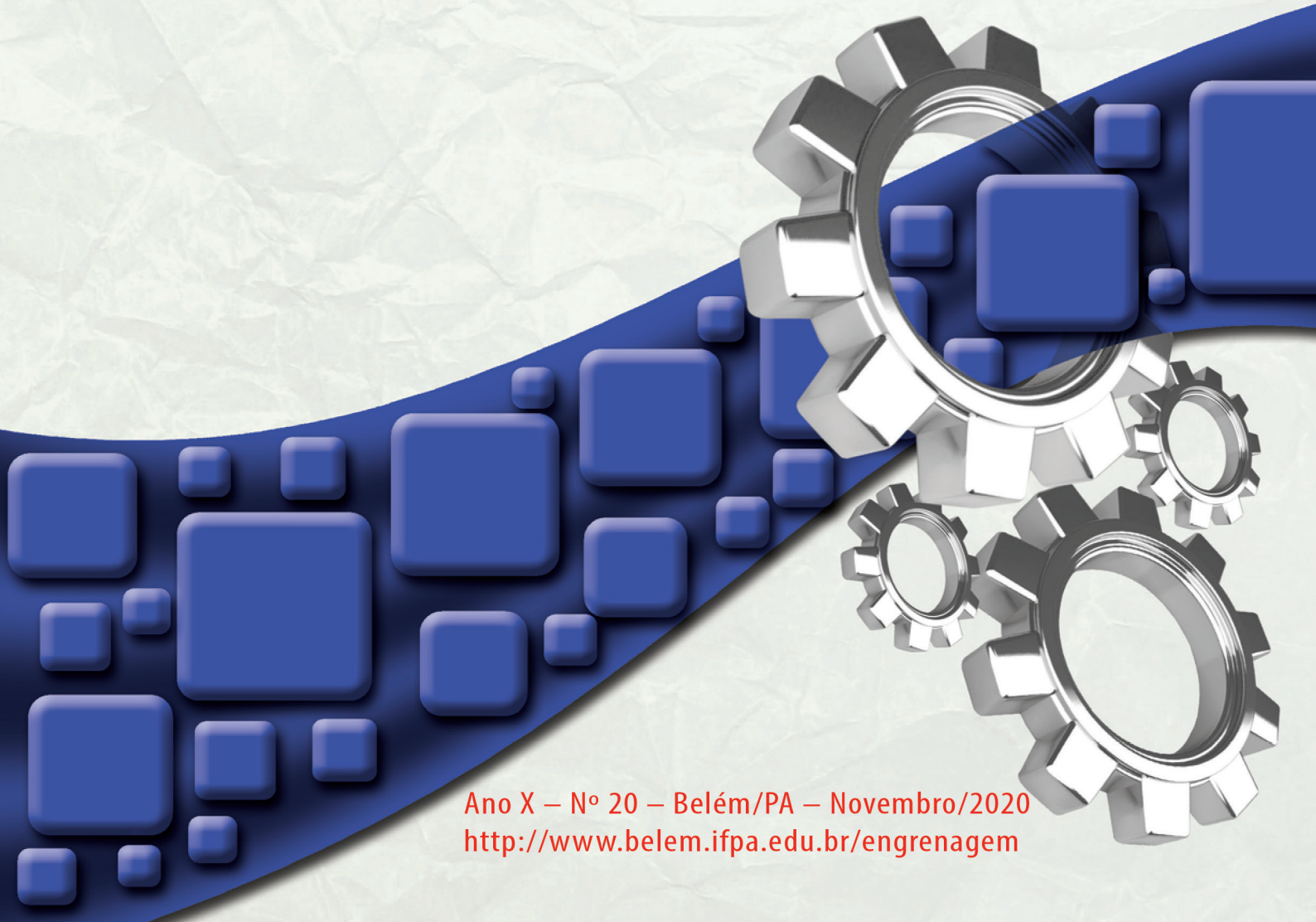


Engrenagem





**INSTITUTO
FEDERAL**
Pará

Campus
Belém

Engrenagem

**Revista do Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia do Pará – *Campus Belém***

Ano X | Nº 20 | Belém/PA | Novembro/2020

ISSN 2236-4757

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará Campus Belém

REITOR

Claudio Alex Jorge da Rocha

DIRETOR GERAL

Raimundo Otoni Melo Figueiredo

CONSELHO EDITORIAL

Benedito Coutinho Neto (Editor Chefe)

DEPARTAMENTO DE ENSINO, RECURSOS NATURAIS, DESIGN E DE INFRAESTRUTURA

Claudio Cezar Cunha de Vasconcelos Chaves

DEPARTAMENTO DE ENSINO, RECURSOS NATURAIS, DESIGN E DE INFRAESTRUTURA

Neila Waldomira do Socorro Sousa Cabral

DEPARTAMENTO DE ENSINO E NEGÓCIOS, AMBIENTE E SAÚDE, HOSPITALIDADE E LAZER, E SEGURANÇA

Roberto Vilhena do Espírito Santo

DEPARTAMENTO DE ENSINO, RECURSOS NATURAIS, DESIGN E DE INFRAESTRUTURA

EXPEDIENTE

SUPERVISÃO: Claudio Cezar Cunha de Vasconcelos Chaves

NORMALIZAÇÃO: Mara Georgete de Campos Raiol

PROJETO GRÁFICO: Carlos Alberto Alexandre Dantas

DIAGRAMAÇÃO: Gráfica CS

PROJETO DA CAPA: Benedito Coutinho Neto

ILUSTRAÇÃO DA CAPA: Walder Lobo/Eduardo Rodrigues

ADAPTAÇÃO DA CAPA: Rubens Pinheiro

REVISÃO DE TEXTO: Camila Maiara Costa Oliveira Prado

IMPRESSÃO: Gráfica CS

ENDEREÇO:

Av. Almirante Barroso, 1155
Bloco "N" – Pavimento Superior
Marco – CEP.: 66093-020
Belém/Pará/Brasil

Engrenagem: Revista do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Belém

Ano X - Nº 20 Belém/PA

Novembro/2020

114 páginas

ISSN: 2236-4757

1. Multidisciplinar. 2. Educação. 3. Pesquisa. 4. Periódico. 5 IFPA.

CDD: 050



**INSTITUTO
FEDERAL**
Pará

Campus
Belém

COMITÊ CIENTÍFICO EXTERNO

Adalberto Leandro Faxina – EESC/USP
Adriana Guimarães Costa Saboia – IFCE
Alberto Carlos de Melo Lima – UEPA
Ana Maria Guerra Seráfico Pinheiro – UFAM
André Augusto Azevedo M. Duarte – UFPA
Antônio Sergio Silva de Carvalho – UEPA
Cellina Rodrigues Muniz – UFRN
Fernando Manuel Brandão Alves – FEUP/Portugal
Francisco Ari de Andrade – UFC
Hito Braga de Moraes – UFPA
Lindemberg Lima Fernandes – UFPA
Maisa Sales Gama Tobias – UFPA
Marco Aurélio Arbage Lobo – Unama
Marcos Vinicius Seráfico de A. Carvalho – UFPA
Natascha Wosnick – UFPR
Regina Augusta Campos Sampaio – UFPA
Rui Antônio Rodrigues Ramos – Uminho/Portugal
Shara Jane Holanda Costa Adad – UFPI
Simone de Fátima Pinheiro Pereira – UFPA
Túlio Augusto Pinho de Vasconcelos Chaves – UFPA
Vânia Marilande Ceccatto – UECE

COMITÊ CIENTÍFICO INTERNO

Alessandro de Castro Corrêa
Benedito Tadeu Ferreira de Moraes
Carlos Alberto Machado da Rocha
Cezarina Maria Nobre Souza
Claudio Alex Jorge da Rocha
Cleber Silva e Silva
Daniel Palheta Pereira
Elza Monteiro Leão Filha
Fabício Quadro Borges
Jaime Henrique Barbosa da Costa
Márcia Valéria Porto de Oliveira Cunha
Mary Lucy Mendes Guimarães
Oscar Jesus Choque Fernandez
Otávio Fernandes Lima da Rocha
Raidson Jenner Negreiros de Alencar
Raimundo Nonato das Mercês Machado
Rejane de Barros Araújo
Ronaldo da Cruz Braga
Simonne da Costa Amaral
Syme Regina Souza Queiróz
Taylor Araújo Collyer

SÚMÁRIO

Editorial

9

Simonne da Costa Amaral

Pesca e bioecologia do camarão da Amazônia, *Macrobrachium amazonicum*, em um estuário Amazônico

11

*Fishing and bioecology of Amazon shrimp, *Macrobrachium amazonicum*, in an Amazon estuary*

Hugo César da Silva Santos

Rhanna Drielly Lobato dos Prazeres

Israel Hidenburgo Aniceto Cintra

Bianca Bentes da Silva

Interações de Quatro Férmions

25

Four Fermions Interactions

Leonardo Oliveira do Nascimento

Leandro Oliveira do Nascimento

William Santos Cunha

Simulação de uma enchente utilizando o software livre HEC-RAS 5.0.3 em um canal de uma bacia no rio Murucutum, Belém/PA

37

Flood simulation using the free software HEC-RAS 5.0.3 in a basin channel on the Murucutum River, Belém/PA

Vivian Carla Oliveira de Sousa Leite

Roberto dos Reis Soares

Ilka Suely Dias Serra

Eduirbe Castro de Araújo

Sexualidade no ensino da biologia: uma abordagem sobre a série sex education

55

Sexuality in biology teaching: an approach to the sex education series

Layse Rodrigues do Rozario Teixeira Lins

Amanda Ramos Pereira

Joycianne Rodrigues Parente

Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro

Saneamento básico na Região Metropolitana de Belém: políticas públicas em territórios de desigualdade

64

Basic sanitation in the Metropolitan Region of Belém: public policies in territories of inequality

Ingrid Tatiany Ribeiro de Souza Mendes
Juliano Pamplona Ximenes Ponte
Mary Lucy Mendes Guimarães

Futuro Amazônico - Província mínero-energética para o resto do mundo ou embrião de uma civilização original da biomassa

81

Amazonian Future - mineral and energetic Province for the rest of the world or embryo of an original biomass civilization

Ailton Pires de Lima
Thomas Adalbert Mitschein

Análise das ações do conselho estadual de recursos hídricos do estado do Pará no período de 2017 a 2018

89

Analysis of the actions of the state council of water resources of the state of Pará in the period 2017 to 2018

Jaqueline Maria Soares da Silva
Fabianne Mesquita Pereira
Kewffany Chrys da Cruz Miranda
Valdinei Mendes da Silva

Solução exata da equação de Schrödinger dependente do tempo para o poço de potencial

104

Exact solution of the time-dependent Schrödinger equation for the potential well

João Bosco Soares Pampolha Junior
Charles da Rocha Silva
João Paulo da Silva Alves
Damião Pedro Meira Filho

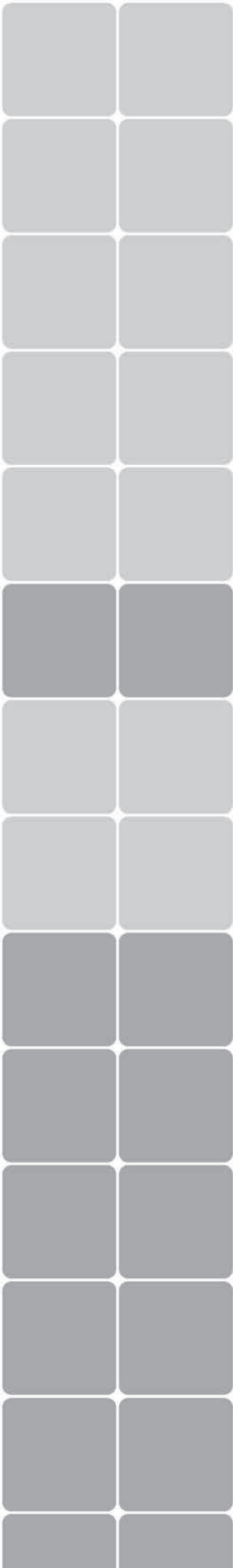
111

Instruções aos autores

EDITORIAL

A Revista Engrenagem surgiu com o objetivo de mostrar à sociedade a existência de uma consistente produção científica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. A estratégia era a promoção de temáticas multidisciplinares com a intenção de uma contínua melhoria do processo de ensino-aprendizagem fazendo-se conhecer as atividades de ensino, pesquisa e extensão praticadas dentro da nossa instituição, mas extensiva também a parcerias externas.

Com o dedicado empenho de seu editor-chefe, o Professor Benedito Coutinho Neto, a nossa revista chega à sua vigésima edição cujo primeiro artigo intitulado Pesca e bioecologia do camarão da Amazônia, *Macrobrachium amazonicum*, em um estuário Amazônico, teve como objeto de estudo a abundância, as relações biométricas e morfométricas de *Macrobrachium* na cidade de Vigia de Nazaré, a fim de contribuir para o conhecimento científico e bioecológico desta espécie. O segundo artigo com o título de Interações de Quatro Férmions, trata de um estudo geral sobre modelos de teoria quântica de campos com interação de quatro férmions e suas principais aplicações, em especial na Física da Matéria Condensada. O terceiro artigo, Simulação de uma enchente utilizando o software livre HEC-RAS 5.0.3 em um canal de uma bacia no rio Murucutum, Belém/PA, teve como objetivo, simular uma enchente no Rio Murucutum, que faz parte da bacia do mesmo nome, utilizando o software livre HEC-RAS 5.0.3, com estimativa de tempo de retorno (TR) de 25, 50 e 100 anos, produzindo assim a mancha de alagamento do canal na área em estudo. O quarto artigo, Sexualidade no ensino da biologia: uma abordagem sobre a série sex education, cujo objetivo foi relacionar a série *Sex Education* com temas conflituosos do ensino da biologia envolvendo sexualidade, em turmas de Ensino médio. O quinto artigo foi Saneamento básico na Região Metropolitana de Belém: políticas públicas em territórios de desigualdade, onde é discutido o processo de espacialização de intervenções, políticas e medidas em saneamento básico que configura um quadro progressivo de desigualdade socioespacial evidenciado na RMB. O sexto artigo veio com o título Futuro Amazônico - Província mínero-energética para o resto do mundo ou embrião de uma civilização original da biomassa, onde os autores discutem a opção de implementar uma civilização original da biomassa que permite incentivar *backward e forward linkages* entre campo e cidade nas áreas alteradas, criando, desta maneira, os tão cobiçados efeitos de emprego, ocupação e renda. Outro artigo, o sétimo, dessa edição, foi Análise das ações do conselho estadual de recursos hídricos do estado do Pará no período de 2017 a 2018, onde foi feita uma análise das ações do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Pará (CERH-PA), no período de fevereiro de 2017 a março de 2018, por meio do acompanhamento das reuniões de trabalho do Conselho e das



Câmaras Técnicas. Por fim, o oitavo e último artigo, foi Solução exata da equação de Schrödinger dependente do tempo para o poço de potencial e neste trabalho é mostrado o cálculo exato da função de Green da condição de contorno de uma partícula quântica não-relativísticos em uma caixa unidimensional, isto é, “Partícula em um poço de potencial dependente do tempo”.

O conjunto dos artigos expressam bem a multidisciplinarietà da atuação do Instituto e a Revista Engrenagem tem o papel de representar um espaço de troca e interação entre as diversas áreas do conhecimento.

Boa leitura!

Prof.^a Dra. Simonne da Costa Amaral

Pesca e bioecologia do camarão da Amazônia, *Macrobrachium amazonicum*, em um estuário Amazônico

Fishing and bioecology of Amazon shrimp, Macrobrachium amazonicum, in an Amazon estuary

Hugo César da Silva Santos

Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais pela Universidade Federal Rural da Amazônia. **Endereço:** Rua das Flores Número 128, Centro. Vigia, Pará, CEP.: 68780000. **E-mail:** hugobio2004@yahoo.com.br.

Rhanna Drielly Lobato dos Prazeres

Licenciada em Ciências Naturais pela UFPA, campus Belém, Núcleo de Ecologia Aquática e Pesca da Amazônia (NEAP), Laboratório de Biologia Pesqueira e Manejo de Recursos Aquáticos.

Israel Hidenburgo Aniceto Cintra

Docente da UFPA, Campus Belém, Doutor em Engenharia de Pesca, Instituto Sócio-ambiental e dos Recursos Hídricos- ISARH.

Bianca Bentes da Silva

Docente na UFPA, campus Belém, Doutora em Ecologia Aquática e Pesca, Núcleo de Ecologia Aquática e Pesca da Amazônia, Laboratório de Biologia Pesqueira e Manejo de Recursos Aquáticos.

RESUMO

O camarão da Amazônia é o principal camarão de água-doce explorado comercialmente pela pesca artesanal nos estados do Pará e Amapá, onde apresenta uma comercialização significativa. Foi objetivo deste trabalho estudar a abundância, as relações biométricas e morfométricas de *Macrobrachium* na cidade de Vigia de Nazaré, a fim de contribuir para o conhecimento científico e bioecológico desta espécie. As coletas ocorreram de agosto de 2016 a junho de 2017, em dois pontos distintos dos rios Açaí e Curuçazinho. As capturas foram realizadas com 15 armadilhas (matapis) em cada ponto de coleta, colocadas no quarto dia de lua nova, na última preamar do dia, com tempo de imersão de 6 horas. No laboratório, os espécimes foram identificados, medidos, pesados e tiveram o sexo diferenciados. Foram coletadas 1373 fêmeas – 64,8% - e 744 machos – 35,2%. Em todas as relações morfométricas, a alometria foi positiva enquanto as relações entre comprimento da carapaça e peso total de machos, fêmeas e sexos agrupados evidenciaram sempre crescimento alométrico negativo, isto é, o peso do corpo aumenta em menor proporção que o comprimento da carapaça. Em todo o período da pesquisa foi observada diferença significativa na proporção de machos e fêmeas, com predomínio de fêmeas (64,86%), apresentando proporção sexual de 1M:1,84F.

Palavras-chave: *Macrobrachium amazonicum*. Bioecologia. Vigia de Nazaré.

ABSTRACT

The Amazon shrimp is the main freshwater prawn commercially exploited by artisanal fishing in the states of Pará and Amapá, where it represents a significant commercialization. The aim of this work was to study the abundance, biometric and morphometric relationships of *Macrobrachium amazonicum* in the city of Vigia de Nazaré, in order to contribute to the scientific knowledge and bioecology of this species. The collections took place from August 2016 to June 2017, at two different points in the Açaí River and Curuçazinho. The samples were collected with 15 traps (matapis) at each collection point, placed on the fourth day of the new moon, in the last high tide period of the day, with immersion time of 6 hours. In the laboratory, the specimens went through the process of identification, sexing and biometry. Were collected 1373 females - 64.8% and 744 males - 35.2%. In all morphometric relationships allometry was positive. The relationships between carapace length and total weight of males, females and clustered genders always showed negative allometric growth, that is, body weight increases to a lesser extent than carapace length. A significant difference was observed in the proportion of males and females, with a predominance of females (64.86%), presenting a sexual ratio 1M: 1.84F.

Keywords: *Macrobrachium amazonicum*. Morphometry. Vigia de Nazaré.

INTRODUÇÃO

A família Palaemonidae Rafinesque, 1815, encontra-se na infraordem Caridea Dana, 1852, com aproximadamente 980 espécies registradas no mundo (DE GRAVE; FRANSEN, 2011), e cerca de 60 espécies registradas no Brasil (FERREIRA et al., 2010). Seus representantes são encontrados em todos os tipos de ambientes aquáticos, de dulcícolas a marinhos (DE GRAVE; FRANSEN, 2015). Além disso, muitos camarões desta família possuem importância econômica como recurso para pescarias artesanais de subsistência, comerciais e para a aquicultura mundial (CALADO et al., 2003; NEW, 2005; NEW et al., 2010).

O gênero *Macrobrachium* Bate, 1868, é composto por 243 espécies (DE GRAVE et al., 2011) distribuídas em regiões tropicais e subtropicais em todo o mundo (MELO, 2003). No Brasil, encontram-se 18 espécies, algumas das quais são usadas como isca em pescarias com anzol e alimentos para a população ribeirinha, além de compor uma parte importante na teia trófica de ambientes límnicos (SILVA et al., 1998).

Macrobrachium amazonicum apresenta ampla plasticidade em termos de morfologia, ecologia, genética, fisiologia, e diferenças comportamentais permitindo sua sobrevivência em condições ambientais diversas nos mais diferentes habitats. (AUGUSTO; VALENTI, 2016; BOUDOUR-BOUCHEKER et al., 2013, 2016; FREIRE et al., 2012; NÓBREGA et al., 2014; PANTALEÃO et al., 2014; VERGAMINI et al., 2011; WEISS et al., 2015).

O camarão *M. amazonicum* também desempenha funções ecológicas importantes nos ecossistemas aquáticos como componente da cadeia trófica, contribuindo para a dieta de peixes, mamíferos e alimento básico de várias espécies de aves (SILVA, 2011). Destaca-se também na economia como um dos

recursos mais explorados nos rios da Amazônia por pescadores artesanais e populações ribeirinhas, os quais detêm amplo conhecimento da biologia desse crustáceo e principalmente dos fatores abióticos relacionados ao ciclo de vida dele (SILVA, 2017).

A pesca se destaca no município de Vigia de Nazaré, principalmente, pela exportação para outros municípios (RAMOS, 2007). O pescado também abastece os restaurantes, hotéis e barracas da cidade. A atividade pesqueira é predominantemente artesanal e a pesca de *M. amazonicum* é bastante comum na região (RAMOS, 2007).

O presente trabalho teve como propósito estudar a abundância e as relações biométricas e morfométricas de *M. amazonicum* nas cidades de Vigia de Nazaré e Colares – PA, a fim de contribuir para o conhecimento científico da bioecologia desta espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O município de Vigia localiza-se na mesorregião do nordeste paraense e na microrregião do Salgado, a 93 km da capital Belém. A sede municipal localiza-se nas coordenadas: 00° 51' " S e 48° 08' W (VIGIA, 2018).

Destaca-se na hidrografia do Município de Vigia, o furo da Laura, braço do rio que faz limite a Oeste com o município de Colares. Para esse furo, convergem vários rios e igarapés do município. Drenando a sede do município temos os rios: Açaí, que separa a sede do município (Bairro do Arapiranga) da vila de Itapuá; o Rio Tujal que banha vários bairros da cidade (Tujal, Novo Horizonte, Vila Nova, Castanheira e Centro); o rio da Rocinha que nasce no bairro de Vila Nova, separando o centro da cidade do Bairro do Arapiranga e o Rio Guajará Mirim (IBGE, 2016).

COLETA DE DADOS

Os espécimes de *M. amazonicum* foram coletados a cada dois meses no período de agosto de 2016 a junho de 2017 no município de Vigia de Nazaré, em dois pontos de pesca, conforme apresentado na Figura 1. Os locais foram escolhidos por representarem os micros habitats presentes na área e também como um artifício à replicação de amostras. O ponto P1 encontra-se mais próximo a Baía do Marajó no Rio

Açaí e o ponto P2 está localizado mais distante, próximo a cabeceira do rio Curuçazinho.

As amostras foram realizadas com 15 armadilhas (matapis) em cada ponto de coleta, colocadas no quarto dia de lua nova, na última preamar do dia, pois é considerado pelos pescadores como o melhor período para esta atividade.

Os matapis foram recolhidos na primeira baixa-mar do dia seguinte, totalizando 6 h de permanência da arte de pesca na água.

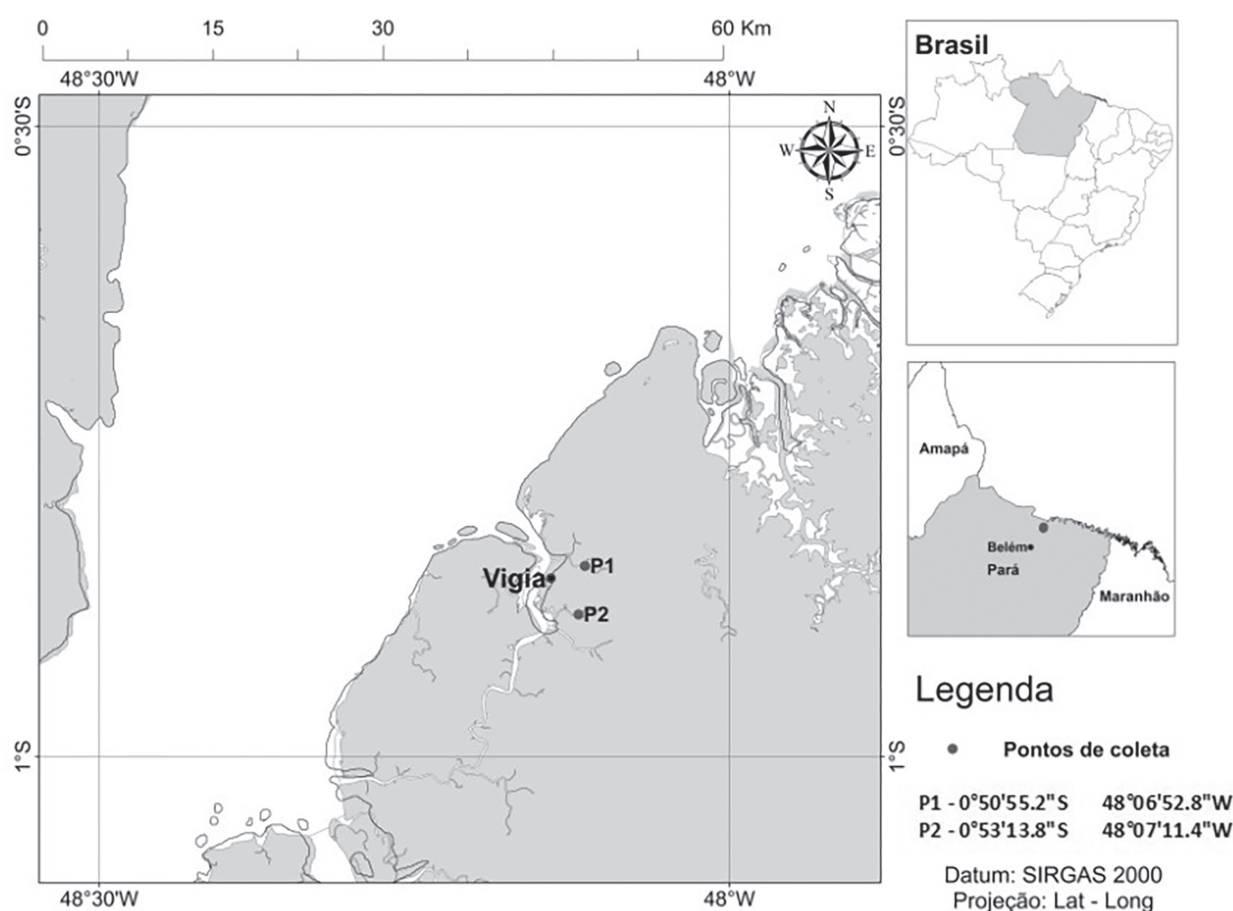


Figura 1. Pontos de coleta (P1 e P2); P1 no rio açaí e P2 no rio Curuçazinho, no município de Vigia de Nazaré, de agosto de 2016 a junho de 2017.

Todos os matapis utilizados na coleta de dados foram confeccionados a partir de tela plástica, com malha de 5 mm, sendo os mesmos de uso dos pescadores locais. A isca utilizada para a pesca foi o farelo do fruto da palmeira “babaçu” (*Orbignya speciosa*), também utilizado pelos pescadores.

Os camarões coletados foram separados em sacos plásticos, sendo um para cada matapi, devidamente etiquetados. Os espécimes foram armazenados em gelo picado, acondicionados em isopores e transportados até o Laboratório de Bioecologia Pesqueira - LABIP no campus

da Universidade Federal do Pará – UFPA, em Bragança.

Todos os espécimes tiveram aferidos o comprimento da carapaça -CC (medida da parte posterior da órbita até a extremidade posterior do télson), o comprimento total – CT (medida entre a extremidade anterior do rostro e a extremidade posterior do télson), comprimento do cefalotórax – Ccef (medido desde a extremidade posterior da carapaça até a porção mais anterior do rostro) e o comprimento do abdome – CA (desde a porção central da região dorsal da margem anterior do primeiro somito abdominal até a extremidade do télson), todos os comprimentos foram registrados em milímetros.

O peso de cada indivíduo foi aferido com balança de precisão 0,01g e o sexo determinado pela observação da morfologia do endopodito do segundo par de pleópodes como proposto por Ismael e New (2000).

As médias da densidade (número total de indivíduos/estação/ponto/arte), do comprimento da carapaça (mm) e da biomassa média (g) dos camarões foram testadas, separadamente, com ANOVA (um critério e fatorial) após terem sido testadas as premissas de homocedasticidade e homogeneidade das variâncias, em função dos pontos de coletas, matapis e estações do ano: seco (SC): julho a dezembro; chuvoso (CH): janeiro a junho. Os períodos sazonais foram definidos baseados na média

histórica da pluviosidade local dos últimos 20 anos (ANA, 2018).

Realizou-se também a análise de componentes principais - PCA, com intuito de verificar quais medidas de comprimentos mais se destacavam com relação aos fatores abióticos. Os dados abióticos foram obtidos a partir do estudo realizado por Santos, A. (2013) em áreas próximas dos pontos amostrais deste estudo.

As análises de proporção sexual foram realizadas por mês e por classes de tamanho (CC) com o teste de Qui-quadrado (χ^2) com erro de 5% para testar a hipótese de paridade entre machos e fêmeas. Para a relação de comprimento da carapaça (CC em mm) x massa (PT em g), foram utilizadas equações para os modelos de regressão do tipo potência ($Y=ax^b$) e para as equações morfométricas foram utilizados modelos lineares de regressão ($Y= a+bx$).

A análise dos dados foi realizada com os programas STATISTICA (STATSOFT INC., 2007) e PRIMER 6.0 (CLARKE e WARWICK, 2001).

RESULTADOS

Foram coletados 2117 exemplares (1373 fêmeas – 64,8% e 744 machos – 35,2%). No P1 foram 838 indivíduos, sendo 599 fêmeas (71,4%) e 239 machos (28,6%); Um total de 1279 indivíduos no P2 foram capturados, sendo 774 fêmeas (60,5%) e 505 machos (39,5%) (Tabela1).

Tabela 1. Comprimento total (CT – mm); comprimento da carapaça (CC – mm); peso total (PT – g) de *M. amazonicum* capturados em dois pontos amostrais 1 e 2 na cidade de Vigia de Nazaré, Pará, no período de agosto de 2016 a junho de 2017. MT = matapi

PONTO	MT	N. TOTAL	CT (mm)				CC (mm)				PT (g)			
			Med	Min	Máx	DP	Med	Min	Máx	DP	Med	Min	Máx	DP
1	1	34	66,22	47,70	106,10	12,40	44,60	31,10	67,30	8,04	2,80	1,09	9,53	1,77
	2	62	71,79	32,70	97,70	12,59	47,22	22,60	64,30	8,06	3,20	0,28	6,62	1,40
	3	69	76,91	40,10	125,10	15,97	49,80	20,47	91,30	10,92	4,17	1,13	17,02	2,79
	4	45	73,45	53,50	94,20	9,83	48,40	36,80	58,40	5,84	3,43	1,26	6,80	1,42
	5	59	63,67	43,90	97,80	11,75	42,55	31,20	67	7,55	2,39	0,82	7,54	1,34
	6	78	67	45,30	105,60	11,59	43,35	28,10	66,30	8,06	2,63	0,83	10,56	1,61
	7	53	66,51	27,90	89,30	14,41	45,02	18,90	68,90	11,53	2,69	0,20	6,27	1,45
	8	72	65,19	41,10	105,10	14,12	45,33	28,70	73,60	8,58	2,71	0,77	10,58	1,93
	9	45	69,76	49,70	107,30	13,79	46,72	31,40	76,80	9,35	3,15	1,16	11,70	2,18
	10	53	67,31	48,30	96,30	11,06	46,34	34,50	62,60	7,21	2,80	1,10	6,80	1,29
	11	92	70,09	46,30	118,40	13,69	45,74	29,30	82	8,68	3,27	1,21	12,28	1,99
	12	48	72,41	52,10	93,40	10,86	48,53	34,90	70,10	6	3,33	1,45	7,78	1,39
	13	63	68,79	36,90	103,30	14,35	42,79	27,60	64,60	8,50	2,98	0,78	10,57	1,84
	14	31	74,56	42,70	112,50	16,60	49,21	26	76,70	12,08	13,97	0,72	11,78	2,37
	15	34	71,76	43,40	107,40	14,46	44,91	26,65	72,10	10,14	3,47	0,91	10,72	2,06
TL		838	69,49	27,90	125,10	13,66	45,88	18,90	91,30	8,99	3,47	0,2	17,02	1,88
2	1	84	76,85	47,30	120,10	14,02	49,6	34,9	32,10	9,25	4,27	1,23	13,50	2,53
	2	106	76,53	32,70	118,10	16,49	52,18	22,6	35,70	26,44	3,83	0,28	12,81	2,51
	3	106	76,31	39,30	125,40	14,30	48,46	34	33,30	9,99	4,04	1,28	18,56	2,67
	4	82	78,79	55,20	114,50	12,47	50,88	36,70	30,80	10,39	4,23	1,45	12,48	2,20
	5	67	78,47	53,50	110,30	13,91	51,69	32,60	32,30	10,80	4,11	1,26	9,98	2,10
	6	65	76,24	48,70	106,80	12,41	95,08	34,90	26,10	382	3,78	1,55	9,55	1,78
	7	103	80,58	48,80	115,30	13,91	52,07	37,30	27,50	10,09	4,54	1,19	12,30	2,50
	8	103	79	52,90	123,50	14,60	50,05	32,60	31,50	8,60	4,23	1,06	13,20	2,50
	9	85	76,21	52,80	110,20	12,93	50,26	36,80	28,30	8,05	4	1,18	12,70	2,34
	10	80	80,83	52,20	119,80	14,23	51,65	35,70	28,50	8,61	4,64	1,38	15,41	2,82
	11	81	75,83	53,10	124,10	15,21	49,68	36,30	28,10	9,11	4,12	1,24	14,94	2,58
	12	80	75,24	52,10	110,60	12,65	48,11	31,68	27,20	6,96	4,74	1,35	10,38	1,84
	13	82	82,65	47,50	114,80	14,23	51,77	28,80	26,30	8,69	4,91	1,12	13,23	2,57
	14	59	83,86	54,50	105,80	11,08	53,74	35,10	24,80	7,04	4,15	1,56	10,01	1,97
	15	96	78,06	57,30	118,20	13,22	50,49	32,70	37,30	8,84	4,42	1,67	14,07	2,49
TL		1279	78,26	32,70	125,40	14,03	52,94	22,6	37,3	86,8	4,25	0,28	18,56	2,42
TOTAL GERAL		2117												

Nos meses de outubro e dezembro de 2016 no P1 não foram capturados exemplares de *M. amazonicum* durante as coletas.

Os machos no P1 apresentaram uma variação de comprimento total de 41,1 a 118,4 mm e uma variação de peso total de 0,77 a 12,28 g. Já as fêmeas

no P1 variaram em comprimento total de 27,9 a 125,1 mm e peso total de 0,2 a 17,28 g. No P2, os machos variaram no comprimento total de 39,3 a 125,4 mm e peso total de 0,83 a 18,56 g. As fêmeas no P2 apresentaram variação no comprimento total de 32,7 a 125,1 g

e peso total de 0,28 a 17,2 g. (Tabela 2). As médias de tamanho (CC) diferiram estatisticamente entre as estações ($F=76,9$; $p<0,01$), as maiores médias nos período chuvoso e as menores no seco, as médias também diferiram entre os pontos de coleta ($F=147,9$; $p<0,01$), sendo que no ponto dois (P2) os indivíduos foram maiores que no ponto um (P1). Com relação aos matapis, a maior variação de tamanho foi observada no matapi 14. Os comprimentos também diferiram quanto às relação estação-ponto, estação-matapi, ponto-matapi e estação-ponto-matapi (Tabela 3).

O número de fêmeas é significativamente superior ao de machos, sendo os machos maiores, exceto em SC/P1 (Figura 2). As médias de peso total (PT) diferiram entre as estações ($F=16,7$; $p<0,01$), sendo que os indivíduos mais pesados foram capturados na estação chuvosa em comparação com a seca, assim como no tamanho. No ponto P2 ($F=129,8$; $p<0,01$) foram encontrados os espécimes com maior peso com relação ao ponto P1. Na comparação de médias entre os matapis, a variação de peso foi maior nos matapis 13, 14 e 15 sobre os demais (Tabela 3).

Tabela 2. Comprimento total (CT – mm); Peso total (PT – g) de *M. amazonicum* capturados em dois pontos amostrais, na cidade de Vigia de Nazaré - PA, no período de agosto de 2016 a junho de 2017.

	P1				P2			
	CT (mm)		PT (g)		CT (mm)		PT (g)	
	M	F	M	F	M	F	M	F
MÍN.	41,1	27,9	0,77	0,2	39,3	32,7	0,83	0,28
MÁX.	118,4	125,1	12,28	17,02	125,4	125,1	18,56	17,2
MED	74,5	67,4	3,5	2,92	81,8	75,9	4,75	3,9
D.P	13,3	13,2	1,8	1,8	15,1	12,7	2,75	2,11
N	239	599	239	599	505	774	505	774

MIN = mínimo; MAX = máximo; MED = média; D. P. = desvio padrão e N = número de indivíduo.

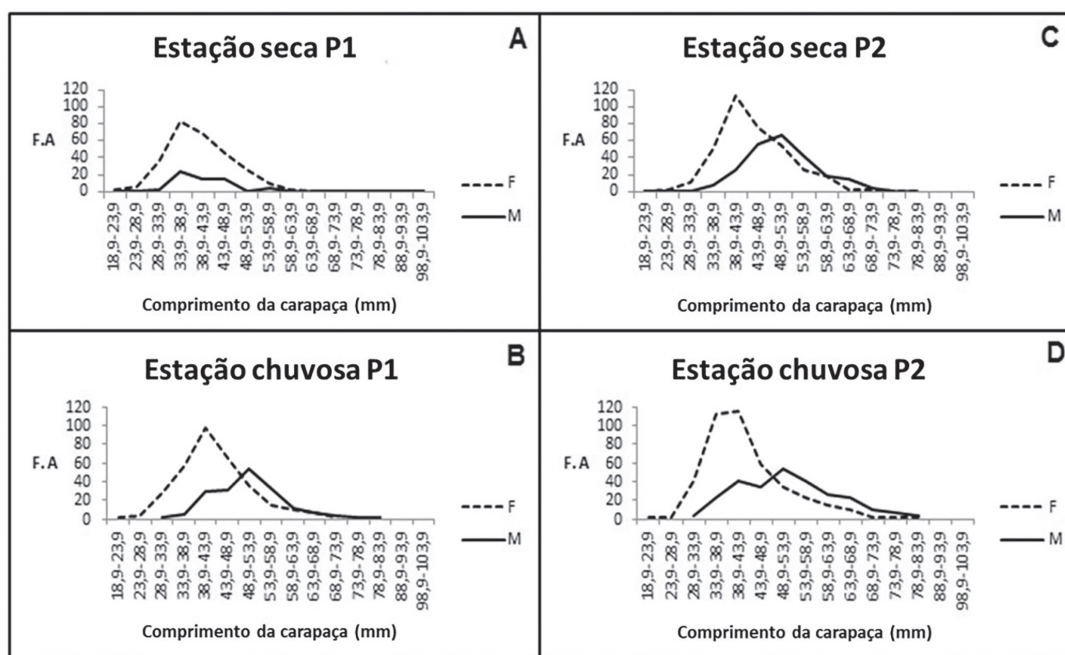


Figura 2. Distribuição das frequências de comprimentos das carapaças de *M. amazonicum* por estação seca e chuvosa, de agosto de 2016 a junho de 2017, em 2 pontos de coletas no município de Vigia de Nazaré.

Em todas as relações entre o comprimento da carapaça e as demais variáveis morfométricas, a alometria foi positiva – o coeficiente angular da regressão foi diferente e maior que 1 (para relações lineares) – isto é, o valor de Y aumenta em maior proporção que X. As relações entre comprimento da carapaça e peso total de machos, fêmeas e sexos agrupados evidenciaram sempre crescimento alométrico negativo (Tabela 4), isto é, o peso do corpo aumenta em menor proporção que o comprimento da carapaça.

Foi observada diferença significativa na proporção de machos e fêmeas, com predomínio de fêmeas (64,86%), apresentando proporção sexual de 1M:1,84F (Tabela 5).

No geral, as análises mensais demonstraram um predomínio significativo de fêmeas, com exceção do mês de dezembro de 2016 (Tabela 5).

As análises de proporção sexual por classes de comprimento demonstraram que a maioria dos indivíduos estão concentrados no intervalo de 38 a 53 mm, com predominância de fêmeas (Tabela 6).

Tabela 3: Resultados de ANOVA fatorial do comprimento da carapaça (CC) e peso (PT) de *M. amazonicum*, em relação aos pontos de coleta, estação e matapi na cidade de Vigia de Nazaré entre os meses de agosto/2016 e junho/2017.

VD	FV	SQ	GL	MQ	F	P	Significado gráfico e/ou estatístico
CC (mm)	Estação	5588	1	5588	76,9	<0,01	CH>SC
	Ponto	107 E2	1	107 E2	147,9	<0,01	P2>P1
	Matapi	2126	14	152	2,1	<0,01	14 > 4, 3, 10 > demais
	Estação *Ponto	9568	1	9568	131,7	<0,01	P2SC > P2CH > P1CH > P1SC
	Estação *Matapi	3393	14	242	3,3	<0,01	MT14CH > MT15CH > demais
	Ponto *Matapi	3277	14	234	3,2	<0,01	P2MT13, 14, 15 > demais
	Estação*Ponto*Matapi	2310	14	165	2,3	<0,01	P2SC= P2CH ≥ P1CH > P1SC
	Estação	78,2	1	78,2	16,7	<0,01	CH>SC
	Ponto	608,5	1	608,5	129,8	<0,01	P2>P1
	Matapi	159,2	14	11,4	2,4	<0,01	MT14 > MT3 ≥ MT13 > MT15 > demais
PT (g)	Estação *Ponto	224,7	1	225,7	47,9	<0,01	P2SC > P2CH > P1CH > P1SC
	Estação *Matapi	94,7	14	6,8	1,4	>0,05	MT13CH, MT14CH, MT15PH > demais
	Ponto *Matapi	144,1	14	10,3	2,2	<0,01	P2MT13, 14, 15 > demais
	Estação*Ponto*Matapi	61,6	14	4,4	0,9	>0,05	P2SCCH ≥ P1CH > P1SC

VD = variável dependente; FV = fonte de variação; SQ = soma dos quadrados; GL = grau de liberdade; MQ = média dos quadrados; F = teste de Fisher; p = probabilidade; CH = chuvoso; SC = seco; P1 = ponto 1; P2 = ponto 2; MT = matapi.

Tabela 4. Equações de regressão linear e de regressão de potência das relações biométricas de *M. amazonicum* capturado em Vigia de Nazaré no período de agosto/2016 a junho/2017.

RELAÇÃO	GRUPO	N	Y=a+b.x	R ²	A
CT x CC	F	2746	CT= 1,3404 CC+9,026	0,7	+
	M	1484	CT= 1,324 CC+10,079	0,77	+
	S. A	4230	CT= 1,3706 CC+8,3195	0,77	+
CCF x CC	F	2746	CCF= 0,6804 CC+4,6789	0,7	+
	M	1484	CCF= 0,7011 CC+4,5868	0,72	+
	S. A	4230	CCF= 0,6977 CC+4,1748	0,72	+
CA x CC	F	2746	CA= 1,2296 CC+9,9807	0,67	+
	M	1484	CA= 1,224 CC+10,592	0,63	+
	S. A	4230	CA= 1,2409 CC+9,9754	0,66	+
CC x PT	F	2746	PT=0,0002CC ^{2,548}	0,78	-
	M	1484	PT=0,0002CC ^{2,531}	0,78	-
	S.A	4230	PT= 0,0002CC ^{2,553}	0,79	-

CT- comprimento total, CCF- comprimento do cefalotórax, CC- comprimento da carapaça, CA- comprimento do abdômen. F= fêmeas, M= machos S.A= Sexo agrupado e R²= coeficiente de determinação, A= alometria, N= número de indivíduos

Tabela 5. Proporção sexual por mês/ano do capturado *M. amazonicum* capturado em Vigia de Nazaré no período de agosto/2016 a junho/2017.

ANO/MÊS	Fêmeas		Machos		Total	χ ²
	n	%	n	%		
2016/AGOSTO	383	28,08	106	14,34	489	78,46
2016/OUTUBRO	146	10,70	87	11,77	233	7,47
2016/DEZEMBRO	97	7,11	105	14,21	202	0,16
2017/FEVEREIRO	204	14,96	185	25,03	389	0,47
2017/ABRIL	296	21,70	81	10,96	387	54,30
2017/JUNHO	238	17,45	165	22,33	403	6,62
Total	1364	100,00	739	100,00	2103	

A maior frequência de fêmeas ovígeras ocorreu no período chuvoso, no mês de fevereiro de 2017, assim como no mês de dezembro de 2016. A análise de componentes principais (PCA) dos dados de estação com CC (comprimento da carapaça), CF (comprimento do cefalotórax) e parâmetro abióticos

(salinidade, nitrito-nitrato, clorofila a, oxigênio dissolvido) para os pontos de coleta, considerando os eixos 1 e 2, conseguiu explicar 86,1% da variabilidade dos dados. O lado positivo deste eixo evidenciou que o tamanho (CC) é influenciado negativamente pela salinidade (Figura 3).

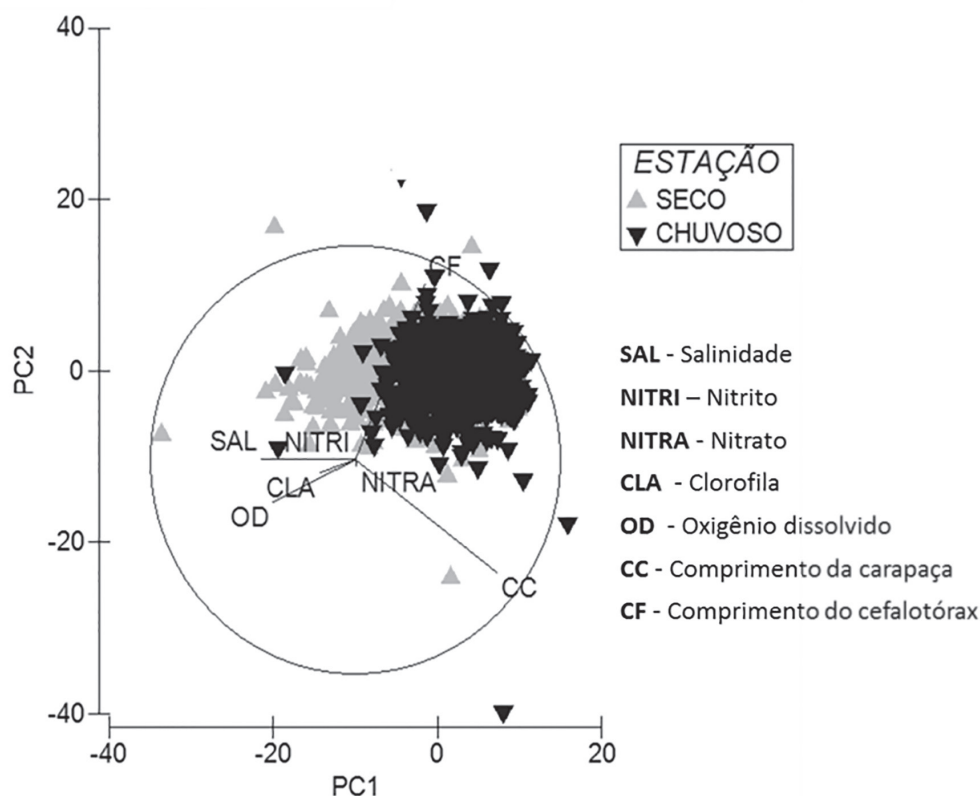


Figura 3. Análise de componentes principais (PCA) dos dados de estação, comprimentos de carapaça, cefalotórax e parâmetros abióticos do *M. amazonicum* capturado em Vigia de Nazaré no período de agosto/2016 a junho/2017.

Tabela 6. Proporção sexual por classe de comprimento da carapaça (CC) do *M. amazonicum* capturado em Vigia de Nazaré no período de agosto/2016 a junho/2017.

Classe de CC	Fêmeas		Machos		Total	X ²
	N	%	N	%		
18-23	4	0,29			4	2
23-28	5	0,37			5	2,5
28-33	28	2,05	6	0,81	34	7,12
33-38	146	10,70	45	6,09	191	26,71
38-43	248	18,18	107	14,48	355	28
43-48	374	27,42	131	17,73	505	58,47
48-53	275	20,16	174	23,55	449	11,36
53-58	136	9,97	129	17,46	265	0,09
58-63	72	5,28	64	8,66	136	0,24
63-68	45	3,30	46	6,22	92	0,02
68-73	19	1,39	20	2,71	39	0,012
73-78	8	0,59	8	1,08	16	0
78-83	1	0,07	6	0,81	7	1,79
83-88		0,00	1	0,14	1	0,5
88-93	2	0,15		0,00	2	1
98-103		0,00	2	0,27	2	1
Total Geral	1364	100,00	793	100,00	2103	

DISCUSSÃO

Os camarões *M. amazonicum* foram encontrados durante quase todo o período de estudo, principalmente no ponto 2 (Curuçazinho), onde houve ocorrência de espécimes durante todos os meses do ano. Este ponto, por ser considerado mais distante da área urbana, provavelmente congrega características ambientais menos impactadas por ação antrópica.

Esta mesma tendência foi notada para esta espécie por Silva et al. (2011), Freire et al. (2012), Lima et al. (2014), Nóbrega et al. (2014) em regiões estuarinas do Norte do Brasil, Pantaleão et al. (2012) em águas continentais do sudeste do Brasil e Taddei et al. (2017) para Parintins/AM. Nos meses de outubro e dezembro de 2016 não foram encontrados exemplares de *M. amazonicum* no ponto 1 (Açaí). Supõe-se que o aumento de salinidade neste ponto de coleta tenha provocado a ausência de indivíduos, visto sua proximidade com as águas mais salobras, o que corrobora com Silva et al. (2002) onde atestaram os maiores índices de salinidade neste ponto para o período menos chuvoso correspondente aos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro.

Os locais estudados se mostraram adequados, visto a abundância de exemplares. Muitas espécies deste gênero são consideradas eurihalinas e euritérmicas (HERRERA et al., 1998). Entretanto, durante o desenvolvimento larval, *M. amazonicum* apresenta uma baixa tolerância à salinidade (Silva, 2011).

A abundância do camarão-da-Amazônia nesse trabalho foi ligeiramente maior no período chuvoso, diferente dos resultados encontrados por Odinetz-Collart (1993).

Neste estudo o camarão-da-Amazônia atingiu um comprimento total máximo de 125,4 mm, valor inferior ao encontrado por Silva et al. (2007) na ilha do Combú – Belém/PA que foi de 141 mm, 144 mm por Silva (2002) para Vigia de Nazaré/PA e Silva et al. (2011) para o rio Pará de

184 mm, porém superior ao observado por Araújo et al. (2009) para Salinópolis/PA que encontrou 96 mm, Flexa et al. (2005) para Cametá/PA com 105 mm e Da Silva Costa et al. (2016) na região das ilhas do município de Abaetetuba/PA com 111 mm.

A média de comprimento para machos e fêmeas (81,8 e 75,9 mm de comprimento total) foi muito próxima da registrada por Silva et al. (2002) – 7,6 mm para machos e 7,8 para fêmeas, também em Vigia de Nazaré. Os machos apresentaram o comprimento médio tanto na estação seca quanto na chuvosa maiores do que as fêmeas, concordando com os resultados obtidos por Flexa et al. (2005) e Silva et al. (2002) em Cametá/PA e Vigia de Nazaré, respectivamente.

Por ser assaz distribuído na América do Sul, o camarão-da-Amazônia ocupa os mais diversos ambientes, desde estuários até rios de água doce. Logo, características específicas do local de coleta podem justificar a diferença encontrada no comprimento da espécie, uma vez que a variabilidade das características biológicas está relacionada aos habitats colonizados pelo camarão (ODINETZ-COLLART, 1988) e o crescimento diferenciado associado a fatores intrínsecos, ambientais ou sociais, pode ser mais influente na variação do tamanho que os fatores genéticos (GARCÍA-DÁVILA et al., 2000).

No município de Vigia de Nazaré, os machos de *M. amazonicum* em média foram maiores e mais pesados que as fêmeas, corroborando com os resultados de Silva et al. (2002), Vieira (2003), Flexa et al. (2005), Silva et al. (2007) e Da Silva Costa et al. (2016). Resultados diferentes foram obtidos por Silva et al. (2011) para a Baía de Guajará/PA onde a estrutura populacional variou em função do sexo dos espécimes, sendo que as fêmeas foram sempre maiores e mais pesadas que os machos. Hartnoll (1990), Hayd e Anger (2013) afirmam que os padrões de crescimento corporal entre os crustáceos são similares entre os sexos até quando o indivíduo atinge a maturidade sexual, a partir

daí, a taxa de crescimento torna-se menor nas fêmeas, que normalmente atingem tamanhos inferiores aos dos machos na maioria das espécies, corroborando com o presente estudo.

Porém, Sousa et al. (2014) explicam que essa característica não é muito comum entre os camarões Palaemonidae, grupo em que as fêmeas atingem tamanhos maiores, confirmando os resultados de Collart e Moreira (1993), Valenti e Riodades (2002), Preto et al. (2010) e Silva et al. (2011). Embora tenham sido detectadas variações genéticas pequenas entre as populações de *M. amazonicum* segundo Vergamini et al. (2011), acredita-se que estas variações de tamanho possam estar relacionadas também pela velocidade de corrente dos rios.

Todas as relações morfométricas apresentaram alometria positiva. Os coeficientes angulares das regressões foram diferentes e maiores que 1, ou seja, o eixo Y (variável dependente) cresce a uma proporção maior que o eixo X (variável independente). Esse padrão de comprimentos de crescimento relativo obtidos neste estudo corrobora com os encontrados por Lobão et al. (1996), que analisou as espécies em cativeiro, Flexa et al. (2005) em Cametá/PA, Silva et al. (2007) na ilha de Combú, Bentes et al. (2011) no estuário do Guajará/PA, Freire et al. (2012) em um estuário no nordeste do Pará e Nóbrega (2014) para a ilha de Mosqueiro/PA.

O maior comprimento do abdômen confere à espécie duas vantagens principais do ponto de vista ecológico e econômico: segundo Valenti (2000) e Silva et al. (2004), em *Macrobrachium* existe uma relação direta entre fecundidade e o tamanho, a alometria positiva pode ser devido ao aumento do abdômen das fêmeas para maximizar a reprodução, proporcionando uma maior superfície para a aderência dos ovos (SILVA et al., 2007) e segundo Moraes-Riodades e Valenti (2002) em um estudo sobre *M. amazonicum* em fazendas de camarão, esse padrão justifica-se, pois

o cefalotórax contém a maioria dos órgãos vitais do camarão (coração, estômago, gônadas e brânquias).

O menor aumento do peso total em relação ao comprimento da carapaça para machos, fêmeas e sexos agrupados, mostrados por alometria negativa pode estar associado ao ciclo de maturação gonadal dos camarões, uma vez que a espécie apresenta reprodução contínua no estuário amazônico (Silva, 2011). Os dados desta pesquisa concordam com o obtido por Flexa et al. (2005) para *M. amazonicum* em Cametá/PA, Silva et al. (2002) para Vigia de Nazaré, Silva et al. (2007) para a ilha do Combú e Nóbrega (2014) para a ilha de Mosqueiro/PA.

Em todo o período da pesquisa foi observada diferença significativa na proporção de machos e fêmeas, com predomínio de fêmeas (64,86%), apresentando proporção sexual de 1M:1,84F, concordando também com Taddei et al. (2017) para Parintins/AM com 1M:2,3F e Silva et al. (2007) com 1M:1,3F. Silva (2006) e Azevedo (2004) estudando a população de *M. amazonicum* da ilha do Combú/PA também encontraram proporções quase sempre maiores de fêmeas nas suas amostras. Silva (2011) em Icoaraci/PA encontrou a maior diferença na proporção de fêmeas em relação a machos no período de maior pluviosidade, fator relacionado à quantidade de matéria orgânica disponível no local, sendo uma área de intensa deposição de esgoto industrial e doméstico, contribuindo para um aumento de proliferação de algas e detritos, principais componentes da dieta de *Macrobrachium*.

Fêmeas ovígeras foram capturadas durante todo o período de estudo, a maior frequência ocorreu no período chuvoso, no mês de fevereiro, corroborando com os resultados obtidos por Taddei et al. (2017) para Parintins/AM.

Segundo Silva (2011) é bem provável que cada fêmea de *M. amazonicum* mature, desove e se recupere várias vezes durante o ano, indicando reprodução contínua de acordo com o encontrado para outras

áreas do litoral paraense, como citado por Silva et al. (2002), Azevedo (2004) e Silva (2006). Collart e Moreira (1993) expuseram que na Amazônia Central, podem surgir fêmeas durante todo o ano e numa mesma amostra, independente de estação, pode haver fêmeas com os ovários em diferentes estágios de maturação.

Para fêmeas ovígeras de *M. amazonicum*, neste trabalho, o menor exemplar encontrado foi de 36,9 mm de comprimento total, valor inferior ao encontrado por Borges (2003) no açude de Rômulo Campos na Bahia com tamanho de 41,2 mm e Silva et al. (2007) para ilha do Combú/PA com 52 mm.

CONCLUSÃO

M. amazonicum é encontrado durante todo o ano no município de Vigia de Nazaré – PA, sendo mais abundante no período chuvoso. As relações morfométricas apresentaram alometria positiva, sendo os machos maiores do que as fêmeas. As relações entre comprimento da carapaça e peso total de machos, fêmeas e sexos agrupados evidenciaram sempre crescimento alométrico negativo, isto é, o peso do corpo aumenta em menor proporção que o comprimento da carapaça. Fêmeas ovígeras foram capturadas durante todo o período de estudo, com maior frequência no período chuvoso, no mês de fevereiro.

REFERÊNCIAS

- AUGUSTO, A.; VALENTI, W. C. Are There Any Physiological Differences between the Male Morphotypes of the Freshwater Shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Caridea: Palaemonidae) ?. **Journal of Crustacean Biology**, v. 36, n. 5, p. 716-723, 2016.
- AZEVEDO, E. F. Biologia reprodutiva do camarão regional *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae), na ilha do Combú (Belém, PA). **Universidade Federal do Pará. Trabalho de conclusão de curso**, 2004.
- BOUDOUR-BOUCHEKER, N., B. V. LORIN-NEBEL, C., ELGUERO, C., GROUSSET, E., ANGER, K., & CHARMANTIER, G. Adaptation to freshwater in the palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum*: comparative ontogeny of osmoregulatory organs. **Cell and tissue research**, v. 353, n. 1, p. 87-98, 2013.
- CALADO, R.; LIN, J.; RHYNE, A. L.; ARAÚJO, R. & NARCISO, L. Marine ornamental decapods—popular, pricey, and poorly studied. **Journal of crustacean biology**, v. 23, n. 4, p. 963-973, 2003.
- CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N.; SOMERFIELD, P. J.; WARWICK, R. M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. Primer-E Ltd, 2014.
- COLLART, O. O. Aspectos ecológicos do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) no baixo Tocantins (PA-Brasil). **Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle**, v. 48, n. Supl, p. 341-353, 1988.
- COLLART, O. O.; MOREIRA, L. C. Potencial pesqueiro de *Macrobrachium amazonicum* na Amazônia Central (Ilha do Careiro): variação da abundância e do comprimento. **Amazoniana**, v. 12, p. 399-413, 1993.
- DA SILVA COSTA, D. A.; MARTINS, J. C.; DE ARAÚJO SILVA, K. C.; DE MACEDO KLAUTAU, A. G. C.; CINTRA, I. H. A. Seletividade do matapi nas capturas de *Macrobrachium amazonicum* no baixo Rio Tocantins, Amazônia, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, n. 2, p. 403-417, 2018.
- DE GRAVE, S.; SMITH, K. G.; ADELER, N. A.; ALLEN, D. J.; ALVAREZ, F.; ANKER, A.; PAGE, T. J. Dead shrimp blues: a global assessment of extinction risk in freshwater shrimps

(*Crustacea:Decapoda:Caridea*). **PLoS One**, v. 10, n. 3, p. e0120198, 2015.

DE GRAVE, S.; FRANSEN, C. H. J. M. ***Carideorum catalogus: the recent species of the dendrobranchiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea: Decapoda)***. Leiden: NCB Naturalis, 2011.

DE MELO, G.A. S. **Manual de identificação dos *Crustacea Decapoda* de água doce do Brasil**. Edições Loyola, 2003.

ENCICLOPÉDIA DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. **Rio de Janeiro**, 1959.

FERREIRA, R. S.; VIEIRA, R. R. R.; D'INCAO, F. The marine and estuarine shrimps of the Palaemoninae (*Crustacea: Decapoda: Caridea*) from Brazil. 2010.

FLEXA, C. E.; SILVA, K. C. A.; CINTRA, I. H. A. Morfometria do camarão-canela, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), no município de Cametá-Pará. **Boletim Técnico-Científico do Cepnor**, v. 5, n. 1, p. 41-54, 2005.

FREIRE, J. L.; MARQUES, C. B.; SILVA, B. B. Estrutura populacional e biologia reprodutiva do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (*Decapoda: Palaemonidae*) em um estuário da região nordeste do Pará, Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 16, n. 2, p. 65-76, 2012.

GARCIA, A.; FONSECA, P. **Selectividade de redes de arrasto para o polvo-vulgar *octopus vulgaris*, no Banco Sahariano**. 2000.

HAYD, L.; ANGER, K. Reproductive and morphometric traits of *Macrobrachium amazonicum* (*Decapoda: Palaemonidae*) from the Pantanal, Brazil, suggests initial speciation. **Revista de Biologia Tropical**, v. 61, n. 1, p. 39-57, 2013.

HARTNOLL, R. G.; BRYANT, A. D. Size-frequency distributions in decapod crustacea—the quick, the dead, and the cast-offs. **Journal of Crustacean Biology**, v. 10, n. 1, p. 14-19, 1990.

HERRERA, F. D.; URIBE, E. S.; RAMIREZ, L. F. B.; MORA, A. G. Critical thermal maxima and minima of *Macrobrachium rosenbergii* (*Decapoda: Palaemonidae*). **Journal of Thermal Biology**, v. 23, n. 6, p. 381-385, 1998.

ISMAEL, D.; NEW, M. B. (2000). Biology. Pp. 18-40. In: M.B. New.; W.C. Valenti (eds), *Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii**. Londres. Blackwell. Oxford.

LIMA, J. de F.; MONTAGNER, D. Aspectos gerais da pesca e comercialização do camarão-da-amazônia no Amapá. **Embrapa Amapá-Documentos (INFOTECA-E)**, 2014.

LOBÃO, V. L.; ROVERSO, E. A.; LACE, M. I.; HORTENCIO, E. Ciclo de muda e crescimento em *Macrobrachium amazonicum* HELLER, 1862 E *Macrobrachium rosenbergii* DE MAN (*DECAPODA, PALAEMONIDAE*)*[Moulting cycle and growth in *Macrobrachium amazonicum* Heller, 1862 and *Macrobrachium rosenbergii* De Man (*Decapoda, Palaemonidae*)]. **Boletim do Instituto de pesca**. **23**, 1996.

MORAES-RIODADES, P.; VALENTI, W. C. Crescimento relativo do camarão canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (*Crustacea, Decapoda, Palaemonidae*) em viveiros. **Revista Brasileira de Zoologia**, p. 1181-1214, 2002.

NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDEWELL, J. H.; D'ABRAMO L. R.; KUTTY, M. N. (2010). *Freshwater prawns: biology and farming* (1 ed). Oxford: WileyBlackwell, 544 p.

NÓBREGA, P. S. V. da; BENTES, B.; MARTINELLI-LEMO, J. M. Population structure and relative growth of the Amazon

shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (*Decapoda: Palaemonidae*) on two islands in the fluvial-estuarine plain of the Brazilian Amazon. **Nauplius**, v. 22, n. 1, p. 13-20, 2014.

PANTALEÃO, J. A. F.; HIROSE, G. L.; COSTA, R. C. Occurrence of male morphotypes of *Macrobrachium amazonicum* (*Caridea, Palaemonidae*) in a population with an entirely freshwater life cycle. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3, p. S223-S232, 2014.

PRETO, B. L.; KIMPARA, J. M.; MORAES-VALENTI, P.; VALENTI, W. C. Population structure of pond-raised *Macrobrachium amazonicum* with different stocking and harvesting strategies. **Aquaculture**, v. 307, n. 3-4, p. 206-211, 2010.

RAMOS, C. A. R. Qualidade ambiental, distribuição e densidade do mesozooplâncton do estuário de Guajará-Miri, Vigia de Nazaré, NE do estado do Pará. 2007.

SILVA, K. C. A.; RAMOS-PORTO, M.; VIANA, G. F. S.; CINTRA, I. H. A. (1998). Informações preliminares sobre os *Brachyura* (*Crustacea: Decapoda*) coletados na Costa Norte do Brasil durante o Programa Revizee. **Trop. Oceanogr.**, 26(1).

SILVA, K. C. A.; SOUZA, R. A. L.; CINTRA, I. H. A. Camarão-cascudo *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (*Crustacea, Decapoda, Palaemonidae*) no município de Vigia-Pará-Brasil. **Boletim Técnico-Científico do Cepnor**, v. 2, n. 1, p. 41-73, 2002.

SILVA, M. C. N.; FRÉDOU, F. L.; ROSA FILHO, J. S. Estudo do crescimento do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) da Ilha de Combú, Belém, Estado do Pará. **Amazônia, Ciência & Desenvolvimento**, v. 2, n. 4, p. 85-104, 2007.

SILVA, B. B. da. Ecologia, pesca e dinâmica populacional do camarão-da-Amazônia-*Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (*Decapoda: Palaemonidae*) –capturado na região das ilhas de Belém-Pará-Brasil. 2011.

SOUSA, R. G. C.; FLORENTINO, A. C.; PIÑEYRO, J. I. G. Inovação de artefatos e caracterização da pesca do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) na comunidade São Sebastião da Brasília-Parintins/AM. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 4, n. 3, p. 83-87, 2014.

TADDEI, F. G.; REIS, S. D. S.; DAVID, F. S.; SILVA, T. E. D.; FRANSOZO, V.; FRANSOZO, A. Population structure, mortality, and recruitment of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (*Caridea: Palaemonidae*) in the eastern Amazon region, Brazil. **The Journal of Crustacean Biology**, v. 37, n. 2, p. 131-141, 2017.

VALENTI, W. C.; DANIELS, W. H. Recirculation hatchery systems and management. **Freshwater prawn culture: the farming of *Macrobrachium rosenbergii***, p. 69-90, 2000.

VERGAMINI, F. G.; PILEGGI, L. G.; MANTELATTO, F. L. Genetic variability of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* (*Decapoda, Caridea, Palaemonidae*). **Contributions to Zoology**, v. 80, n. 1, p. 67-83, 2011.

VIEIRA, I. M.. Diversidade de crustáceos das ressacas da Lagoa dos Índios, Tacacá e APA do Curiaú. **Diagnóstico das Ressacas do Estado do Amapá: Bacias do Igarapé da Fortaleza e Rio Curiaú. CPAQ/IEPA, DGEQ/SEMA, Macapá**, p. 53-62, 2003.

VIGIA, 2018. *História da Vigia*. Disponível em: <http://vigia.pa.gov.br/o-municipio/historia/>. (Acessado em 08/03).

Interações de Quatro Férmions

Four Fermions Interactions

Leonardo Oliveira do Nascimento

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Belém. Doutor em Física - UFPA. **Endereço:** Tv. Lomas Valentinas, 1412. Bairro: Marco. CEP.: 66093-671. **E-mail:** leonardo.nascimento@ifpa.edu.br.

Leandro Oliveira do Nascimento

Professor da Universidade Federal do Pará - Campus Breves. Doutor em Física - UFRJ.

William Santos Cunha

Graduando em Física - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Belém.

RESUMO

Neste trabalho realizamos um estudo geral sobre modelos de teoria quântica de campos com interação de quatro férmions e suas principais aplicações, em especial na Física da Matéria Condensada. Apresentamos um tratamento perturbativo e não perturbativo, bem como o efeito da anisotropia do espaço-tempo que altera a renormalizabilidade dos mesmos. A pesquisa foi desenvolvida mediante análise de bibliografias pertinentes ao tema, as quais revelaram a importância desses modelos no estudo na teoria quântica de campos e em outras áreas da física.

Palavras-chave: Interação de quatro férmions. Teoria quântica de campos. Anisotropia. Renormalizabilidade. Física da Matéria Condensada.

ABSTRACT

In this work we reviewed a general study on models of quantum field theory with interaction of four fermions and their main applications, especially in condensed matter physics. We present its perturbative and non-disturbing treatment, as well as the effect of space-time anisotropy alters their renormalization. The research was developed through analysis of bibliographies relevant to the theme, which revealed the importance of these models in the study in quantum field theory and in other areas of physics.

Keywords: *Four fermions interactions. Quantum field theory. Anisotropy. Renormalizability. Condensed Matter Physics.*

INTRODUÇÃO

A Teoria Quântica de Campos (TQC) é uma teoria que sofre problemas de divergências. A origem matemática do problema ocorre nos cálculos perturbativos quando se calcula as correções radiativas (diagramas com loops) de uma determinada função de Green (GOMES, 2015).

Existem dois tipos de divergências: a ultravioleta (UV) e a infravermelha (IV). A divergência UV surge quando a amplitude a ser calculada vai ao infinito no limite em que o momento do loop de integração assume grandes valores. Por outro lado, quando a amplitude é infinita para o momento do loop indo a zero, dizemos que há divergência IV. Em geral, as divergências IV aparecem em teorias de campos de massa nula (GOMES, 2015; RYDER, 1996).

O caminho utilizado para contornar estes problemas foi o da renormalização, aplicada com sucesso na Eletrodinâmica Quântica (EDQ). Tentou-se também a aplicação dos métodos de renormalização na interação fraca e forte. Atualmente as interações eletromagnética, fraca e forte estão unificadas pelo modelo padrão, permanecendo de fora a gravitação. A partir desse momento grande parcela da comunidade científica começou a acreditar que a renormalizabilidade deveria ser uma característica fundamental a toda TQC (GOMES, 2015; KAKU, 1993).

Hoje, sabe-se que a renormalizabilidade não é uma característica essencial e que é possível descrever o mundo físico a partir de uma teoria não renormalizável. Surgiu neste momento o conceito de Teoria Quântica de Campos Efetiva (TQCE) (LEPAGE, 1989).

Foi neste cenário e com objetivo de estudar as propriedades da Cromodinâmica Quântica (CDQ) em baixas energias (ordem de 1 GeV) que os modelos de interações fermiônicas têm sido extensivamente estudados ao longo das últimas décadas. É importante

ressaltar que neste regime a CDQ não possui aspectos perturbativos, tais como o confinamento de quarks e glúons, bem como a quebra de simetria quiral, tornando o seu estudo analítico muito difícil (SCHWARTZ, 2014; KAKU, 1993).

Na década de 70, modelos como o de Gross-Neveu (interações de quatro férmions, não renormalizáveis em dimensões espaço-tempo maior que 2) ganharam destaque, pois em baixas energias o mesmo compartilha características dinâmicas semelhantes a CDQ, tais como a liberdade assintótica e quebra espontânea de simetria quiral (utilizando a expansão $1/N$) (GROSS; NEVEU, 1974). Outro modelo muito importante com interações de quatro férmions é o de Nambu-Jona-Lasinio (NAMBU; JONA-LASINIO, 1961a; NAMBU; JONA-LASINIO, 1961b) proposto inicialmente para o estudo da dinâmica de partículas elementares baseado na ideia de supercondutividade.

A aplicação de técnicas perturbativas nesses modelos pode ser feita em duas dimensões (BAHIA, 2011). Para dimensões maiores que 2, devemos usar a ideia de TQCE. Na referência Alves, Nascimento e Lima (2009) os autores propõem um modelo com interações quárticas fermiônicas para estudar o grupo de renormalização numa escala de baixa energia, e neste regime calculam perturbativamente em 4 dimensões as funções delta e beta do modelo que estão relacionadas com a renormalização da massa e da constante de acoplamento. Um estudo similar, só que considerando uma teoria mais geral, é feito em Alves, Nascimento e Peña (2013).

Outro ponto de grande interesse que tem recentemente recebido muita atenção é a análise de possíveis efeitos da anisotropia do espaço-tempo. Em particular, no contexto de TQC, esta possibilidade surge como uma alternativa para o estudo de teorias não renormalizáveis uma vez que melhora

o comportamento ultravioleta da série perturbativa, apesar de violar a simetria de Lorentz.

A principal característica das teorias anisotrópicas ou teorias tipo Lifshitz é o comportamento diferente entre as coordenadas de espaço bx^i ($i = 1, 2, 3$) e tempo $b^z t$, sendo b um parâmetro massivo e z o expoente crítico que dita a renormalizabilidade e z o comportamento anisotrópico da teoria, de tal forma que um grande valor melhora o comportamento ultravioleta (VISSER, 2009; HORAVA, 2009; GOMES, 2012).

No entanto, a implementação deste tipo de anisotropia introduz aspectos incomuns no cenário geral da TQC e, portanto, é importante investigar cuidadosamente as consequências desta nova abordagem. Dentre alguns, podemos citar o grau de divergência superficial, as dimensões canônicas dos campos e da densidade de lagrangiana, os propagadores e outros conceitos que mudam no contexto da anisotropia (VISSER, 2009; GOMES 2012).

Em Alves et. al (2018) os autores fazem uma quebra de simetria de Lorentz (QSL) na parte cinética da densidade de lagrangiana e no termo de interação tipo Gross-Neveu-Thirring, com isso em uma dimensão espaço-tempo 3 a teoria se torna renormalizável.

Aspectos não perturbativos também podem ser analisados em TQC no contexto de teorias de Horava-Lifshitz, em especial a expansão $1/N$ (DOSSOW, 2016)

Além das várias aplicações mencionadas anteriormente, outra muito importante é na Física da Matéria Condensada (FMC). Nesse caso, as interações de quatro férmions têm grande destaque no modelo BCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer) para a supercondutividade. O processo de geração de pares de Cooper, que explica a

resistência nula para baixas temperaturas, ocorre de maneira análoga ao da geração de massa no modelo Gross-Neveu (MARINO, 2017).

O objetivo deste trabalho é apresentar uma visão geral sobre os modelos de quatro férmions, descrevendo suas principais características e aplicações nos mais variados campos da física.

SISTEMA DE UNIDADE

O sistema de unidade utilizado no trabalho é o sistema de unidades naturais (SUN), no qual é considerado que a velocidade da luz e a constante de Planck são grandezas adimensionais ($c = \hbar = 1$). Com a adoção do SUN, temos que espaço (L) e tempo (T) possuem a mesma dimensão e ambos possuem dimensão inversa de massa (M) (NETO, 2017).

Matematicamente temos que $L = T = M^{-1}$. Deste modo, para um espaço-tempo cuja dimensão seja D , algumas grandezas importantes têm a seguinte dimensão em unidades de massa:

1. [ação] = 0 (adimensional);
2. [derivada] = 1;
3. [densidade de lagrangiana] = D ;
4. [campos bosônicos] = $(D - 2)/2$;
5. [campos fermiônicos] = $(D - 1)/2$.

Para mais detalhes ver Neto (2017). Todas as grandezas a seguir serão apresentadas em unidades de massa. Na próxima seção do trabalho serão apresentados os conceitos básicos relacionados ao estudo destes modelos.

MODELOS DE QUATRO FÉRMIONS

A densidade de lagrangiana de interação dos modelos de quatro férmions pode ser escrita de uma maneira geral

como $g/2 (\bar{\psi}\Gamma^\mu\psi)^2$, sendo g a constante de acoplamento, Γ^μ a matriz identidade ou alguma combinação das matrizes de Dirac (γ^μ ; γ^5 ; $\gamma^5\gamma^\mu$). Os termos ψ e $\bar{\psi}$ representam, respectivamente, um campo de matéria (um elétron, por exemplo) e anti-matéria (um pósitron). Para teorias que possuam somente campos fermiônicos a densidade de lagrangiana completa é dada pela soma da parte livre (termo de Dirac) $\bar{\psi}(i\partial_\mu\gamma^\mu - m)\psi$ mais a parte de interação $g/2 (\bar{\psi}\Gamma^\mu\psi)^2$. Assim, podemos obter a equação (1) dada por (GOMES, 2015).

$$\mathcal{L} = \bar{\psi}(i\partial_\mu\gamma^\mu - m)\psi + \frac{g}{2}(\bar{\psi}\Gamma^\mu\psi)^2. \quad (1)$$

Modelos de interações quárticas fermiônicas possuem constante de acoplamento com dimensão igual a $2 - D$. Logo, para $D = 2$ o modelo é renormalizável, uma vez que a constante de acoplamento será adimensional. Para valores de $D > 2$ a teoria sempre será não renormalizável, pois a constante de acoplamento terá dimensão negativa (SCHWARTZ, 2014; KAKU, 1993).

A partir deste momento, por uma questão de simplicidade, iremos considerar Γ^μ como sendo a matriz identidade, sendo a interação $(\bar{\psi}\psi)^2$ conhecida na literatura como termo de Gross-Neveu (GROSS; NEVEU, 1974).

Da equação (1), considerando o vértice como sendo Gross-Neveu, podemos obter o propagador e vértice da teoria. Suas expressões são dadas, respectivamente, pelas equações (2) e (3) (GOMES, 2015; SCHWARTZ, 2014; KAKU, 1993).

$$S(p) = i(p_\mu\gamma^\mu - m)^{-1}, \quad (2)$$

$$ig/2. \quad (3)$$

Graficamente o propagador e o vértice são apresentados na Figura 1.

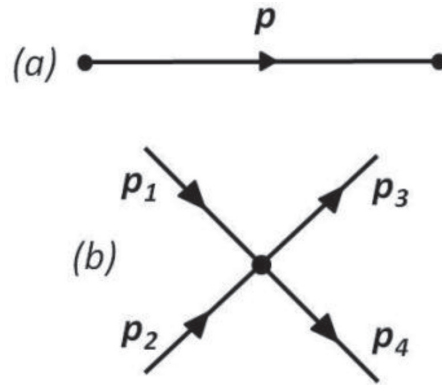


Figura 1. (a) Propagador e (b) Vértice.

Existem basicamente três modos de serem realizadas a análise desses modelos: (1) usando técnicas perturbativas, partindo da fórmula de Gell-Mann-Low; (GOMES, 2015) (2) utilizando técnicas não perturbativas, a mais usada é a expansão $1/N$ (GROSS; NEVEU, 1974; DOSSOW, 2016); e podendo também ser utilizado a (3) QSL estudando o modelo via expansão $1/N$ (DOSSOW, 2016) ou usando a fórmula de Gell-Mann-Low (BAHIA, 2011).

Nas seções seguintes serão apresentadas diferentes formas de abordarmos modelos com interações quárticas fermiônicas e suas aplicações.

FÓRMULA DE GELL-MANN-LOW

Para renormalizar o modelo descrito pela equação (1), devem ser calculadas as correções radiativas do propagador e vértice, ver Figura 2.

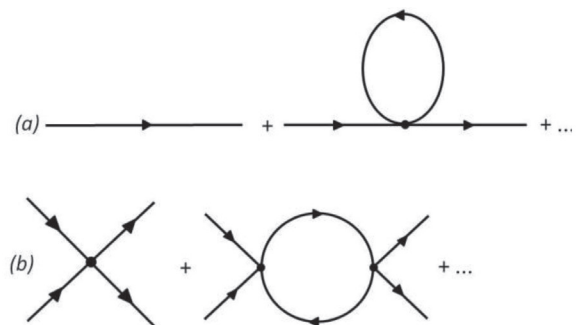


Figura 2. Correções radiativas em 1-loop para o propagador (a) e para o vértice (b).

Essas correções são obtidas a partir da fórmula de Gell-Mann-Low para diagramas conexos (diagramas 1PI, aqueles que quando cortados em alguma linha não formam novos diagramas distintos) dada pela expressão (4).

$$\langle 0|T\Phi(x_1)\cdots\Phi(x_n)e^{iS}|0\rangle, \quad (4)$$

Com $S = \int d^4x \mathcal{L}_{int}(\Phi)$. Sendo T o operador que ordena temporalmente as contrações entre os campos genéricos Φ (bosônico ou fermiônico) de um ponto a outro, gerando assim os propagadores. E $\mathcal{L}_{int}(\Phi)$ é a densidade de lagrangiana de interação (GOMES, 2015).

Para serem obtidas as correções radiativas deve ser feita uma expansão do termo $e^x = 1 + x + x^2/2 + \cdots$ na equação (4). Essa expansão é válida se a constante de acoplamento for pequena, pois garante a convergência da série perturbativa. Com isso, agrupam-se ordem a ordem os termos dessa série e em seguida podem ser obtidos os gráficos de Feynman conexos. Para o presente modelo os gráficos importantes são os de 2 pontos, que corrige a massa e a intensidade do campo, e os de 4 pontos, que corrige a constante de acoplamento (SCHWARTZ, 2014; KAKU, 1993; RYDER, 1996).

Sabendo os diagramas que são relevantes, o próximo passo é saber que tipo de divergência eles possuem. Para isso, deve ser utilizado o conceito de grau de divergência superficial, $d(G)$, dado pela equação (5).

$$d(G) = D - [\psi]N_F - [g], \quad (5)$$

sendo $[\psi] = (D - 1)/2$ a dimensão do campo fermiônico, N_F o número de linhas externas fermiônicas do diagrama e $[g] = 2 - D$ a dimensão da constante de acoplamento. A equação (5) foi obtida levando em consideração que a teoria só possui férmions e que ela não possui derivadas na densidade de lagrangiana

de interação, ver equação (1). Para mais detalhes veja a referência Gomes (2015).

Deste modo, para o gráfico de 2 pontos da Figura 2, $N_F = 2$, logo $d(G) = 1$, ou seja, o mesmo possui divergência linear. Para o gráfico de 4 pontos da Figura 2, $N_F = 4$, logo $d(G) = 0$, ou seja, ele possui divergência logarítmica.

Sabendo o valor de $d(G) = 0$ para cada diagrama é possível saber que tipo de resultado será obtido após o cálculo de sua integral. Sendo que os termos devem ser invariantes de Lorentz e polinômios no momento externo (GOMES, 2015). Assim, para o diagrama de 2 pontos após sua resolução é esperado o seguinte resultado $Ap^\mu\gamma_\mu + Bm$, sendo A e B valores constantes. Para o diagrama de 4 pontos o termo obtido será C , um valor constante.

De acordo com Kaku (1993) e Schwartz (2014), a renormalização é um processo de eliminar os infinitos absorvendo-os dentro de uma redefinição dos parâmetros físicos, como por exemplo: a massa, a intensidade do campo e a constante de acoplamento. Assim, A é interpretado como uma redefinição da intensidade do campo fermiônico ψ (ou $\bar{\psi}$) e B como uma redefinição da massa m . O valor C fornece a redefinição da constante de acoplamento g .

Tendo em mente o que foi explicado até o momento, a próxima etapa do processo perturbativo é a construção das integrais associadas a cada diagrama, para isso devem ser utilizadas as regras de Feynman. São elas basicamente: o propagador, equação (2), e o vértice, equação (3). Entretanto, existem outras que também são necessárias sendo as mesmas: conservação do momento, loop, traço e fator de simetria (KAKU, 1993).

A ordem de aplicação das regras deve ser a seguinte:

1. De acordo com a regra da conservação dos momentos, o momento em cada vértice deve ser conservado.

Em outras palavras, todo momento que chega no vértice deve ser igual ao que sai, ver Figura 3.

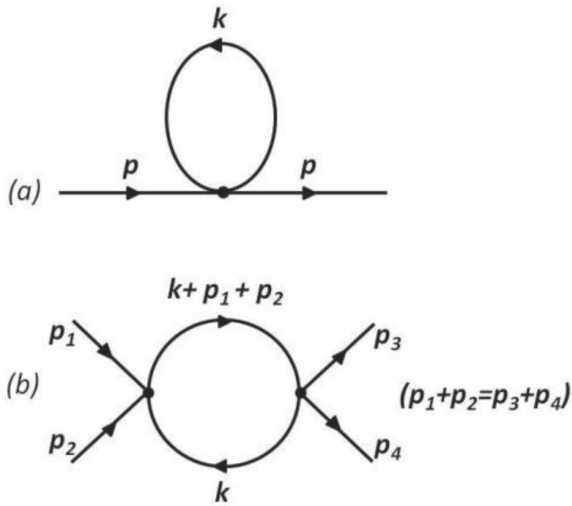


Figura 3. Correções radiativas em 1-loop com aplicação da regra de Feynman da conservação dos momentos nos vértices: (a) diagrama de 2 pontos e (b) diagrama de 4 pontos.

2. Segundo a regra do loop, para cada loop deve ser associado uma integral no momento interno $\int d^D k / (2\pi)^D$. Em seguida, devem ser inseridos os propagadores e vértices presentes na parte interna do diagrama (excluindo-se as linhas externas). Nessa inclusão, é importante seguir um sentido, horário ou anti-horário.

3. A regra do traço consiste em calcular o traço da integral toda vez que o loop for constituído somente por propagadores fermiônicos. Em geral, calcula-se primeiramente o traço no numerador do integrando e em seguida a integral.

4. Por fim, a regra do fator de simetria, consiste em multiplicar cada uma das integrais por um valor S . Sendo que ele está relacionado com as diferentes formas que os campos externos têm de se combinarem com os campos nos vértices e formarem um dado diagrama de Feynman.

Aplicando-se as regras de Feynman nos diagramas da Figura 3, a integral do diagrama de 2 pontos é dada pela

equação (6) e a integral do diagrama de 4 pontos é dada pela equação (7).

$$-4igTr \int \frac{d^D k}{(2\pi)^D} S(k), \quad (6)$$

$$16g^2Tr \int \frac{d^D k}{(2\pi)^D} S(k)S(k-p), \quad (7)$$

sendo 4 e 16 os fatores de simetria de cada diagrama.

O passo seguinte seria resolver as equações (6) e (7) que divergem no UV (grandes valores de momento k). Essa solução seria obtida mediante o uso de alguma técnica de regularização. As técnicas de regularização mais conhecidas são a regularização por cutoff (FEYNMAN, 1948) e a regularização dimensional proposta por Bolini e Gambiagi (1972) e por 't Hooft e Veltman (1972).

O cutoff consiste em aplicar um corte no limite da integral divergente o substituindo por um novo limite de valor Λ , como $\int_0^\infty \approx \int_0^\Lambda$, no qual o parâmetro é eliminado ao ser considerado o limite de $\Lambda \rightarrow \infty$ (KAKU, 1993).

A regularização dimensional consiste em resolver a integral divergente fazendo uma redução dimensional do tipo $d^{D-\epsilon}k$, pois em dimensões menores as integrais tendem a se tornarem convergentes. Ao final do processo a divergência assume a forma $1/\epsilon$, quando $\epsilon \rightarrow 0$ (GOMES, 2015).

Independente de qual regularização será utilizada no cálculo da integral, essa apenas irá separar a parcela finita do diagrama da parcela divergente (que depende do regulador, Λ ou ϵ , por exemplo). As divergências são efetivamente eliminadas após a aplicação de um esquema de subtração, que juntamente com as condições de normalização da teoria, fornecem a “física” do modelo (GOMES, 2015).

Para mais detalhes de como usar as técnicas de regularização citadas acima, ver Nascimento et al. (2020). Neste trabalho, os autores consideraram uma teoria, mais simples, com interação quártica de campos escalares.

EXPANSÃO $1/N$

Nos casos em que $D > 2$, então o modelo da equação (1) é dito não renormalizável na expansão perturbativa da constante de acoplamento. Assim, não é possível por uma redefinição dos parâmetros físicos da teoria eliminar as divergências que aparecem nas correções radiativas, independente da ordem do loop.

Felizmente, existe uma maneira prática de contornar esse problema. Para isso, primeiro precisamos assumir que existem N cópias idênticas dos campos de matéria na equação (1). Essas cópias significam um novo índice de flavor (sabor) ao problema, que deve ser especificado usando-se condições físicas sobre os graus de liberdade do sistema (COLEMAN, 1988). Por exemplo, elétrons em uma rede *honeycomb* (rede favo de mel do grafeno) possuem spins e vales como graus de liberdade. Nesse exemplo, existem duas possibilidades de spins (para cima ou para baixo) e duas possibilidades de vale (vale K e vale K'), resultando em $N = 2 \times 2 = 4$. Assumindo um sistema genérico, no qual o valor N é muito grande (MARINO, 2015).

Em seguida, redefinindo a constante de acoplamento g para usando $\lambda = g N$. Depois disso, deve-se analisar as correções radiativas para muito grande e λ fixo (não necessariamente menor do que 1). Dessa forma, diagramas de ordem g (1-loop) serão de ordem $1/N$, os de ordem g^2 (2-loops) serão de ordem $1/N^2$ e assim por diante. Aqui, considerando diagramas de ordem até $1/N$. Nessa ordem, após uma análise cuidadosa, é possível mostrar que os propagadores corrigidos serão dados por

uma série infinita e correções de 2-loops são suprimidas pelo termo $1/N^2$ (COLEMAN, 1988). Isso significa que, dessa forma, é gerada uma série infinita (série de Dyson), o que permite obter o pólo do propagador corrigido e, assim, o modelo pode ser renormalizável nessa aproximação. Sendo essa a essência da expansão $1/N$.

Talvez, o maior sucesso dessa aproximação é a possibilidade de descrever o processo de quebra espontânea de simetria. Nesse tipo de fenômeno, a densidade de lagrangiana (ou hamiltoniana para física da matéria condensada) do sistema possui uma determinada simetria, enquanto o vácuo do sistema não é invariante pela mesma simetria. Além disso, a expansão $1/N$ pode também descrever outros processos como transições de fase para estados topológicos da matéria (COLEMAN, 1988).

Como exemplo de aplicação, será considerado $1/N$ a expansão para o modelo de Gross-Neveu em dimensões para férmions não massivos ($m = 0$). Após trocar $\lambda = g N$, devemos fazer a mudança na equação (1) e obtemos a equação (8) (GROSS; NEVEU, 1974).

$$\mathcal{L} \rightarrow \mathcal{L} - \frac{N}{2\lambda} \left(\sigma - \frac{\lambda}{N} \bar{\psi}\psi \right)^2, \quad (8)$$

o que permite transformar a interação de quatro férmions em uma interação tri-linear envolvendo dois campos de matéria e um campo auxiliar. Pela equação de movimento para o campo auxiliar, chega-se à equação (9) (GROSS; NEVEU, 1974).

$$\sigma = \sigma_0 = \frac{\lambda}{N} \langle \bar{\psi}\psi \rangle. \quad (9)$$

Dessa forma, a teoria é quadrática nos campos fermiônicos o que permite integrar sobre estes e, assim, obter a equação (10) (GROSS e NEVEU, 1974).

$$S_{ef}[\sigma] = N^{\frac{1}{2}}S_0[\sigma] + N^0S_1[\sigma] + \mathcal{O}(N^{-1/2}), \quad (10)$$

sendo S_{ef} a ação efetiva que depende de σ . Note que $S_0[\sigma]$ deve ser nula no limite que N é muito grande, caso contrário a ação efetiva seria divergente. Essa condição fornece a chamada *equação de gap* do modelo, dada pela equação (11) (GROSS; NEVEU, 1974).

$$\frac{\sigma_0}{\lambda} = 2 \int \frac{d^D k}{(2\pi)^D} \frac{\sigma_0}{k^2 - \sigma_0^2}. \quad (11)$$

A equação (11) permite obter o termo de massa em função da escala de energia μ . Considerando $D = 2$, encontra-se a equação (12) (GROSS; NEVEU, 1974).

$$\sigma_0^2 = \mu^2 \text{Exp}[-2\pi/\lambda(\mu)]. \quad (12)$$

Seguindo a lógica do processo de renormalização, essa quantidade deve ser invariante por variações em μ , o que permite obter a equação (13) do grupo de renormalização (GOMES, 2015).

$$\left(\mu^2 \frac{\partial}{\partial \mu^2} + \beta \frac{\partial}{\partial \lambda} \right) \sigma_0^2 = 0, \quad (13)$$

Sendo que a função β da constante de acoplamento é dada pela equação (14).

$$\beta = -\lambda^2(\mu)/2\pi. \quad (14)$$

Com base nesses resultados, chega-se a várias conclusões: (i) um termo de massa σ_0 foi gerado para o campo de matéria, embora este termo não exista no modelo original. Portanto, (ii) ocorreu uma quebra dinâmica de simetria. Nesse caso, elétrons não massivos são invariantes pela simetria quiral, mas, devido a geração de massa, calcula-se uma fase na qual essa simetria é quebrada. (iii) A origem

$\lambda(\mu) = 0$ é um ponto estável da função beta e a beta é negativa para qualquer valor de μ . Usando a definição da função beta $\beta = \mu^2 \partial \lambda / \partial \mu^2$, concluímos que para μ muito grande a constante de acoplamento tende a zero, o que caracteriza a liberdade assintótica (GOMES, 2015).

ANISOTRIA DO ESPAÇO-TEMPO

No contexto da quebra de simetria de Lorentz, no sentido de Horava-Lifshitz, um modelo antes não renormalizável pode tornar-se renormalizável ajustando-se o parâmetro que controla a anisotropia. Isto se deve ao fato de que o espaço e tempo possuem comportamento diferente sobre uma transformação de escala do tipo $x^i \rightarrow bx^i$ e $t \rightarrow b^z t$. Consequentemente a potência na componente espacial do momento no denominador do propagador da teoria livre aumenta pelo fator z , de maneira que uma escolha adequada de z pode levar a um melhor comportamento UV da teoria, ou no sentido de interações, tornar uma teoria antes não renormalizável em uma teoria renormalizável (VISSER, 2009; HORAVA, 2009).

Apesar da ideia parecer simples, o fato é que a maioria dos conceitos nas teorias que não apresentam QSL mudam. Dentre eles os principais são: os propagadores, o grau de divergência superficial, as dimensões canônicas dos campos e da densidade de lagrangiana (VISSER, 2009; GOMES, 2012). Esses “novos” conceitos são todos apresentados de forma sistemática ao longo desta seção para um espaço-tempo $d + z$, sendo d a dimensão espacial.

Nessa nova abordagem o SUN não é mais válido, $\hbar = 1$ e $c \neq 1$. Matematicamente podemos notar $T = L^z$. A ação continua sendo adimensional, pois tem a mesma dimensão da constante de Planck. Outros resultados importantes são:

1. $M = L^{z-2}$;
2. $[P] = L^{-1}$;
3. $[E] = L^{-z}$, logo $[E] = [P]^z$;
4. $[\mathcal{L}] = [P]^{z+d}$;
5. $[\psi] = [P]^{d/2}$;
6. $[\partial_0] = [P]^z$;
7. $[\partial_i] = [P]$.

Sendo P e E , respectivamente, o momento e a energia do campo. Para mais detalhes ver Visser (2009). Todas as grandezas a seguir serão apresentados em unidades de $[P]$.

Para uma teoria somente com férmions e sem derivadas na densidade de lagrangiana de interação, o grau de divergência com QSL é dado pela equação (15) (GOMES, 2012).

$$d(G) = d + z - [\psi]N_F - [V], \quad (15)$$

sendo $[\psi] = d/2$ a dimensão do campo fermiônico e $[V] = d + z - [\psi]\mu_F$ o termo que vem do vértice, no qual μ_F é o número de campos fermiônicos na densidade de lagrangiana de interação.

Considerando um modelo tipo Gross-Neveu $(\bar{\psi}\psi)^2$, $\mu_F = 4$, logo $[V] = z - d$. Para que a teoria seja renormalizável, deve-se ter $[V] = 0$, ou seja, $z = d$. Considerando o efeito da anisotropia $z = 2$, conclui-se que $d = 2$, deste modo o modelo de Gross-Neveu torna-se renormalizável em $d + z$ dimensões iguais a 4. Notando que sem anisotropia o modelo é não renormalizável para dimensões maiores que 2. Alves et al. (2018) aplicaram essa ideia para estudar o grupo de renormalização para um modelo de quatro férmions.

Aplicando o efeito de anisotropia na densidade de lagrangiana da equação (1) para $z = 2$ chega-se a equação (16) (GOMES, 2012).

$$\mathcal{L} = \bar{\psi}\{i\partial_0\gamma^0 + ib\partial_i\gamma^i + a(\partial_i\gamma^i)^2 - m\}\psi + g(\bar{\psi}\psi)^2, \quad (16)$$

sendo $[b] = [P]$, $[a] = 1$ e $[g] = 1$, e para uma dimensão efetiva $d + z = 4$ ($z = d = 2$). Lembrando que γ^0 e γ^i são as matrizes de Dirac, parte temporal e espacial, respectivamente.

O propagador agora é dado pela equação (17) (GOMES, 2012).

$$S(p) = i\{\gamma^0 + b p_i\gamma^i - a(\vec{p})^2 - m\}^{-1}. \quad (17)$$

Com a condição que $z = d = 2$, a dimensão do campo fermiônico é $[\psi] = 1$, assim o grau de divergência superficial é dado por $d(G) = 4 - N_F$. Para o diagrama de 2 pontos, $N_F = 2$, logo $d(G) = 2$ (divergência quadrática) e para o diagrama de 4 pontos, $N_F = 4$, assim $d(G) = 0$ (divergência logarítmica).

Existe na literatura o conceito de quebra suave ("soft") de Lorentz, a qual ocorre quando $z = 1$. Nessa situação, o termo livre da equação (1) fica $\bar{\psi}\{i\partial_0\gamma^0 + ib\partial_i\gamma^i - m\}\psi$ e o propagador da equação (2) é expresso por $i\{\gamma^0 + b p_i\gamma^i - m\}^{-1}$ (VISSER, 2009; GOMES, 2012).

As regras de Feynman com QSL são análogas as apresentadas anteriormente, bem como a forma com que são aplicados os métodos de regularização para solução das integrais dos diagramas do modelo e a construção do grupo de renormalização, veja Alves et. al. (2018).

A QSL é também aplicada em outras áreas da física, em especial na FMC, sendo este o tema a ser tratado na próxima seção.

FÍSICA DA MATÉRIA CONDENSADA

A formalização do problema de renormalização de campos em interação é geral o suficiente para ser aplicada tanto no contexto de partículas elementares

quanto no contexto de FMC. Dessa forma, os métodos discutidos aqui podem ser naturalmente ser usados para se estudar problemas nessa teoria.

Como comparação, vamos considerar o exemplo da teoria da supercondutividade. Nesse caso, os elétrons de um supercondutor, em temperaturas baixas o suficiente, formam estados ligados chamados de pares de Cooper. De acordo com o modelo BCS, esses pares podem conduzir corrente elétrica sem efeito de dissipação e, portanto, a resistência elétrica é nula em temperaturas da ordem de nano Kelvin para semicondutores tridimensionais.

Usando-se uma descrição lagrangiana para descrever elétrons em um supercondutor e a expansão $1/N$, é possível mostrar que os pares de Cooper serão dados pelo campo auxiliar $\Delta = \lambda \psi_{\uparrow}^{\dagger} \psi_{\downarrow}^{\dagger}$, sendo que $\uparrow$ se refere ao elétron com spin para cima e $\downarrow$ com spin para baixo. Além disso, Δ também é obtido por uma equação de gap que fornece a estimativa para a temperatura crítica para a transição semicondutor-supercondutor e a beta da constante de acoplamento. A principal diferença entre o modelo de Gross-Neveu e o modelo BCS não tem a ver com a matemática dos problemas, mas sim com as *simetrias* discutidas em cada caso. Com efeito, enquanto no modelo de Gross-Neveu temos simetria de Lorentz e uma quebra dinâmica da simetria quiral, no modelo BCS a teoria de partida já não possui a simetria de Lorentz e o estado supercondutor viola a simetria de Gauge. Para maiores detalhes veja Marino (2017).

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado uma revisão geral sobre modelos com interações quárticas de férmions e suas aplicações. Sendo que nos estudos citados, destacam-se basicamente dois tipos de tratamento a esses modelos: perturbativo e não perturbativo.

Essas teorias são não renormalizáveis por critério de contagem de potências para $D > 2$. Em $D = 2$ utiliza-se a fórmula de Gell-Mann-Low e posteriormente calcula-se as correções das grandezas presentes na densidade de lagrangiana (massa, campo e constante de acoplamento).

Para $D = 4$, a constante de acoplamento tem a forma g/Λ^2 , no qual Λ tem dimensão de massa. Usando as ideias de TQCE o modelo torna-se renormalizável no limite que $p \ll \Lambda \approx m$, sendo p o momento externo dos gráficos de Feynman. E deste modo, é possível tratar o problema via teoria de perturbação (NASCIMENTO, 2009; NASCIMENTO, 2014).

Com relação aos aspectos não perturbativos, usando a expansão $1/N$ em $D = 2$, destacam-se dois resultados importantes: a geração de massa e a liberdade assintótica (GROSS; NEVEU, 1974). Sendo essas propriedades presentes na CDQ.

Outro ponto de bastante relevância é quando o efeito da anisotropia no espaço-tempo em teorias que apresentam campos fermiônicos, desta forma é possível a melhora do comportamento UV da teoria. Neste cenário, também é possível realizar a expansão $1/N$ para modelos de auto-interação quárticas fermiônicas com QSL (DOSSOW, 2016).

Estudos com QSL, não se restringem somente a modelos de interações de quatro férmions, sendo utilizado também em teorias de interação tipo Yukawa (NASCIMENTO, 2014) e na EDQ (NASCIMENTO, 2014; ALVES; NASCIMENTO; PEÑA, 2013).

Outro campo da física no qual a QSL tem sido extensivamente utilizada é na FMC, em especial no estudo do grafeno (MENEZES et al., 2017). Neste contexto, a densidade de lagrangiana livre para o campo de calibre é dada pela pseudo-eletrodinâmica quântica (PQED) (MARINO, 2017).

Novos estudos nessa área podem gerar descobertas tanto de novas fases quânticas da matéria, como o efeito Hall quântico de vale (MARINO et al., 2015), como a renormalização da massa que pode ser observada em laboratório para dicalcogenetos de metais de transição (FERNÁNDEZ et al., 2020).

Com base no estudo apresentado neste trabalho, é inegável a extrema relevância que os modelos de quatro férmions possuem. Desde os primeiros trabalhos no início da década de 70 até os dias atuais, suas aplicações estão presentes em diversas áreas da física, como a TQC e mais recentemente na FMC.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Van Sérgio; PINHEIRO, Sérgio Vizeu Lima; NASCIMENTO, Leonardo. **Beta function in the non-Abelian Nambu-Jona-Lasinio model in four dimensions**. PRD 80, 045015 (2009).
- ALVES, Van Sérgio; NASCIMENTO, Leonardo; PEÑA, Francisco. **Fixed points in perturbative non-Abelian four-Fermi theory in (3+1)D**. PLA 377, 43 (2013).
- ALVES, Van Sérgio; CHARNESKI, B.; GOMES, M.; NASCIMENTO, Leonardo; PEÑA, Francisco. **Chern-Simons terms in Lifshitz-like quantum electrodynamics**. PRD 88, 067703 (2013).
- ALVES, Van Sérgio; FERNÁNDEZ, Luis; LEPE, Samuel; NASCIMENTO, Leonardo; PEÑA, Francisco. **Renormalization group approach in a Lifshitz-like Gross-Neveu-Thirring model**. PRD 97, 065015 (2018).
- BAHIA, Carlos André da Silva. **As Funções do Grupo de Renormalização no Modelo mais Geral com Interações Quárticas Fermiônicas com Simetria U(N) em (1+1)D**. Dissertação de Mestrado. PPGF/UFGA. 2011.
- BOLLINI, C. G.; GIAMBIAGI, J. J. **Dimensional Renormalization: The Number of Dimensions as a Regularizing Parameter**. Nuovo Cimento Vol. 12B, N. 1. 1972.
- COLEMAN, Sidney. **Aspects of Symmetry Selected Erice Lectures**. Cambridge University Press (1988).
- DOSSOW, Ricardo Andrés Martinez von. **Gross-Neveu em um ponto Lifshitz**. Dissertação de Mestrado. UFPB. 2016.
- FERNÁNDEZ, Luis; ALVES, Van Sérgio.; NASCIMENTO, L. O.; PEÑA, F.; GOMES, M.; MARINO, E. C.; **Renormalization of the band gap in 2D materials through the competition between electromagnetic and four-fermion interactions**. PRD 102, 016020 (2020).
- FEYNMAN, R. P. **Relativistic Cut-Off for Quantum Electrodynamics**. The Physical Review, Volume 74, No. 10, New York, November, 1948.
- GOMES, Marcelo Otávio Caminha. **Teoria Quântica dos Campos**. 2ª Edição. Editora da Universidade de São Paulo. 2015.
- GOMES, Pedro R. S.; GOMES, M. **Higher spatial derivative field theories**. PRD 85, 085018 (2012).
- GROSS, David; NEVEU, Andrés. **Dynamical Symmetry Breaking in Asymptotically Free Field Theories**. PRD 10, 10 (1974).
- HORAVA, Petr. **Quantum gravity at a Lifshitz point**. PRD 79, 084008 (2009).
- KAKU, M. **Quantum Field Theory: A Modern Introduction**. Oxford University Press. 1993.
- LEPAGE, G. P. **What is renormalization?** Proceedings of TASI-89, 1989.

MARINO, Eduardo C.; NASCIMENTO, L. O.; ALVES, Van Sérgio; SMITH, Cristiane M. **Interaction Induced Quantum Valley Hall Effect in Graphene**. PRX 5, 011040 (2015).

MARINO, Eduardo C. **Quantum Field Theory Approach to Condensed Matter Physics**. First Edition. Cambridge University Press. New York. 2017.

MENEZES, Natália; ALVES, Van Sérgio; MARINO, E. C.; NASCIMENTO, Leonardo; NASCIMENTO, Leandro O. and SMITH, C. Morais. **Spin g -factor due to electronic interactions in graphene**. PRB 95, 245138 (2017).

NAMBU, Y.; JONA-LASINIO, G. **Dynamical Model of Elementary Particles Based on an Analogy with Superconductivity I**. PRD 122, 1 (1961a).

NAMBU, Y.; JONA-LASINIO, G. **Dynamical Model of Elementary Particles Based on an Analogy with Superconductivity II**. PRD 124, 246 (1961b).

NASCIMENTO, Leonardo. **As Funções do Grupo de Renormalização no Modelo com Auto-interação Quártica Fermiônica**. Dissertação de Mestrado. PPGF/UFPa. 2009.

NASCIMENTO, Leonardo. **Modelos Isotrópicos e Anisotrópicos com Férmions**. Tese de Doutorado. PPGF/UFPa. 2014.

NASCIMENTO, Leonardo; MORAES JR, Alcemiro Paes de; DIAS, Gustavo Augusto Nogueira; COSTA, Marcos Adriano Barros. **Métodos de Regularização Aplicados a Teoria do Campo Escalar**. Revista Engrenagem N°19 (2020).

NETO, João Barcelos. **Teoria de Campos e a Natureza - Parte Quântica**. 1ª Edição. Livraria da Física. São Paulo. 2017.

RYDER, Lewis H. **Quantum Field Theory**. Second Edition. Cambridge University Press. New York. 1996.

SCHWARTZ, Matthew D. **Quantum Field Theory and Standard Model**. Second Edition. Cambridge University Press. New York. 2014.

VISSER, M. **Lorentz symmetry breaking as a quantum field theory regulator**. PRD 80, 025011 (2009).

'tHOOFT, G.; VELTMAN, M. **Regularization and renormalization of gauge fields**. Nuclear Physics B, Vol. 44, 189-213. 1972.

Simulação de uma enchente utilizando o software livre HEC-RAS 5.0.3 em um canal de uma bacia no rio Murucutum, Belém/PA

Flood simulation using the free software HEC-RAS 5.0.3 in a basin channel on the Murucutum River, Belém/PA

Vivian Carla Oliveira de Sousa Leite

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA. Acadêmica do curso Superior em Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus* Belém. **Endereço:** Av. Roberto Camelier, 390. Jurunas – Belém/PA - CEP: 66.033-420. **E-mail:** carlaleite945@gmail.com

Roberto dos Reis Soares

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA. Acadêmico do curso Superior em Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus* Belém.

Ilka Suely Dias Serra

Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - *Campus* Belém. Engenheira Sanitarista. Mestre em Engenharia Civil/Hidráulica.

Eduirbe Castro de Araújo

Engenheiro Sanitarista da Secretaria Municipal de Saneamento de Belém. Engenheiro Sanitarista. Mestrando em Engenharia Civil.

RESUMO

A realização deste trabalho se deu a partir dos intensos alagamentos que estão acontecendo na Avenida João Paulo II, em Belém, na Bacia do Murucutum. A área em estudo está localizada no bairro do Curió Utinga, cujo canal do Murucutum faz parte, desaguando no Rio Guamá. Nas proximidades do rio em estudo passa a Avenida João Paulo II, cujas cotas são baixas, em relação a cota segura estipulada pela Secretaria Municipal de Belém (SESAN), e ainda, a influência das marés altas, bem como, a grande quantidade de moradias irregulares a montante do rio, contribuem com enchentes tornando-se constantes na área. Sendo o objetivo deste trabalho simular uma enchente no Rio Murucutum, que faz parte da bacia do mesmo nome, utilizando o software livre HEC-RAS 5.0.3, com estimativa de tempo de retorno (TR) de 25, 50 e 100 anos, produzindo assim a mancha de alagamento do canal na área em estudo. Como observado, quando a chuva é de forte intensidade, a influência da maré e a ocupação desordenada do canal Murucutum, fazem com que a mancha de alagamento seja motivo de revisão das dimensões do córrego. A partir das investigações foi verificado que as maiores enchentes ocorrerão para os TR de 50 e 100 anos. Para o TR de 25 anos não se observou problemas significativos.

Palavras-chave: Ocupação desordenada. Simulação. Alagamento.

ABSTRACT

This work was carried out based on the intense flooding that is happening on Avenida João Paulo II, in Belém, in the Murucutum Basin. The area under study is about Curió Utinga, whose Murucutum channel is part of, flowing into the Guamá River. Avenida João Paulo II passes close to the river under study, whose quotas are low, in relation to the safe quota stipulated by the Municipal Secretariat of Belém (SESAN), and also, the influence of high tides, as well as the large number of houses irregular upstream of the river, contribute to flooding becoming constant in the area. The objective of this work is to simulate a flood in the Murucutum River, which is part of the basin of the same name, using the free software HEC-RAS 5.0.3, with an estimated return time (TR) of 25, 50 and 100 years, producing thus the flooding spot of the channel in the study area. As observed, when the rain is heavy, the influence of the tide and the disordered occupation of the Murucutum channel, make the flood spot a reason for reviewing the dimensions of the stream. From the investigations it was verified that the biggest floods will occur for the 50- and 100-years old RT. For the 25-year RT there were no significant problems.

Keywords: Disorderly occupation. Simulation. Flooding.

INTRODUÇÃO

As enchentes podem ser consideradas uma das consequências da dinâmica dos sistemas naturais e antrópicos sobre a superfície terrestre. Essa dinâmica não se restringe apenas ao aumento da vazão que leva à enchente, mas também os movimentos atmosféricos, aos processos geomorfológicos e, principalmente, às repercussões ocorridas nas áreas afetadas pelas enchentes, em especial nas áreas urbanas situadas às margens dos rios, onde são processos frequentes (WOLLMANN, 2015).

Dados do INMET- Belém, no período de 1987 a 1996, a cidade de Belém registrou a precipitação média anual de 3.158mm., com as maiores frequências de chuvas no período de janeiro a maio. Considerando as informações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no período de 1967 a 1996, foi registrado uma precipitação média anual de 3.001 mm, e a estação do Departamento Nacional de Proteção ao Voo (DNPV), constatou no período de 1996 a 2000 uma precipitação média anual de 3.160 mm. Portanto, pode-se afirmar que a precipitação média anual na Região Metropolitana de Belém (RMB) é superior 3.000 mm.

A cidade de Belém, capital do Pará, é margeada pelo Rio Guamá e pela Baía do Guajará, tendo a altitude média aproximadamente 10 m acima do nível do mar. No entanto, segundo dados do Plano Diretor Urbano (PDU) de Belém, grande parte da população de Belém se concentra em áreas em que as cotas são inferiores ou iguais a 4 m, tradicionalmente denominadas de “baixadas”. Por esse motivo, estas áreas recebem influências de bacias hidrográficas existentes no município de Belém, o que acaba por fazer com que a população de baixa renda venha residir em terrenos sujeitos a inundações ou alagados permanentemente.

As bacias hidrográficas do município de Belém se consideradas

unidades de planejamento, de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRS), os córregos que cruzam a área urbana, tornam-se importantes referências de qualidade de gestão, onde será possível controlar o uso e a ocupação evitando inundações, protegendo áreas de mananciais, as nascentes ou cabeceiras dos rios.

A microbacia do Murucutum está submetida a grandes pressões antrópicas em razão dos bairros localizados no seu entorno, por isso sua área apresenta ambientes de muita fragilidade. Nesse cenário, ações antrópicas normalmente, em áreas urbanas, acontecem em bacias hidrográficas onde não há planejamento urbano. Diante dessa realidade há a necessidade de estudos e aplicação de modelos para conservação de áreas potencialmente vulneráveis, mesmo pertencendo a áreas de proteção ambiental (RIBEIRO, 2018).

A bacia do rio Murucutum, tem na sua geografia uma grande área preservada onde estão localizados os lagos pertencentes ao sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Belém, sob a gestão da Companhia Estadual de Águas e Esgoto – COSANPA. Porém a montante está bastante antropizada e com consequente baixa permeabilidade somado a ocupação do leito do rio, tendo como consequências alagamentos por obstruções, assoreamento e desvios do seu curso natural, causando prejuízo à toda população que trafega nas vias e residências adjacentes ao córrego, principalmente durante o período do inverno amazônico, entre os meses de dezembro a maio. Esses alagamentos se agravam quando coincidem com as marés altas, que influenciam todos os canais urbanos do município de Belém.

A dinâmica de uma bacia hidrográfica é característica peculiar a cada caso de ocupação urbana e não pode ser generalizada. Dessa forma, o

planejamento de uma bacia urbana que tem um sistema complexo de drenagem, deve ser elaborado através de estudos detalhados de suas características locais (MARTINS, 2015).

Para auxiliar nestes estudos e compreender melhor o funcionamento e possíveis prospecções mitigatórias é fundamental o uso de ferramentas de modelagens hidrodinâmicas, que visam o melhor comportamento da bacia.

Dessa forma, o trabalho teve como objetivo usar o software HEC-RAS 5.0.3, como ferramenta de análise de uma ocorrência real, com dados hidrológicos e de maré, visando uma melhor compreensão do fenômeno do alagamento e possível ação mitigadora, orientando ações estruturais e não estruturais que poderiam ocorrer no Rio Murucutum para um melhor funcionamento na gestão das águas de chuva.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

GEOMORFOLOGIA

Essa ciência tem ainda a incumbência de estudar todos os fenômenos que ocorrem e que interferem diretamente na formação do relevo. Sua responsabilidade é disponibilizar informações para as causas da ocorrência de um determinado tipo de relevo, levando em consideração os agentes (internos e externos) modeladores do relevo (FREITAS, 2019).

DRENAGEM URBANA

Segundo Tucci (2005), os sistemas de drenagem têm sido criados no princípio de que “a melhor drenagem a que retira água pluvial excedente o mais rápido possível do seu local de origem”. Esse sistema de drenagem convencional é o sistema observado na bacia hidrográfica do Murucutum, divididos em microdrenagem e macrodrenagem. Segundo esse

sistema, a microdrenagem é o sistema que recebe a captação de água pluvial e conduz de forma mais rápida até o sistema de macrodrenagem. É constituída pelos pavimentos de rua, sarjetas, bocas de lobo, galerias e canais de pequena proporção. Já a macrodrenagem é um tipo de sistema, quando não natural, é projetado para receber as precipitações superiores e as da microdrenagem, dando continuidade ao escoamento dos deflúvios até o seu exutório (TUCCI, 2005).

OCUPAÇÃO DESORDENADA

Diante da complexidade desse estudo de bacia hidrográfica do Murucutum, tendo em vista que determinados componentes naturais como a chuva, a maré, o relevo e o solo se tratam de elementos que estão diretamente imbuídos à dinâmica hidrológica das bacias hidrográficas, há que se reportar aos eventos das enchentes como consequência da presença de um quarteto fisiográfico constituído pela combinação dos fatores: maré alta, chuva forte e terrenos baixos e as sazonalidades climáticas. Tais perspectivas devem ser levadas em consideração num estudo sistêmico da unidade espacial impactada pelo problema (SOARES; CARVALHO, 2018).

O crescimento populacional acelerado tem trazido diversos efeitos nas áreas urbanas. Na grande maioria das cidades brasileiras, um desses efeitos se dá pela falta de planejamento urbano, causando inúmeros problemas para a população que nelas residem. Pode ser citado como exemplo, as enchentes, que trazem consigo problemas de grande escala como: a perda de materiais e bens, causando prejuízos econômicos, desabrigar milhares de pessoas (PORTO, 2011). Há uma forte correlação entre a precipitação acumulada mensal e os casos de internação da leptospirose

em Belém. No ano de 2019, segundo a Secretaria de Saúde do Estado do Pará (Sespa), o estado do Pará teve 102 casos confirmados em comparação ao ano de 2018 com 138 casos, porém, só em Belém foram 55 casos ano passado. Isso favorece quando se observa que a maior parte do terreno da cidade se encontra em baixas cotas altimétricas (MOREIRA et al., 2019).

Nos países desenvolvidos e nos em desenvolvimento, o crescimento urbano tem sido significativo desde a década de 1970, o crescimento da população estacionou e tende a diminuir. O processo de desenvolvimento urbano nos países da América Latina é mais significativo, visto que 77% da população é urbana, sendo a média mundial de 47,2% (TUCCI, 2005).

BACIA HIDROGRÁFICA DO MURUCUTUM

Bacia hidrográfica é a área onde ocorre a captação da água de chuva que faz encontrar todos os fluidos de escoamento em um único ponto de saída, o chamado exutório (SANTOS, 2017). Sendo importante ressaltar que para a constituição de uma bacia, existem dois aspectos primordiais: o relevo e a hidrografia.

A bacia do Murucutum é uma bacia hidrográfica de Belém que apresenta destacada importância, pois nela situa-se o sistema de lagos que abastecem a cidade, engloba o Parque Estadual do Utinga (PEUT) incluindo parte da Área

de Proteção Ambiental (APP) de Belém. Existe pressão populacional de baixa renda na ocupação da bacia de montante da bacia (TOZI, 2020).

Apesar da bacia hidrográfica do Murucutum ser uma das maiores bacias da cidade, há uma grande retenção das águas pluviais superficiais e a contribuição que infiltra no solo. As chuvas que caem no Parque Ambiental, encaminham-se naturalmente para os lagos Bolonha e Água Preta e são utilizadas no abastecimento de água para a Região Metropolitana de Belém. Essas águas represadas, implicará numa menor contribuição da maior parte da bacia na vazão de pico da chuva que iria para o rio Murucutum.

INUNDAÇÕES E ENCHENTES

Segundo TUCCI (2003), as ocorrências de inundações no meio urbano se dão a partir do desenvolvimento urbano das cidades ou qualquer aglomerado urbano. É de extrema importância para conter esse tipo de risco ferramentas que têm como sistema: alerta de cheias que integrem modelos meteorológicos, hidráulicos e hidrológicos, para que seja possível a antecipação do conhecimento de cheias e assim reduzir futuros impactos desses eventos. Assim é possível compreender o processo de enchentes em áreas urbanas. Segundo o Atlas de Brasileiro de Desastres Naturais, a inundação é o 3º maior evento de incidente no país. Na Figura 01, vemos os registros de inundações em todo o Brasil, ocorrido no período de 1991 a 2012.

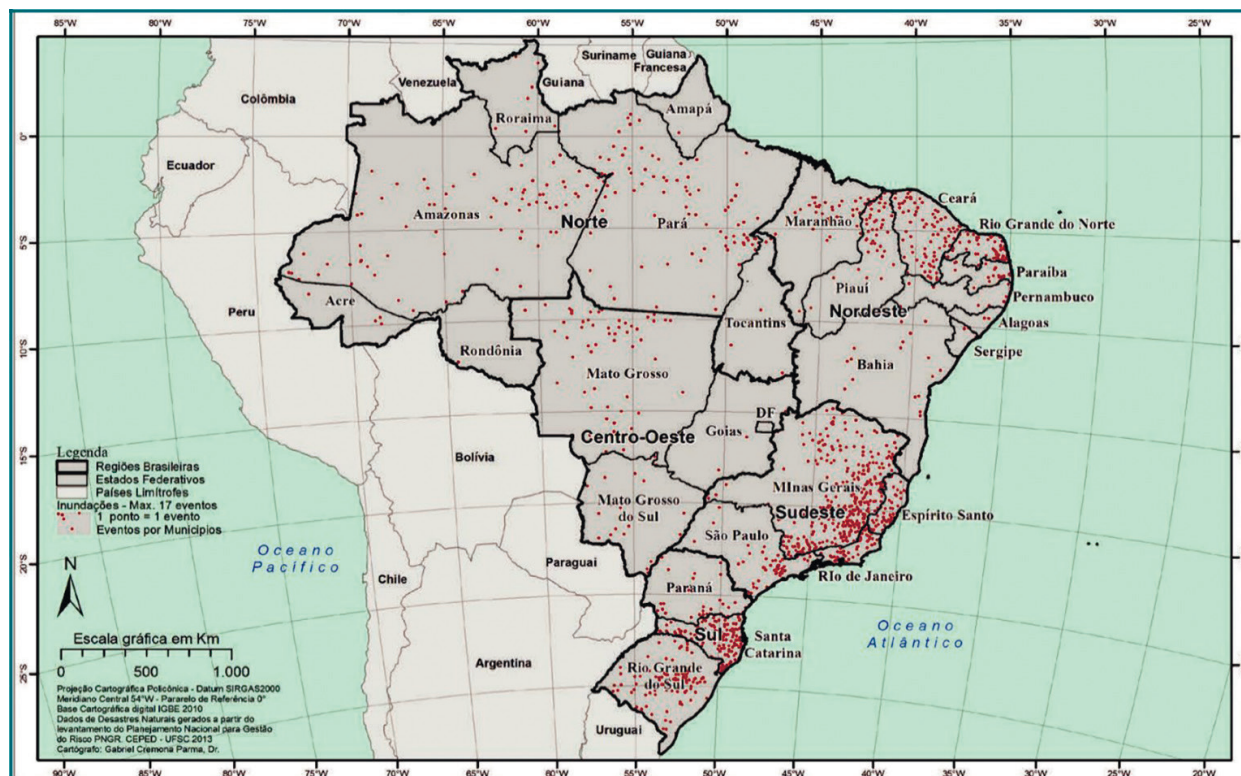


Figura 01. Inundações no Brasil entre 1991 a 1992.
Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, 2013.

A maior preocupação se dá pelo fato de que as inundações ocorrerem à medida que a impermeabilização avança no solo (TUCCI, 2005). Apesar das estruturas hidráulicas (Intervenções Estruturais) serem vistas como uma solução para as inundações, a implantação dessas estruturas também aumentam as velocidades de escoamento superficial, com isso causando um aumento do seu volume e ocasionando a maior frequência de inundações, que antes eram de baixa ocorrência visto que o processo natural se dava pela infiltração do solo.

Segundo o novo relatório da ONU (2020), o Brasil está entre os 15 países do mundo com a maior população exposta ao risco de inundação. Neste estudo consta catástrofes naturais ocorridos nas últimas duas décadas na América Latina e Caribe, onde aponta que a inundação é um tipo de desastre mais comum na região desde 2000.

Entre os anos de 2000 até 2019, a América Latina e Caribe sofreram prejuízos

de 1 bilhão de dólares ocasionados por danos de 12 enchentes no período citado. Foram 70 desastres do tipo ocorridos no Brasil, o que afetou quase 70 milhões de pessoas. No relatório de Desastres Naturais também ressalta que 0,9% dos 190,7 milhões de habitantes no país correram o risco de ser afetados pelas cheias.

ALAGAMENTO

Na bacia do Murucutum, a montante, há a Avenida João Paulo II que tem como função de interligação com os demais municípios que compõe a RMB. Em certo trecho, decorrente das ações de ocupações das margens e leito do rio, assoreamentos por sedimentos e lodo de esgotos, baixa manutenção dos equipamentos de drenagem, ocorre uma enchente frequente, a partir de chuvas de 30 mm de precipitação (CLIMATEMPO, 2020; O LIBERAL, 2020). A Figura 02 mostra o alagamento da avenida João Paulo, na área em estudo, na Bacia do Murucutum.



Figura 02. Alagamento na Av. João Paulo II.
Fonte: G1 (Jornal O Liberal, 2020).

HEC-RAS 5.0.3

Software desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE), o HEC-RAS 5.0.3 é voltado para a realização de estudos de escoamento em rios e canais. Seu nome foi criado a partir das siglas RAS, que significa River Analysis System (Sistema de Análises de Rios) e o HEC significa Hydrologic Engineering Center (Centro de Engenharia Hidrológica). Este sistema auxilia na análise e entendimento do fluxo de canal e na determinação de planícies de inundação, sendo capaz de modelar uma rede de canais, em um sistema dendrítico ou um único alcance de rio. Para além disso, ele também modela o fluxo de regime, podendo ser: subcrítico, supercrítico e misto.

O HEC-RAS 5.0.3 é um software que está disponível para download gratuitamente no site do Hydrologic Engineering Center, podendo ser utilizado por qualquer pessoa que tenha como objetivo a aplicação específica no gerenciamento e áreas inundáveis ou com riscos a inundação/ enchentes assim como pode ser utilizado para a análise de rompimento de barragens.

MATERIAL E MÉTODO

Para a utilização do software foi necessário a realização de busca por várias informações no histórico da área do canal Murucutum. Foram realizadas as seguintes atividades: o levantamento topográfico altimétrico da extensão de todo canal, que se inicia na Avenida João Paulo II até o rio Guamá; base de mapas cartográficos da Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM) e da Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN); base de imagens do catálogo online do TOPODATA; utilização do Google Earth; uso do recurso computacional disponível em https://gpsvisualizer.com/convert_input para a conversão das coordenadas; mapas de projetos da bacia do Murucutum executados pela SESAN e a utilização do software livre HEC-RAS 5.0.3, para simular as enchentes.

Já para a simulação da enchente no HEC-RAS 5.0.3, primeiro foi feito um levantamento altimétrico de todo o canal, com estacas de 20 em 20 m, onde em cada estaca é definido: seções transversais com a definição de todo o canal; nível d'água; fundo do canal; e, margens. Seguindo

orientação do HEC-RAS 5.0.3, em pelo menos uma seção, a cada 40 m, num raio de no mínimo 100 m equidistantes para o lado direito e esquerdo do canal, deve ser mostrada a situação dessas margens,

seguindo assim a altimetria do canal. Com isso, a seção transversal em cada estaca proporciona a modelagem hidrodinâmica mais precisa, a Figura 03 ilustra a situação descrita.

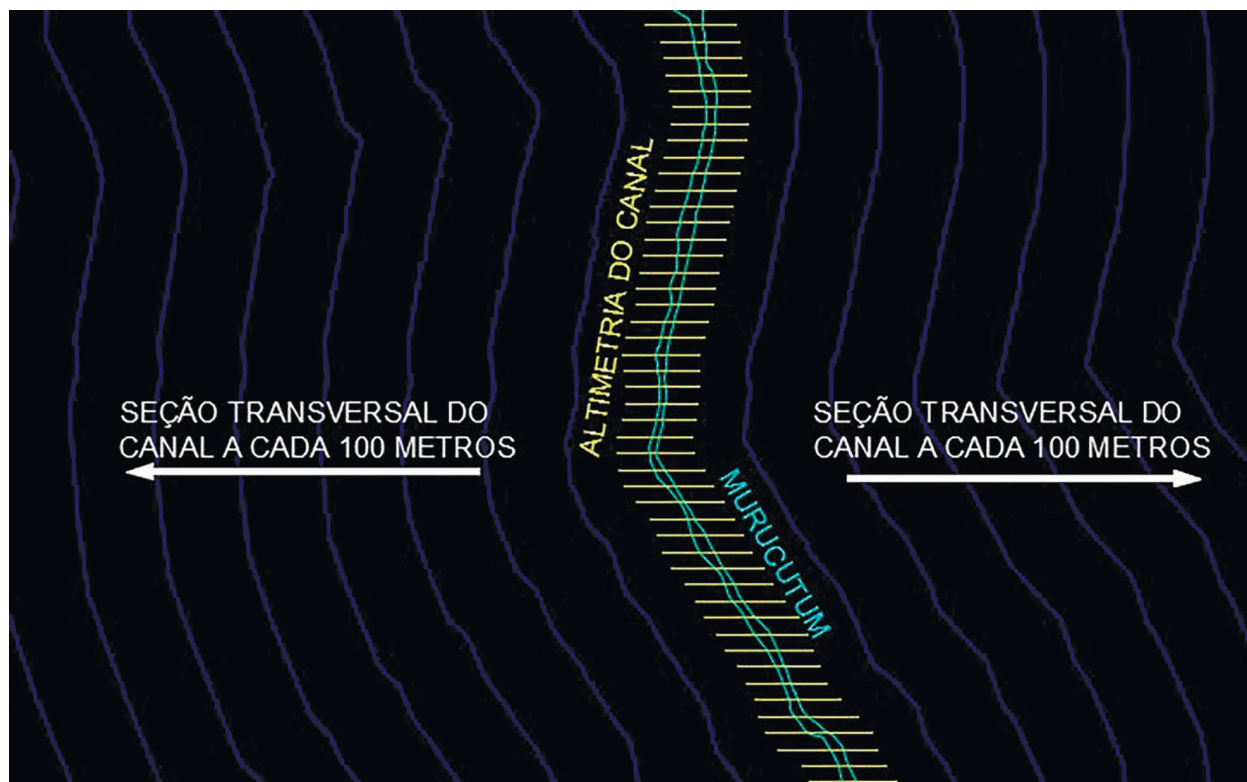


Figura 03. Seção transversal a cada 100 metros.

ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo compreende o canal do Murucutum que está situado no bairro do Curió Utinga, entre as coordenadas $1^{\circ}25'39.97''\text{S}$ a $1^{\circ}27'41.72''\text{S}$ e $48^{\circ}26'34.94''\text{O}$ a $48^{\circ}25'41.81''\text{O}$, os limites da área são o rio Guamá e as bacias hidrográficas do Una, Aurá, Tucunduba e do Ariri. Esta área está situada na bacia hidrográfica do Igarapé Murucutum, localizada a sudeste do município de Belém.

O bairro do Curió Utinga foi fundado nos anos 1990, localizado na RMB. Ele recebe todas as águas dos sistemas de drenagem urbana pluviais, assim como as águas do igarapé Murucutum, recebendo grande ação antrópica em razão dos bairros que existem ao seu entorno, sendo assim, uma área que apresenta muita fragilidade e vulnerabilidade, conforme mostra Figura 04.



Figura 04. Bacia do rio Murucutum.

Fonte: Prefeitura Municipal de Belém, 2014.

A ocupação desordenada tomou conta de parte da área fazendo com que as pessoas viessem a construir suas moradias a montante do rio, em um afluente denominado de Canal do Martir, obstruindo a passagem natural das águas que ali escoam, somado a sedimentação do leito deste canal, faz com que ela acumule principalmente nas áreas mais baixas, gerando o risco de ocorrência de enchentes.

Outro fato que contribui para o aumento do problema é a influência da maré sob o canal em questão. O rio Murucutum desagua no rio Guamá que recebe influência de maré oriunda da Bacia do Guajará. Nos momentos de preamar que coincidem com o período chuvoso, e somado a chuvas intensas diárias, ocorrem as inundações mais graves. No início do ano de 2020. Só no mês de janeiro, de acordo com o INMET, foram aproximadamente 400 mm e no mês de março 750 mm (Figura 05), isso levou aos transtornos vividos pelos moradores e principais avenidas da capital.

O assoreamento que ocorre no leito de um rio também é um problema advindo

de vários fatores, Alguns fatores que podem ser elencados, como a retirada da vegetação ciliar, intensos processos erosivos, elevado número de sedimentos de esgotos urbanos não tratados, assoreamento nos canais fluviais e o alagamento devido ao estrangulamento da seção transversal, tornando ineficiente a fluidez da massa líquida dos cursos d'água (SILVA, 2017).

Essa pesquisa foi motivada a partir dos intensos alagamentos que estão acontecendo na Avenida João Paulo II, em Belém, na Bacia do Murucutum. O principal objetivo desta pesquisa visa a simulação da mancha de alagamento no canal Murucutum, buscando compreender de que forma o comportamento das condições hidrológicas impactam os bairros contidos ao redor da bacia.

As cotas topográficas (Figura 06), em boa parte da Avenida João Paulo II são baixas, o levantamento altimétrico do canal demonstra que algumas cotas do nível d'água do canal coincidem com cotas do nível do terreno das residências.

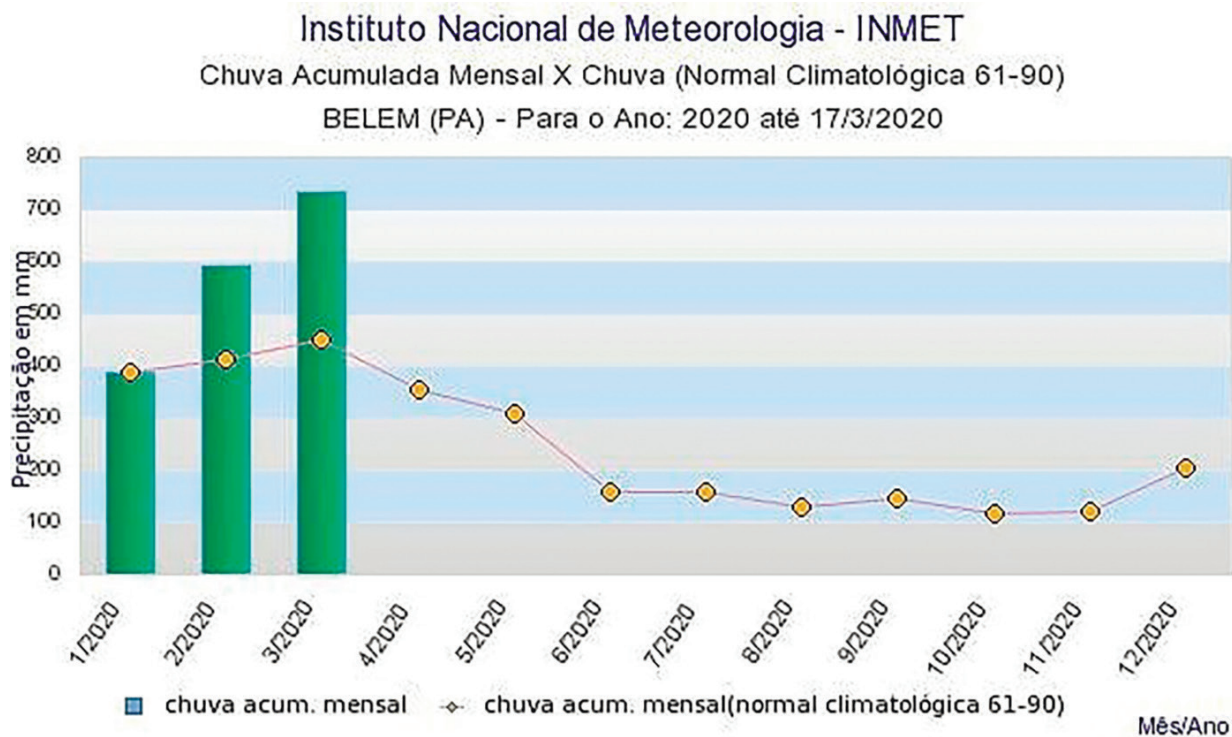


Figura 05. Índice pluviométrico entre os meses de janeiro a março em 2020.

Fonte: Inmet, 2020.

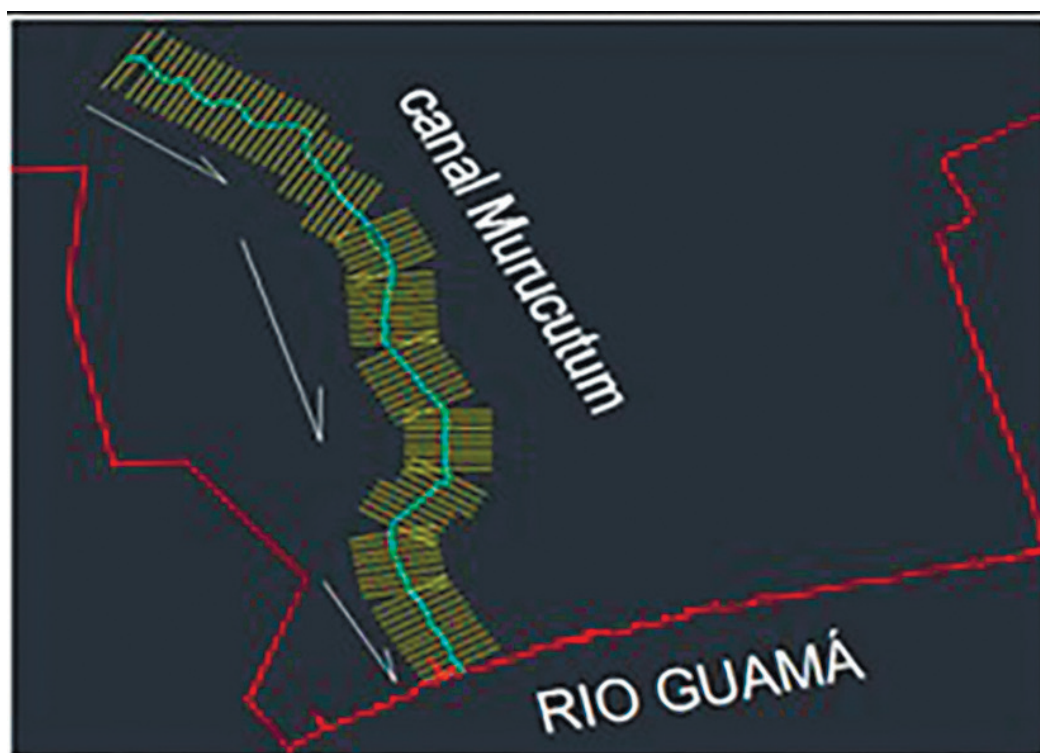


Figura 06. Levantamento altimétrico do canal.

Fonte: SESAN, 2014.

IMAGENS DA CARTA TOPOGRÁFICA DA ÁREA EM ESTUDO

Por falta da obtenção do levantamento para alimentar o Software HEC-RAS 5.0.3, ou seja, com ausência

de dados, houve a necessidade de utilizar imagens do TOPODATA (Figura 07), para que houvesse auxílio nos dados da Bacia Hidrográfica do Murucutum e assim começar o processo referente a simulação da enchente.

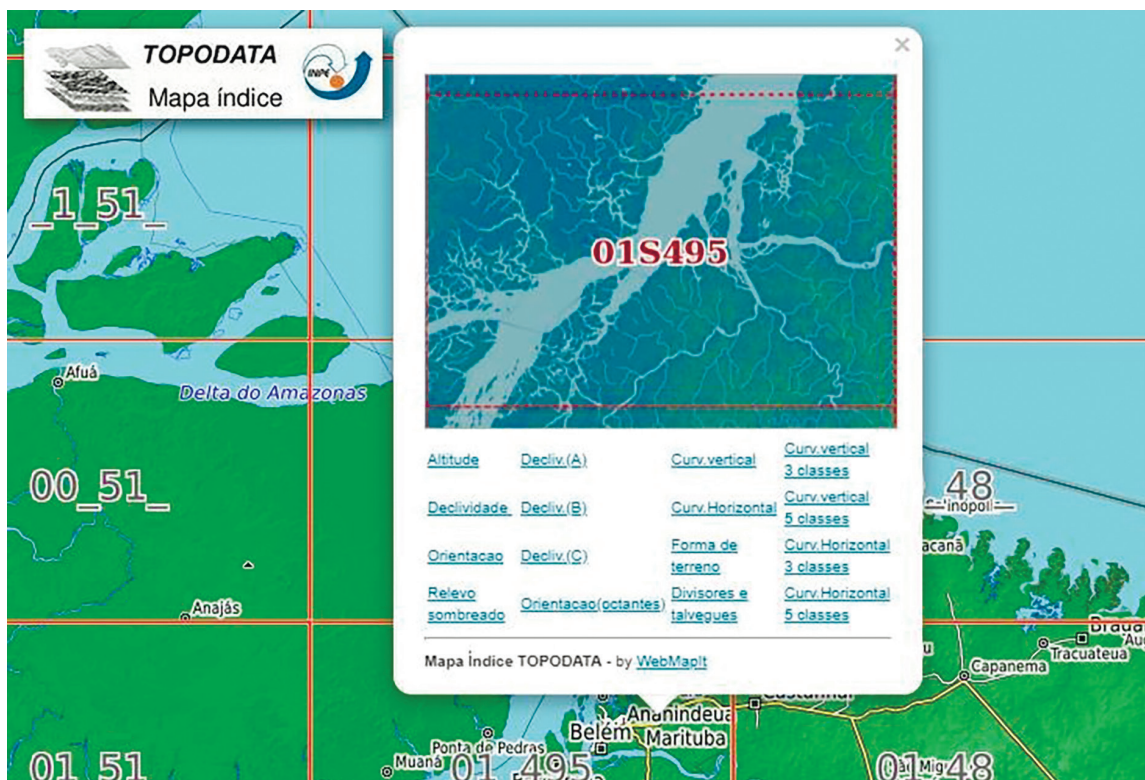


Figura 07. TOPODATA (carta topográfica).

Fonte: TOPODATA, 2020.

MODELO DIGITAL DO TERRENO

Para a complementação dos dados e para dar início ao processo de construção da mancha de alagamento, foi feito o uso do Software Google Earth (Figura 08), definida na mesma área em estudo, pois é de extrema importância que o ArcGis reconheça os pontos que faltam e com isso o MDT (Modelo Digital do Terreno) é gerado.

Abrindo o arquivo de imagem raster (é uma estrutura de dados geográficos que representa uma partição do espaço em células, frequentemente designadas

também por pixels) de igual dimensão. A dimensão da célula (ou resolução do raster) indica a dimensão do terreno que é representado nas células) que foi baixada do site TOPODATA. No ArcGis, foi definido o Datum (Modelo matemático teórico da representação da superfície da Terra ao nível do mar, utilizado pelos cartógrafos numa dada carta ou mapa) e toda sua projeção, extraímos as informações necessárias como: hidrologia, vias, canais e curvas de nível, que se encontra a região da bacia que encontra o canal, como mostra a Figura 09.



Figura 08. Bacia do Murucutum
Fonte: Google Earth.

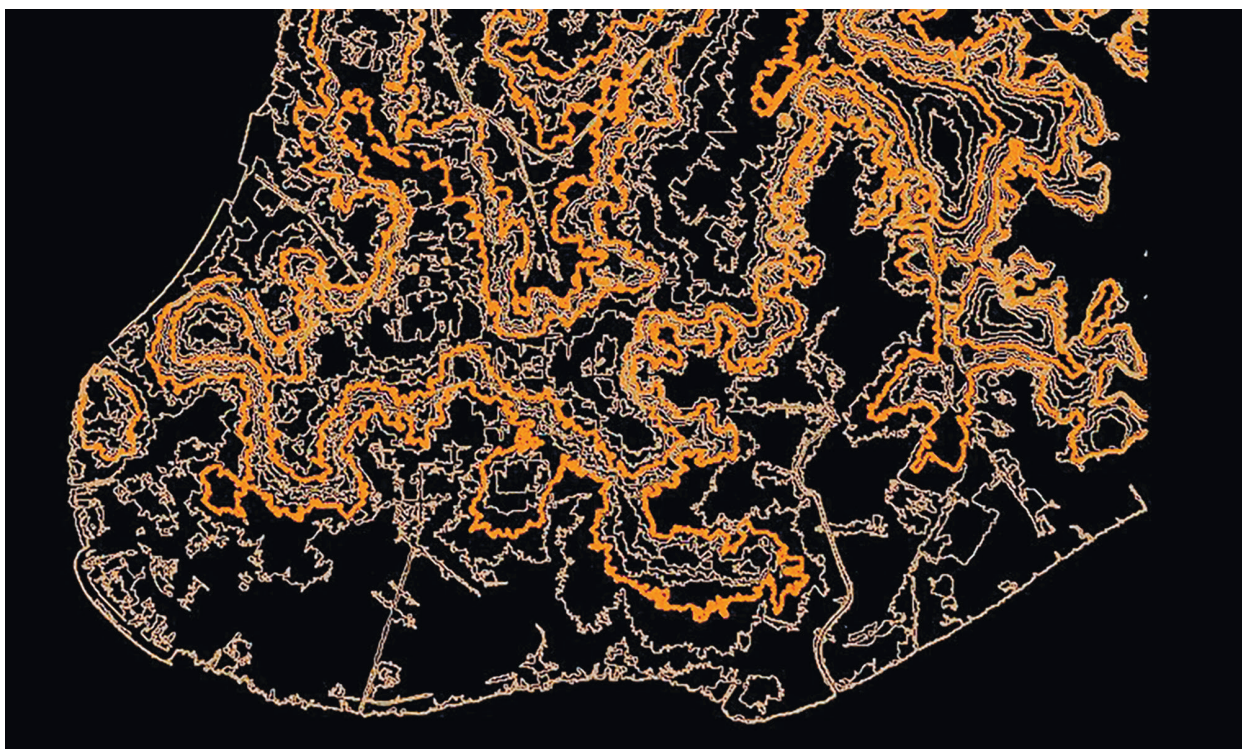


Figura 09. Extração de dados altimétricos da imagem do TOPODATA.

Já com as informações extraídas, após esse procedimento, geramos o MDT (Modelo Digital do Terreno) do local estudado, e com isso, traçamos e definimos as seguintes informações do canal: o fundo, as margens, o início e o fim, o estaqueamento, as seções transversais e a área de contribuição para todo o canal. Após o tratamento dos dados do Geoprocessamento no ArcGis, foram exportadas todas as informações necessárias para o HEC-RAS 5.0.3. Com o arquivo aberto, definimos os coeficientes necessários, um desses coeficientes é a rugosidade de Manning. Com os dados do levantamento topográfico, o HEC-RAS 5.0.3 executa os cálculos através dos dados topográficos inseridos e através da escolha do coeficiente de Manning.

RESULTADOS

A bacia hidrográfica do rio Murucutum tem na sua totalidade 1.825,20 ha, sendo 1.598 ha pertencentes a área de proteção dos mananciais de abastecimento de água e tendo sua mata ciliar totalmente preservada. A partir dos dados fornecidos para execução do HEC-RAS, foi possível encontrar os seguintes resultados enumerados a seguir.

- como o levantamento topográfico utilizado só apresentava o N.A. (Nível de Água) do canal, foi preciso adotar uma cota para o fundo do canal Murucutum. A cota de fundo adotada foi a partir da subtração de 1,5 m (de cada cota do N.A. existente), desde a estaca inicial do levantamento altimétrico até à estaca final do canal;
- as cotas adotadas juntamente com as curvas de nível, podem deslocar a real localização do canal;
- como o estudo se encontra numa área em que é repleta de árvores, é de extrema importância possuir o levantamento do fundo do canal, uma vez que as imagens utilizadas

do TOPODATA não fornecem essa informação;

- unificando todas as informações da imagem do TOPODATA e o levantamento do canal, pode ter ocorrido uma inconsistência na hora de gerar as curvas de nível da área, visto que a imagem via satélite do TOPODATA captura as altitudes do terreno sem definição das alturas das árvores e do terreno;
- sem uma definição precisa do que é realmente cota de terreno, implica dizer que, se o local onde as cotas foram adotadas estiverem baixas, mas o software utilizado reconhecê-las como cotas altas, a simulação vai apresentar o resultado em que não existe riscos de enchentes. Porém, a realidade é que se os dados apresentados, fossem os corretos, a mancha de inundação poderia alcançar ou não o local onde se obtém a cota máxima de inundação gerado pelo HEC-RAS 5.0.3 no referido estudo;
- com as cotas de fundo adotadas no projeto, o software HEC-RAS 5.0.3 gerou um projeto para o canal estudado. Os cálculos gerados podem apresentar um raio maior ou menor na mancha da enchente. Dentre os erros que podem acontecer destaca-se: ignorar o assoreamento ao longo do canal.

Após isso, o software foi alimentado com as informações definidas e com os dados topográficos existentes e assim foi possível realizar a simulação, sendo ainda necessária a confirmação in loco atualizada. A Secretaria Municipal de Saneamento de Belém, utiliza em seus projetos a cota altimétrica de 4,0 m com o intuito de evitar alagamentos. Com essa informação, foi alimentado o software livre HEC-RAS 5.0.3 para que se gerasse a área de alagamento na cota abaixo de 4,0 m.

Podemos observar que alguns trechos do canal apresentam cotas com 3,20 m de altitude, enquanto algumas ruas aparecem com 2,61 m de altitude. Como mostra a Figura 10, as casas que se localizam nas ruas abaixo do nível da referida cota, com a ocorrência de chuva, as casas são alagadas pelas águas que transbordam do canal Murucutum. A simulação foi realizada para três tempos de recorrência diferentes: **TR 25, TR 50 e TR de 100 anos.**

Para TR de 25 anos, o canal não demonstrou transbordamento na área onde se encontra grande parte de mata e mangues. Pelo tamanho da mancha de alagamento com este tempo de recorrência, observamos que não haverá impactos para a população do bairro do Curió que reside próximo ao canal. Vale ressaltar que a simulação para este tempo não ultrapassou a cota de 4,0 m assim, toda água que transcorre, escoar no canal sem danos ambientais, como mostra a Figura 11.

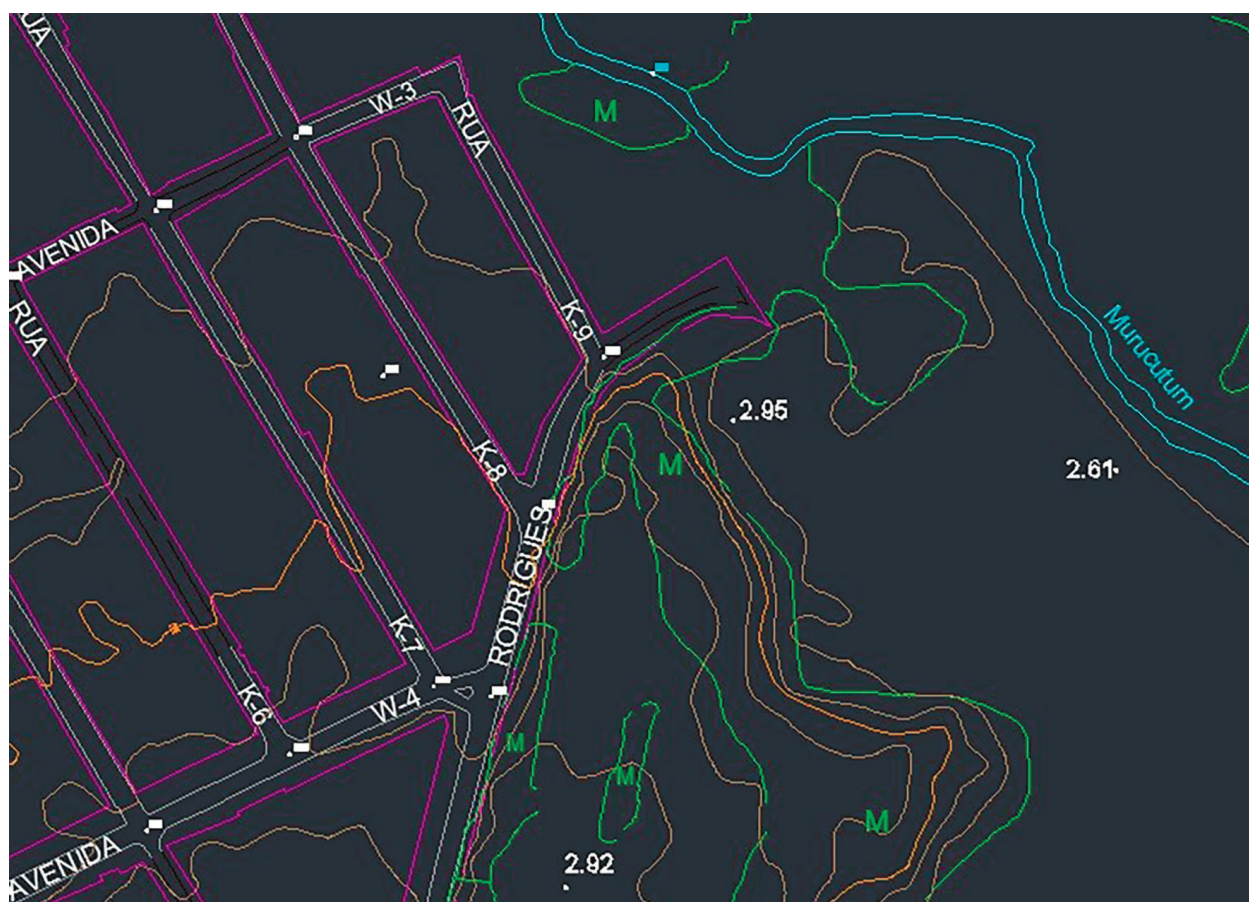


Figura 10. Levantamento da cota altimétrica.

Fonte: Multifinalitário CODEM, 2019.

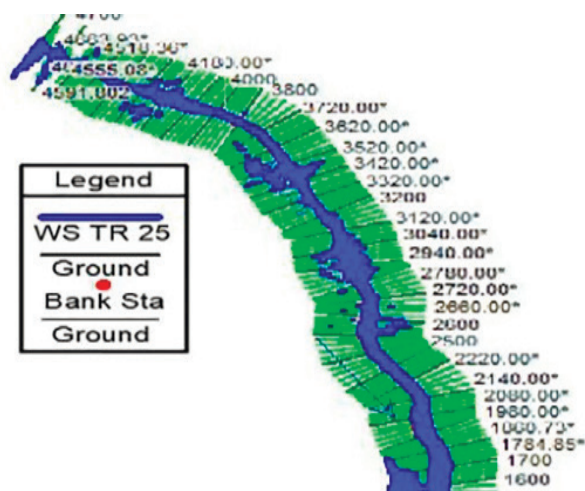


Figura 11. TR de 25 anos.

Para a simulação com TR 50, a área de alagamento já foi maior, demonstrando o nível d'água já com uma mancha de alagamento em áreas onde se encontra residências. A mancha ultrapassa a cota de 4,0 m. Embora a mancha de alagamento não

tenha se estendido a uma distância tão preocupante, os resultados expressos nesse tempo de recorrência demonstram que a enchente acontece em alguns pontos onde se encontram algumas casas, portanto, haverá problemas de alagamento. Ver Figura 12.

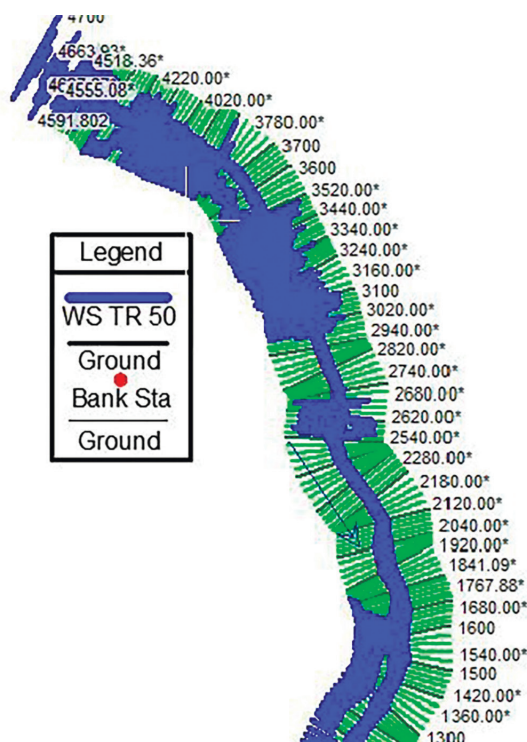


Figura 12. TR de 50 anos.

Para TR 100, a mancha do alagamento se mostra muito crítica, ou seja, alarmante. Ela atinge mais áreas urbanizadas, onde o transbordo é bem crítico no início do canal, atingindo cotas superiores a 4,0 m que é a cota considerada segura pela Prefeitura Municipal de Belém. A situação se torna alarmante pois além se alcançar uma área de mais de 350 m de distância, paralela à borda do canal, a mancha ultrapassa a cota segura sendo equivalente em alguns lugares a cota de 5,0 m, como mostra a Figura 13.

Mesmo com a ausência de dados topográficos confiáveis e precisos que são

fundamentais para que a credibilidade da simulação fosse o mais próximo da realidade no bairro do Curió Utinga, tanto no canal como em toda a bacia, foi possível visualizar nos tempos de retorno aplicados, que a curto prazo (TR 25 anos), o impacto sob o canal e no seu entorno não é tão grande. Porém, para os TR 50 e TR 100 anos, observamos uma situação preocupante e alarmante para a população que ali reside, tendo em vista que tanto no canal, quanto em quase toda a Avenida João Paulo II, as cotas de terreno estão abaixo de 5,0 m, o que apresenta metade da bacia do Murucutum inundada. Ver Figura 14.

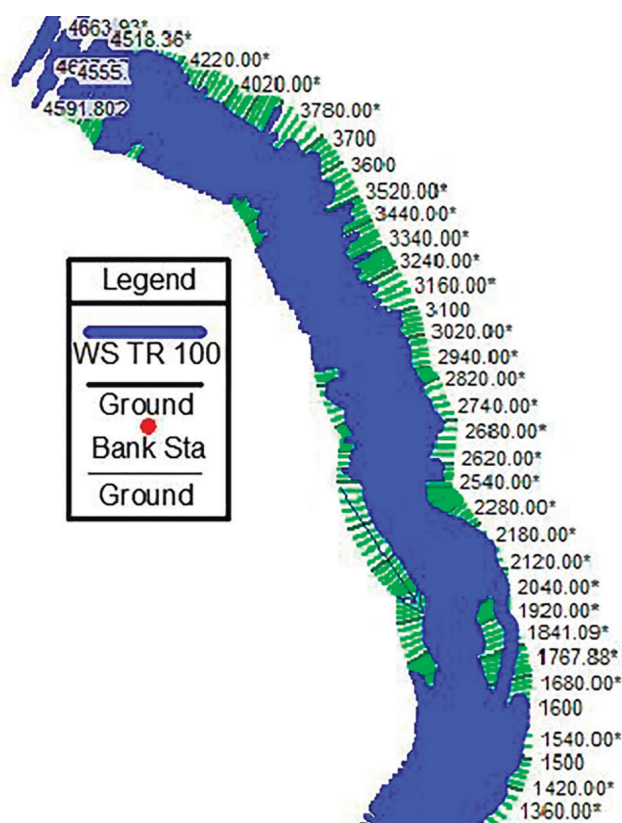


Figura 13. TR de 100 anos.

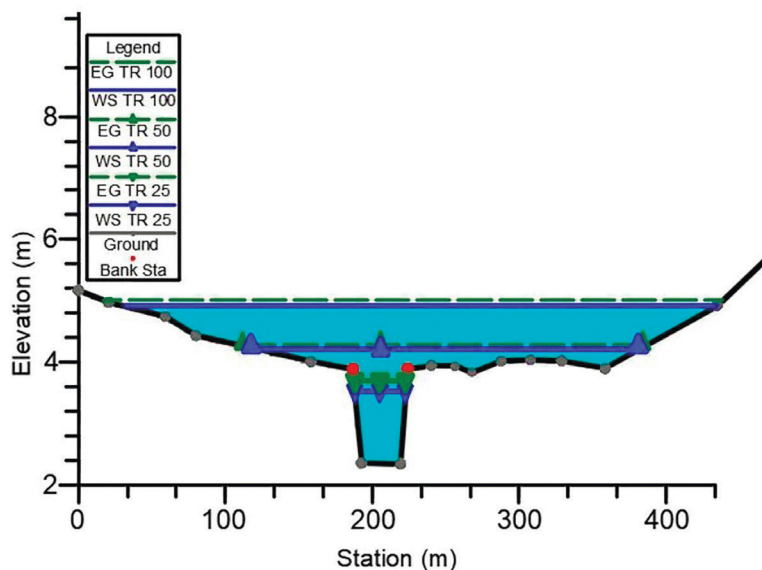


Figura 14. Mancha de possível enchente na Bacia do Murucutum.

CONCLUSÃO

A bacia do Murucutum está situada em uma área que sofre influência das marés, fazendo com que esteja propensa as condições de risco de alagamento e enchentes. Com o canal sofrendo drasticamente com as ações antrópicas na área, é perceptível a fragilidade que isso causa e a susceptibilidade as ocorrências desses eventos.

Porém, com chuvas fortes e intensas, a influência da maré e a ocupação desordenada do canal Murucutum, faz com que seja maior a preocupação da gestão quando visualizamos a mancha de alagamento proporcionada pelo estudo para os TR de 50 e 100 anos, bem como, os impactos gerados na vida das pessoas que residem nesta área e no seu entorno.

Com este trabalho, esperamos que tanto os dados levantados como os resultados obtidos a respeito das condições ambientais das áreas pertencente a bacia e do canal do Murucutum, apresentem alguma contribuição para que ajude na tomada de decisões da gestão municipal, para que objetivem a mitigação e ações antrópicas tanto na bacia quanto ao longo do canal do Murucutum.

REFERÊNCIAS

Agência Pará. Disponível em: <<https://www.agenciapara.com.br/pauta/2295/>>. Acesso em: 16/03/2020

Aprender Web. *Simulações pelo software livre HEC RAS 5.0.3*. Disponível em: <[http://www.aprenderweb.com.br/blog/HEC-RAS 5.0.3/simulacoes-escoamento-permanente-HEC-RAS 5.0.3/](http://www.aprenderweb.com.br/blog/HEC-RAS%205.0.3/simulacoes-escoamento-permanente-HEC-RAS%205.0.3/)>. Acesso em: 19/02/2019 Site Disponível em: <<http://www.belem.pa.gov.br/app/c2ms/v/?id=18&conteudo=4756>>. Acesso em: 19/02/2019

BRASIL. Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. *Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico*; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

Cadastro Multifinalitário. Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM). 2010.

Climatempo. *Chuva de março supera a média em Belém*. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/>

climatempo.com.br/noticia/2020/03/13/chuva-de-marco-supera-a-media-em-belem-2337>. Acesso em: 19/02/2020.

Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM). *Cota altimétrica*. Prefeitura Municipal de Belém: 2014.

Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). *Urbanização e medidas de proteção sanitária da região dos lagos Utinga*. Relatório técnico 023, 2000.

FREITAS, Eduardo. *A geomorfologia*. Mundo educação, 2019.

GOOGLE. *Google Imagens*. Disponível em: <<http://imagem.google.com/intl/pt-PT/>>. Acesso em: 26/02/2020.

GUERRA, A. J. T. *Geomorfologia e planejamento ambiental: conceitos e aplicações*; 2018.

Google Earth. *Bacia do Murucutum*. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-1.43131044,-48.42849417,18.75440941a,11031.31870979d,35y,27.23157983h,45.06339571t,0r>. Acesso em: 02/10/2020

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<https://paises.ibge.gov.br/#/>>. Acesso em: 23/02/2020.

MARTINS, Vânia Carla Dias. *Avaliação de Sistemas de Prevenção e Contenção de Inundações em Bacia de Drenagem Urbana*. 2015. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

MOREIRA, Fernanda S. A.; FERREIRA, Giovani Rezende Barbosa; DIAS, Luanna C.; VITORINO, Maria I. *Variabilidade espaço temporal da precipitação na Cidade de Belém-PA e sua relação com a incidência de Leptospirose*. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 12, n. 1, p. 071-080, 2019.

MUNIZ, A. C. F.; OLIVEIRA, V. P. V. *Geomorfologia e meio ambiente: uma contribuição ao estudo de áreas degradadas nos Sertões dos Inhamuns/ Cratéus (Ceará, Brasil)*, 2012.

O LIBERAL. Disponível em: <<https://www.oliberal.com/belem/conh%C3%A7a-a-hist%C3%B3ria-do-bairro-curi%C3%B3-utinga-engenhos-natureza-e-a-cabanagem-1.160357>>. Acesso em 19/02/2020.

O LIBERAL. Jornal, *Alagamentos em Belém não são causados só pela forte chuva e maré alta*. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2020/03/12/alagamentos-em-belem-nao-sao-causados-so-pela-forte-chuva-e-mare-alta-diz-especialista-entenda.ghhtml>,. Acesso em 14/08/2020.

Organizações das Nações Unidas (ONU). *Natural Disasters in Latin America and the Caribbean*. 2020.

PENA, Rodolfo F. Alves. *Assoreamento de rios*. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/assoreamento-rios.htm>. Acesso em 19 de fevereiro de 2020.

Política de Recursos Hídricos do Estado do Pará / Secretaria de Estado de Meio Ambiente. – Belém: SEMA, 2012. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br/2001/07/25/9760/>>. Acesso em: 02/01/2020.

PORTO, R. D. M. *Hidráulica Básica*. São Carlos: EESC-USP, 2006.

PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS/ABRH, 1995.

RIBEIRO, Ellen Gabriele Pinto. *Fragilidade ambiental da microbacia do rio Murucutu na Amazônia oriental*. 2018.

SANTOS, Flávio Augusto Altieri dos. *Alagamento e inundação urbana:*

modelo experimental de avaliação de risco. Dissertação (mestrado em Ciência Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA, Belém/PA, 2010.

Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN). *Planta das bacias hidrográficas da RMB*, 2010.

Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN). *Levantamento altimétrico do canal Murucutum*. 2014.

Secretaria de Saúde do Estado do Pará (SESPA). Disponível em: <http://www.saude.pa.gov.br/sespa-faz-alerta-para-evitar-a-leptospirose/>. Acesso em: 29/09/2020.

SILVA, José Roselito Carmelo.; ARAÚJO, Charles Silva de.; FONTES, Maicon Souza. *Estudo dos impactos ambientais em microbacia ocasionado pelas obras de construção do Conjunto João Paulo II na Zona Norte de Manaus–AM*. Revista Brasileira de Geografia Física 10.01.150-159. 2017.

SILVEIRA, A. L. L. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 2007. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica, UFRGS/ABRH, cap. 2, p. 40.

SOARES, André Araújo Sombra; CARVALHO, André Cutrim. *Desafios da governança do espaço urbano na era do antropoceno, e o caso das inundações e alagamentos em Belém/PA*. Revista GeoAmazônia, v. 6, n. 11, p. 105-142, 2018.

TOPODATA. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topdata/>>. Acesso em: 19/02/2019.

TOPODATA. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 03/02/2020.

TUCCI, C. E. M; GENZ, F. *Controle do Impacto da Urbanização*. In: TUCCI, C.E.M.; Urbanas. In: Tucci, C. E. M.; PORTO, R.

L. L.; BARROS, M. T. *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.387-414.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. Editora da Universidade/UFRGS. Porto Alegre, 1993.

TUCCI, C. E. M. *Inundações e Drenagem Urbana*. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. *Inundações urbanas na América do Sul*. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2003.

TUCCI, C. E. M. *Gestão das Inundações Urbanas*. UNESCO: Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, Porto Alegre, 2005.

TOZI, Shirley Capela. *Conflitos socioambientais em torno dos recursos hídricos na cidade de Belém, no estado do Pará (Brasil)*. Revista Agua y Territorio, n° 15, páginas 73-78. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. *Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010*: Volume Pará. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. *Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012*: Volume Pará. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.

USACE. HEC-RAS 5.0.3 - River Analysis System Hydraulic.

USACE. Hydrologic Modeling System HEC-HMS. Davis, CA: [s.n.], 2000.

WOLLMANN, Cássio Arthur. *Revisão teórico-conceitual do estudo das enchentes nas linhas de pesquisa da geografia física*. Revista Eletrônica Geoaraguaia do curso de Geografia – Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT). 2015.

Sexualidade no ensino da biologia: uma abordagem sobre a série sex education

Sexuality in biology teaching: an approach to the sex education series

Layse Rodrigues do Rozario Teixeira Lins

Acadêmica do curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus* Belém. **Endereço:** Passagem Jose de Alencar, 18b, Marambaia, Belém/PA, CEP: 66620-620. **E-mail:** layserodrigues15@gmail.com

Amanda Ramos Pereira

Acadêmica do curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus* Belém.

Joycianne Rodrigues Parente

Acadêmica do curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus* Belém.

Suezilide da Conceição Amaral Ribeiro

Docente do curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus* Belém. Doutora em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas.

RESUMO

O educador pode transversalizar diversos conteúdos importantes na formação dos alunos, utilizando diferentes técnicas de aprendizagem que levam em consideração seus hábitos e seu mundo, para contribuir com seu melhor aprendizado. Séries, filmes e jogos que estão presentes nesse cotidiano, podem tornar-se ferramenta de reflexão para temas importantes. Na biologia do ensino médio, a transmissão das temáticas relacionada à educação sexual, por exemplo, é um tópico importante, que contribui na construção de conhecimentos interdisciplinares, tanto de alunos quanto de professores, porém muito delicado nessa sociedade diversa e conflituosa. A presente pesquisa tem como objetivo relacionar a série *Sex Education* com temas conflituosos do ensino da biologia envolvendo sexualidade, em turmas de Ensino médio. A pesquisa é do tipo exploratória, visando explorar a série *Sex Education* e analisar as temáticas relacionadas a educação sexual como por exemplo: o educador no âmbito da educação sexual, gravidez na adolescência e aborto, para transversalizar as temáticas envolvendo a sexualidade no ensino de Biologia em turmas de Ensino Médio. Verificou-se que a série *Sex Education* tem potencial para ser utilizada como um recurso de mídia áudio visual pra transversalizar temáticas da educação sexual, em especial por educadores da área de ciências Biológicas nas turmas de Ensino Médio.

Palavras-chave: Educação sexual. Biologia. Ensino. Audiovisual.

ABSTRACT:

The educator can transversalize several important themes in the education of students, one of which is sexuality. The transmission of themes related to sex education contribute to the construction of knowledge by both students and teachers. The present research aims to relate the *Sex Education* series with conflicting themes in the teaching of biology involving sexuality, aiming to discuss the themes related to sexuality with potential to be used in the Teaching of Biology in high school classes. The research is of the exploratory type, aiming to explore the *Sex Education* series and analyze the themes related to sex education, such as: the educator in the scope of sex education, teenage pregnancy and abortion, to mainstream the themes involving sexuality in the teaching of Biology in high school classes. The *Sex Education* series has the potential to be used as an audio visual media resource to mainstream sexual education themes, especially by Biological Sciences educators in high school classes.

Keywords: Sex education. Biology. Teaching. Audiovisual.

INTRODUÇÃO

No ensino médio, o educador pode transversalizar diversos temas importantes na formação dos alunos, um desses temas é a sexualidade. A utilização de recursos educativos ao lecionar sobre a educação sexual na escola, contribui na construção de conhecimento, tanto dos alunos, quanto dos professores.

Entretanto, diversos estudos mostram que as pessoas que atuam no âmbito da educação apresentam dificuldades na prática em abordar questões sobre sexualidade (SEFFNER, 2013; NOVAK, 2013; BEIRAS; TAGLIAMENTO; TONELI, 2005) como o caderno de orientação sexual dos Parâmetros Curriculares Nacionais (Ministério da Educação e Cultura, 1998), a Política de Prevenção e Combate à Homofobia [Brasil sem homofobia] (Ministério da Saúde, 2004) ou ainda o próprio Estatuto da Criança e do Adolescente (Lei nº 8.069, 1990).

A sexualidade não é uma temática recente, por exemplo, desde a década de 90, os trabalhos relacionados à sexualidade vêm ganhando destaque nas escolas, devido à alta incidência de doenças sexualmente transmissíveis e gravidez na adolescência (BEIRAS; TAGLIAMENTO; TONELI, 2005). Porém não é fácil de ser discutida, provavelmente uma das primeiras coisas que se possa afirmar quando se trata de sexualidade é em relação à orientação sexual, conformando um dos pontos de tensão no espaço escolar. Dessa forma, o desafio de sensibilizar educadoras/es para temáticas da sexualidade considerado um exercício ético e político (FRIEDERICHES e SOARES, 2018).

De acordo com o trabalho de Rodrigues e Scheid (2008), os estudantes têm o direito de ser orientado sobre sua sexualidade, o professor de Biologia ao abordar essa temática deve-se considerar os aspectos biológicos e ainda incluir

questões sobre os anseios e sentimentos, e a partir desse conjunto, o estudante possa conduzir sua sexualidade com segurança. Entretanto, os professores reconhecem a importância de ampliar assuntos voltados à sexualidade, mas nem sempre se sentem preparados para a tarefa. Contudo, não cabe apenas aos professores esta tarefa, mas também à escola repensar práticas para ajudar os estudantes.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As pedagogias culturais são processos “educativos”, que mesmo sem o objetivo explícito de ensinar, conduzem por meio de artefatos culturais (SILVA, 2015). Com efeito, não somente os artefatos pedagógicos inseridos no currículo (livros, apostilas, agendas, cartilhas, etc.) representam modos de educar, mas também os artefatos culturais (como revistas, cinema, TV, séries, entre outros) veiculados em distintos espaços contemporâneos evidenciam que os discursos circulantes nas pedagogias não são fixos e nem uniformes, discursos pedagógicos que podem orientar a desconstrução em torno das temáticas sexualidade e que atravessam a Educação Sexual no currículo de licenciatura em Biologia (SOUZA, 2018).

Tanto a série quanto o filme educam e constroem sentidos, compondo as sensibilidades e visões de mundo de seus espectadores. Ao trazê-los para instituições formais de educação esses sentidos são tanto reconhecidos como conhecimentos, quanto deslocados e problematizados a serem refletidos e analisados (FERNANDES et. al., 2017).

Podem ser usados diversos meios pedagógicos de reflexão sobre a sexualidade no ensino de Biologia no âmbito escolar, como por exemplo os recursos audiovisuais tais como as séries. Esses recursos podem ser utilizados nas práticas escolares fortalecendo a

construção do conhecimento acerca da temática com finalidade de relacionar sentidos e intenções de formação dentro da escola, com as construções e aprendizagens já estabelecidas pelos jovens em suas relações fora da escola.

Deste modo, há necessidade de discutir os aspectos da sexualidade no espaço escolar através dos temas transversais que se configuram como uma tentativa de voltar a prática educacional para a construção de uma realidade social (QUIRINO e ROCHA, 2012).

Partindo do pressuposto de que a sexualidade ainda é considerada um tabu dentro das escolas, a educação sexual se torna relevante para a formação de futuros cidadãos mais bem informados sobre esse tema. Considerando que o público jovem está muito voltado para conteúdos disponíveis na internet (filmes e séries), o objetivo do presente trabalho é relacionar a série *Sex Education* com temas conflituosos no ensino da biologia envolvendo sexualidade, visando discutir as temáticas relacionadas a sexualidade, por exemplo: orientação sexual, saúde sexual e Infecções Sexualmente Transmissíveis e gravidez na adolescência e aborto, como potencial a serem usadas no Ensino de Biologia em turmas de Ensino médio.

METODOLOGIA

A pesquisa é do campo da ciência interdisciplinar. O trabalho foi realizado através da utilização de dados secundários. Sendo assim, na pesquisa foram realizados levantamentos bibliográficos mais recentes, com relevância para a temática “educação sexual nas escolas” e a relação desse tema com a série *Sex Education* (2019).

A pesquisa é do tipo exploratória, visando explorar a série *Sex Education* e analisar as temáticas relacionadas a educação sexual como por exemplo: o educador no âmbito da educação

sexual, gravidez na adolescência e aborto, homofobia, doenças sexualmente transmissíveis e abuso sexual, com finalidade de propor o uso da série (*Sex Education*, 2019 disponível na plataforma *streaming* Netflix) como recurso educativo para transversalizar as temáticas envolvendo a sexualidade no ensino de Biologia em turmas de Ensino Médio.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

PROFESSORES E A EDUCAÇÃO SEXUAL

A partir da análise da série *Sex Education* (2019), ao longo dos episódios pode-se observar que a prática do professor de ciências, representado pelo personagem Colin Hendricks, por não ser baseada na ética profissional, acaba não repassando as informações adequadas sobre educação sexual, causando conflitos, situações de exclusões e transtornos. Como por exemplo, em um dos episódios, pela falta de informações sobre doenças sexualmente transmissíveis, os alunos acreditam que a clamídia poderia ser transmitida pelo ar.

De acordo com Santos et al. (2011), quando a prática de professores de Biologia em relação à Educação Sexual é realizada com ética, isso contribui para a formação dos estudantes e construção de conhecimentos relacionados ao próprio corpo, que poderão ser repassados às gerações seguintes.

Em outro momento da segunda temporada, o personagem Rahim, chega a fazer questionamentos sobre métodos de contracepção em relações homossexuais, não qual o professor não soube responder, chamando atenção pra lacunas na educação sexual padrão no currículo escolar.

De acordo com Souza (2014), Mesmo quando assunto de gênero e sexualidade estão presente na formação docente, muitos licenciados de ciências

biológicas têm dificuldades de ensinar sobre temas relacionados a sexualidade, por não se sentirem a vontade de debater sobre essas questões ou até mesmo questões socioculturais, principalmente as relacionadas a religião.

Apesar de responsabilizar os professores (as) de Ciências e Biologia em transversalizar sobre temas relacionados a sexualidade nas suas aulas, esta é uma dificuldade relacionada a formação inicial e continuada:

No Brasil, a carga de responsabilidade para tratar dos temas relacionados à Educação Sexual em sala de aula é usualmente delegada aos professores de ciências e biologia. Entretanto, esses profissionais não possuem, em sua formação, a carga de conhecimentos necessária para discutir a sexualidade com seus alunos fora do discurso médico-biológico (DINIZ; CIRINO; HEREDERO, 2015, p. 4.).

Embora se observe problemas que dificultam o debate da educação sexual nas instituições de ensino. Durante a vivência no projeto residência pedagógica foi observado o acompanhamento do professor de biologia em turmas do ensino médio e sua abordagem dos temas referente a educação sexual, englobando desde temas como aborto e gravidez na adolescência, os métodos contraceptivos, os riscos causados pelas doenças sexualmente transmissíveis e entre outros assuntos:

[...] O docente não deve se restringir apenas à vertente da abordagem biológico-higienista para tratar dessa temática com seus alunos, mas ele deve levar em consideração, quando for abordar esse assunto, as questões sociais e de direito, além daquelas relacionadas aos valores éticos, morais e culturais [...] (OLIVEIRA; BARBOSA; OLIVEIRA, 2017, p. 7).

Na série *Sex Education* (2019), é observado ao longo dos episódios que professor de ciências, representado pelo personagem Colin Hendricks, têm dificuldades em discutir sobre educação sexual. Provocando lacunas e dúvidas para os alunos e chamando atenção em relação ao currículo escolar, da instituição educativa e da formação profissional. Com isso, a série traz o alerta sobre os processos educativos para com a sexualidade; como os professores estão passando esses assuntos e se contempla os alunos e questões a respeito da própria formação dos educadores.

HOMOFOBIA NAS ESCOLAS

No quinto episódio da primeira temporada da série *Sex Education* (2019) o personagem Otis e Eric combinam de ir ao cinema no dia do seu aniversário assistir *Hedwig: Rock, Amor e Traição*, vestidos em cosplays do longa, um cult favorito da comunidade LGBTQ+, mas, Otis acaba não indo e nesse dia Eric é roubado e sofre um ataque homofóbico. Além disso, o mesmo personagem sofre diariamente na escola ofensas com apelidos, além de ameaças de violência pelo personagem Adam, caracterizando-se também como atitudes homofóbicas.

De acordo com Roselli-Cruz (2011), o uso de palavrões e ofensas referentes a mecanismos de homofobia e a despreocupação da escola contribui para o surgimento da homofobia e agressividade no ambiente escolar. Segundo Dinis (2011) é necessário a abordagem de temas sobre diversidade sexual no âmbito escolar e deste modo tentar minimizar atos homofóbicos e violentos, com isso focar no respeito e na formação da cidadania.

Cabe a escola, educadores e educadoras elaborarem propostas educacionais que garantam o respeito às diversidades e equidade de gênero, já que os conteúdos de educação sexual fazem

parte do processo de formação dos alunos e para que estes tenham conhecimento e respeito as diferenças sociais e culturais (LOPES; SANTOS e SANTOS, 2011).

Educadores observaram que há existência discriminatórias no ambiente educativo em relação a gênero e sexualidade, discriminações como a homofobia, contudo, apresentam-se receosos de abordar sobre a sexualidade e sofrerem represálias da gestão escolar e de familiares (SOUZA, 2014).

De Oliveira e Satler (2019), destacam que a sociedade necessita de mais estudos que abordem os diversos grupos sociais, tanto para entender as diversas particularidades, quanto para conseguir conhecimento sobre assuntos imprescindíveis, como racismo, homossexualidade, feminismo e discussões de cunho sociais em geral, e assim alcançar conhecimento e respeito para com as pluralidades sociais.

Se tivesse a implantação de um currículo nas escolas abordando temas da sexualidade e diversidade sexual, por conseguinte, diminuiria atos homofóbicos e de violência, não só na escola, mas na sociedade em geral, além de contribuir para a formação do cidadão de bem e da prevalência do respeito às diferenças.

ASSÉDIO SEXUAL

Outra temática ligada diretamente à educação sexual no ensino de Biologia, se refere ao reconhecimento do abuso sexual. De acordo com Janssen (2013), considera-se assédio sexual a manifestação de várias condutas que pode ser com contato ou sem contato físico, como por exemplo, molestar com perguntas ou pretensões, fazer gestos, expressões verbais, comentários sutis e entre outros.

Nesse contexto, quando a educação sexual é voltada para o desenvolvimento de alunos e professores, torna-se possível a identificação de casos de violência sexual

(VAGLIATI e GAGLIOTTO, 2014). No terceiro episódio da segunda temporada da série, a personagem Aimee sofre grave assédio sexual em um transporte coletivo indo para a escola, e pela falta de informações e debates sobre o assunto, ela não reconhece a situação que passou como uma violação ao seu corpo, e por isso não pretendia denunciar o caso. Maeve convence Aimee a denunciar o assédio sexual sofrido no transporte coletivo, após isso, a jovem passa por um período de trauma, sem conseguir voltar a usar o transporte público ou manter relações íntimas com seu namorado.

O assédio sexual no transporte público, é uma forma de violência contra a mulher que vem crescendo a cada dia, colocando em situações de constrangimentos, e vulnerabilidade, criando barreiras à cidadania. Em 2018 esse tipo de assédio sexual foi enquadrado em Lei 13.718 de 2018, que traz a pena de 1 a 5 anos de reclusão para o assédio sexual dentro dos transportes públicos.

Segundo Soares (2015), situações de assédio sexual são comuns, entretanto são inaceitáveis. E não podem responsabilizar a vítima pelo tipo de roupa que esteja vestida, pois são atitudes que não justificam o abuso sexual.

Quando a educação sexual é abordada logo na adolescência, esta contribui na diminuição de casos com doenças sexualmente transmissíveis, ricos de vulnerabilidade, abusos ou violência sexual e entre outras situações que podem ser evitadas (CRUZ MATOS et al., 2016).

Este episódio é importante pois alerta as mulheres sobre o assédio sexual, sendo este considerado crime, devendo ser denunciado estes tipos de casos. Por isso, percebe-se que a educação sexual nos currículos das escolas fica cada vez mais necessária.

O professor diante da utilização desse recurso mídia áudio visual, pode complementar a orientação sobre casos

de abuso ou violação sexual, bem como auxiliar como se deve agir diante de casos como esse e principalmente dar exemplos de iniciativas como a campanha contra o assédio sexual “Não é Não” e da importância do respeito as pessoas.

GRAVIDEZ NA ADOLESCÊNCIA E ABORTO

No terceiro episódio da primeira temporada da série *Sex Education* (2019) é abordado a temática gravidez na adolescência e aborto, na qual, a personagem da Maeve em um encontro casual com Jackson, acaba fazendo sexo sem proteção, mas os dois não namoravam e Maeve não pensou duas vezes e foi a clínica legalizada e fez o aborto, sem contar a ninguém.

O ambiente familiar, social e até mesmo o escolar podem influenciar na maneira em que os adolescentes tratam o início da vida sexual na adolescência, que se não for auxiliada de maneira correta pode gerar uma gravidez indesejada ou alguém tipo de consequência negativa para sua saúde. Durante a adolescência alguns fatores podem colaborar para que ocorra gravidez nesta fase, como a antecipação da menarca, precoce iniciação da vida sexual, pobreza, pouco conhecimento em relação aos anticoncepcionais ou a falta de educação sexual, podendo existir de maneira insatisfatória, dentre outros fatores (MORAIS et al., 2017).

Assim, segundo Moraes et al. (2017), quando a gravidez ocorre de modo indesejado, a ocorrência de abortos é considerada alta em adolescentes menores de 15 anos, mesmo existindo implicações legais em torno da questão. E nota-se a importância do apoio familiar neste momento de gravidez indesejada, podendo minimizar as repercussões emocionais negativas aos envolvidos.

Por isso, a orientação familiar e escolar sobre a educação sexual e necessária para evitar falsas verdades

que possam prejudicar os adolescentes. Sousa; Fernandes e Barroso (2006), mencionam sobre esse assunto em seu trabalho:

A vivência da sexualidade baseada em convicções errôneas, ideias falsas e escrúpulos sem fundamento positivo desencadearam consequências irreversíveis, como a gravidez precoce, e favoreceram condições de risco para a adolescente contrair DST. Isso, sem mencionar danos de ordem psicológica (SOUSA; FERNANDES e BARROSO, 2006, p. 412).

É importante se falar da educação sexual na adolescência não apenas em nível informação, mas pra nortear os jovens sobre condutas e escolhas relacionada a sexualidade, doenças, métodos contraceptivos, a própria gravidez na adolescência, visto que este assunto se torna muito comum em um período onde a vida sexual se inicia cada vez mais cedo, criando iniciativas para discutir sobre as temáticas saúde sexual e gravidez na adolescência (RINQUE et al., 2017).

Com a análise da série do primeiro episódio pode-se observar o potencial desta para que o professor possa transversalizar e iniciar diálogos em sala sobre a temática da gravidez na adolescência bem como aborto, e com isso, orientar ao alunos das causas e consequências e tentar minimizar casos de gravidez precoce e refletir sobre a questão do aborto.

ABORDAGEM DAS INFECÇÕES SEXUALMENTE TRANSMISSÍVEIS NO AMBIENTE ESCOLAR

No episódio um da segunda temporada da série *Sex Education* (2019), a escola (Moordale Secondary) vive um surto de clamídia, em que os alunos acreditam ser transmitida pelo ar e passam a usar máscaras, causando uma grande confusão. Com a falta de uma educação sexual aberta ao diálogo e voltada para a quebra de tabus/

mitos, os alunos acabam desconhecendo que a clamídia constitui uma Infecção Sexualmente Transmissível (IST).

As ISTs são causadas por vírus, bactérias ou outros microrganismos, e são transmitidas principalmente por meio de contato sexual sem o uso de preservativo, aproximadamente 25% de todas essas infecções são diagnosticadas em jovens com menos de 25 anos e o período em que ocorre um aumento da incidência é durante a adolescência, entre os fatores associados ao aumento do índice de adolescentes que apresentam algum tipo de IST estão: o início precoce da atividade sexual, a falta de uso de preservativos e a falta de informações sobre ISTs e suas formas de transmissão e prevenção (SOUZA, 2018).

De acordo com Ramiro et al. (2011), a forma mais importante de prevenção de problemas ligados à saúde sexual e reprodutiva dos jovens é a educação sexual. Um dos envolvidos nessa prevenção é a escola, para isso, no Brasil houve a criação da Lei nº 60/2009 que inclui a educação sexual em todos os níveis de ensino (básico e secundário), aplicando-se a todo o território brasileiro. Apesar disso, em uma pesquisa realizada por Nascimento (2013), com alunos do ensino médio sobre HPV, observou-se que a maioria deles não possuem conhecimento suficiente acerca dessas infecções, mostrando que o ambiente escolar não desenvolve projetos e ações informativas sobre saúde, sexualidade e orientação sexual, demonstrando a realidade da maioria das escolas.

Mas esse papel não se aplica somente às escolas, mas também à setores da saúde, em que os pais e filhos devem ser orientados por profissionais, exigindo uma compreensão do cenário cultural existente, já que a cultura é um dos fatores que determinam o agravo à saúde. Estar atento para a sexualidade dos adolescentes é uma necessidade que pode contribuir reduzindo problemas no que diz respeito à sua vida pessoal e social (CARNEIRO et al., 2015). Além disso, identificar qual é o nível de informação dos jovens sobre

as formas de transmissão e prevenção das ISTs, acaba favorecendo a adoção de estratégias mais eficazes para o controle e prevenção dessas infecções e seus agravos (SOUZA, 2018).

CONCLUSÃO

A presente pesquisa buscou relacionar a série *Sex Education* com temas conflituosos no ensino da biologia envolvendo sexualidade, visando discutir as temáticas relacionadas a sexualidade com potencial a serem usadas no Ensino de Biologia em turmas de Ensino médio.

A série *Sex Education* tem potencial a ser utilizada como um recurso de mídia áudio visual pra transversalizar temáticas da educação sexual, em especial por educadores da área de ciências Biológicas nas turmas de Ensino Médio, no qual, há a presença do público de jovens e adolescentes. O processo de ensino pela utilização desse recurso é importante e incentiva o aprendizado de forma mais participativa e dialógica para os alunos.

O objetivo da pesquisa foi concretizado, já que pôde analisar na série *Sex Education* diversas temáticas relacionadas a educação sexual como: o educador e sua prática para com a orientação dos alunos, questões sobre assédio sexual, homofobia, infecções sexualmente transmissíveis e gravidez na adolescência.

Portanto, a série *Sex Education* pode ser usada como recurso áudio visual por professores (as) de ciências Biológicas para ensinar sobre a educação sexual no ensino médio, pois, apresenta um contexto e linguagem atual do cotidiano do público alvo, isso faz com que os educandos amplie a visão de mundo, bem como seus conhecimentos e promova trocas de ideias referente as temáticas da educação sexual.

REFERÊNCIAS

BEIRAS, A.; TAGLIAMENTO, G.; TONELI, M. J. F. Crenças, valores e visões:

trabalhando as dificuldades relacionadas a sexualidade e gênero no contexto escolar. Aletheia, (21), 69-78. 2005.

BRASIL. Lei n. 8.069, de 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República. 1990.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura - MEC. Caderno de orientação sexual dos parâmetros curriculares nacionais. Brasília, DF. 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Brasil sem homofobia, programa de combate à violência e à discriminação contra GLTB e promoção da cidadania homossexual. Brasília, DF. 2004.

CARNEIRO, R. F.; DA SILVA, N. C.; ALVES, T. A.; DE BRITO, D. C.; DE OLIVEIRA, L. L. Educação sexual na adolescência: uma abordagem no contexto escolar. SANARE-Revista de Políticas Públicas, 14(1). 2015.

CRUZ MATOS, J.; SOUSA, M. H. B.; DO ESPÍRITO SANTO, I. M.; AMORIM, E.; DE MOURA HENRIQUES, M. V. Atuação da escola na educação sexual de adolescentes: uma revisão integrativa. Revista Eletrônica Gestão e Saúde, (2), 773-792. 2016.

DE OLIVEIRA S., P. H. C.; SATLER, L. L. Representações de minorias em séries da Netflix: estudo sobre o personagem Eric da série Sex Education1. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação. XXI Congresso de Ciências da Comunicação na Região Centro-Oeste – Goiânia. 2019

DINIS, N. F. Homofobia e educação: quando a omissão também é signo de violência. Educar em revista, n. 39, p. 39-50, 2011.

DINIZ, B. L. R.; CIRINO, M. M.; HEREDERO, E. S. Formação inicial em educação sexual: percepções de professores de Biologia

de um Instituto de Educação Secundária de Guadalajara (Espanha). In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação de Ciências - ENPEC, 10, 2015, Águas de Lindóia. Anais. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2015.

FERNANDES, A. H.; MONTEIRO, A. V.; SOARES, M. D. C. S.; ARAUJO, L. Número temático: cinema, audiovisual e educação. Revista Entre ideias: educação, cultura e sociedade, v. 6, n. 1, 2017.

FRIEDERICH, M.; SOARES, R. Uma Cena Pouco “Maluquinha”: apontamentos sobre relações de gênero e sexualidade. Diversidade e Educação, v. 6, n. 2, p. 26-33, 2018.

GAGLIOTTO, G. M.; VAGLIATI, A. C. Formação de Professores e educação Sexual: O conhecimento psicanalítico na prevenção e identificação da violência e abuso sexual contra crianças e adolescentes na escola. Revista Teias, 15(37), 168-177. 2014.

JANSSEN, D. O assédio sexual? professor e aluno. PHMP Advogados, 2013. Disponível em: <http://phmp.com.br/artigos/o-assedio-sexual-professor-e-aluno/>. Acesso em: 20 abr. 2020.

LOPES, G. D. S.; DOS SANTOS, A. L. P.; SANTOS, D. D. B. Homofobia na Escola: Qual o fim dessa História? III seminário nacional gêneros e práticas culturais: olhares diversos sobre as diferenças. João Pessoa-PB. 2011.

MORAIS, E. V.; TOLEDO, R.; DAVID, F. L.; AVELINO, M. M.; CAMPOS, R. N. Gravidez na adolescência e aborto: implicações da ausência de apoio familiar. Revista Adolesc Saúde. 14(3):41-7. 2017.

NASCIMENTO, M. V., SOUZA, I., DE DEUS, M. D. S. M.; PERON, A. P. O que sabem os adolescentes do ensino básico público sobre o HPV. Seminário: Ciências

Biológicas e da Saúde, 34(2), 229-238. 2013.

NOVAK, E. Dificuldades enfrentadas pelos professores ao trabalhar educação sexual com adolescentes. 2013.

OLIVEIRA, A. P. S.; BARBOSA, M. G.; OLIVEIRA, M. C. A. A configuração curricular para educação sexual na formação de professores de Ciências e Biologia. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino de Ciências, 3, 2017, Campina Grande. Anais. Campina Grande: CONAPESC, 2017.

QUIRINO, G. S.; ROCHA, J. B. T. Sexualidade e educação sexual na percepção docente. Educar em Revista, 43, 205-224. 2012.

RAMIRO, L.; REIS, M.; MATOS, M. G. D.; DINIZ, J. A.; SIMÕES, C. Educação sexual, conhecimentos, crenças, atitudes e comportamentos nos adolescentes. Revista Portuguesa de Saúde Pública, 29(1), 11-21. 2011.

RINQUE, L. C. L.; RUGGERI, N. T. C.; DE SOUSA VALE, J.; PANTANO, F., DO NASCIMENTO, D. P.; ROQUE, E. M. D. S. T. Discutindo saúde sexual e gravidez na adolescência. Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente, 8(2), 53-69. 2017.

RODRIGUES, L. R; SCHEID, N. M. J. Os conhecimentos básicos que os adolescentes possuem sobre sexualidade e o papel do professor de Biologia neste contexto. Educação (UFMS), v. 33, n. 3, p. 525-542, 2008.

ROSELLI-CRUZ, A. Homossexualidade, homofobia e a agressividade do palavrão: seu uso na educação sexual escolar. Educar em Revista, n. 39, p. 73-85, 2011.

SANTOS, W. B.; CARDOSO, R.; DE ALMEIDA, J. D. S. M.; MOREIRA, F. A. Educação Sexual Como Parte Curricular

Da Disciplina De Biologia E Auxilio A Adolescentes: Dificuldades E Desafios (Sex education as part of the curriculum of biology discipline and as na aid to adolescents: problems and challenges), 2011.

SOUSA, L. B.; FERNANDES, J. F. P; BARROSO, M. G. T. Sexualidade na adolescência: análise da influência de fatores culturais presentes no contexto familiar. Revista Acta Paulista de Enfermagem, São Paulo, v. 19, n.4, p. 408-413, 2006.

SEFFNER, F. Sigam-me os bons: apuros e aflições nos enfrentamentos ao regime da hetero normatividade no espaço escolar. Educação e Pesquisa, 39(1), 145-159. 2013.

SEX EDUCATION. Direção: Laurie Nunn. Produção: Jon Jennings. [S. l.]: Netflix, 2019. Disponível em: <https://www.netflix.com/title/80197526>. Acesso em: 28 fev. 2020.

SILVA, E. P. de Q. Documentos de identidade: uma introdução às teorias do currículo. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 156 p. 2015.

SOARES, W. Educação sexual: precisamos falar sobre Romeo. Nova Escola, 2015.
SOUSA, L. B.; FERNANDES, J. F. P; BARROSO, M. G. T. Sexualidade na adolescência: análise da influência de fatores culturais presentes no contexto familiar. Revista Acta Paulista de Enfermagem, São Paulo, v. 19, n.4, p. 408-413, 2006.

SOUZA, E. de J. Educação sexual “além do biológico”: problematização dos discursos acerca de sexualidade e gênero no currículo de licenciatura em biologia. 2014.

SOUZA, L. S. Conhecimentos e práticas de adolescentes acerca das Infecções Sexuais Transmissíveis (ISTs) nas escolas públicas do município de Aracaju/SE. 2018.

Saneamento básico na Região Metropolitana de Belém: políticas públicas em territórios de desigualdade

Basic sanitation in the Metropolitan Region of Belém: public policies in territories of inequality

Ingrid Tatiany Ribeiro de Souza Mendes

Doutoranda do Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Pará e Pesquisadora do Núcleo Belém do Observatório das Metrópoles. **Endereço:** Rua Boaventura da Silva, 361, Edifício Boaventura, apto 203. Bairro Reduto. CEP 66053-050. **Email:** isouzam@hotmail.com

Juliano Pamplona Ximenes Ponte

Docente da Universidade Federal do Pará. Doutor em Planejamento Urbano e Regional pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Mary Lucy Mendes Guimarães

Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus Belém*. Doutora em Desenvolvimento Sócio ambiental pelo Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará.

RESUMO

O Estado do Pará caracteriza-se geograficamente pela existência de duas regiões metropolitanas - a de Belém e a de Santarém. Segundo o IBGE (2019), a Região Metropolitana de Belém responde demograficamente por 29% da população paraense, ou seja, 2.505.242 habitantes. Dessa forma, a RMB se destaca como a segunda região metropolitana mais populosa da Região Norte do Brasil. Porém, a que detém os piores índices em provisão e oferta de serviços de saneamento básico. O artigo discute, criticamente, o processo de espacialização de intervenções, políticas e medidas em saneamento básico que configurem o quadro progressivo de desigualdade socioespacial evidenciado na RMB. A metodologia adotada fundamentou-se na pesquisa bibliográfica e documental, priorizando a análise de documentos e informações de fontes primárias e secundárias, tais como, documentos governamentais, marcos regulatórios, informações institucionais e demais contribuições acadêmicas concernentes ao tema. A análise demonstra a frágil articulação entre ações e programas estruturantes no setor de saneamento na RMB que se desenvolvem desde a década de 1990, apesar do volume importante de recursos aplicados por múltiplos agentes financiadores e escalas de poder, logrando resultados que referendam cada vez mais assimetrias e desigualdade.

Palavras-chave: Saneamento básico. Desigualdade. Escala Metropolitana. Políticas Públicas.

ABSTRACT

The State of Pará is geographically characterized by the existence of two metropolitan regions - Belém and Santarém. According to IBGE (2019), the Metropolitan Region of Belém accounts for 29% of the population of Pará, or 2,505,242 inhabitants. Thus, the RMB stands out as the second most populous metropolitan region in the Northern Region of Brazil. However, it has the worst rates in the provision and supply of basic sanitation services. The article intends to critically discuss the process of spatialization of interventions, policies and measures in basic sanitation that configure the progressive picture of socio-spatial inequality evidenced in RMB. The methodology adopted was based on bibliographic and documentary research, prioritizing the analysis of documents and information from primary and secondary sources, such as governmental documents, regulatory frameworks, institutional information and other academic contributions concerning the topic. Our analysis demonstrates the weak articulation among actions and structuring programs in the sanitation sector at RMB, which have been developed since the 1990's, despite the important volume of resources applied by multiple financing agents and scales of power, achieving results that increasingly refer to asymmetries and inequality.

Keywords: Basic sanitation. Inequality. Metropolitan Scale. Public policy.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os investimentos, ações e medidas governamentais em saneamento urbano, engendradas nos últimos 20 anos na Região Metropolitana de Belém (RMB), têm ocorrido de forma descoordenada e incipiente, apesar de um elevado volume de recursos financeiros e orçamentários que transcendem períodos de governos nas escalas municipal e estadual. Assim posto, desdobram-se argumentos críticos e advindos do senso comum que colocam em xeque a qualidade da gestão destes serviços no centro do debate, ora responsabilizando a Prefeitura de Belém, ora recaindo categoricamente ao papel

desempenhado pela Concessionária Estadual, a Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto - COSANPA.

O Estado do Pará caracteriza-se, formal e geograficamente, pela existência de duas regiões metropolitanas - a de Belém e a de Santarém. Objeto desta pesquisa, a Região Metropolitana de Belém responde demograficamente por 29% da população paraense, ou seja, 2.505.242 habitantes, sendo a segunda região metropolitana mais populosa da Região Norte do Brasil, e é atualmente composta por sete (7) municípios - Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Bárbara, Santa Isabel do Pará e Castanhal (Figura 1).

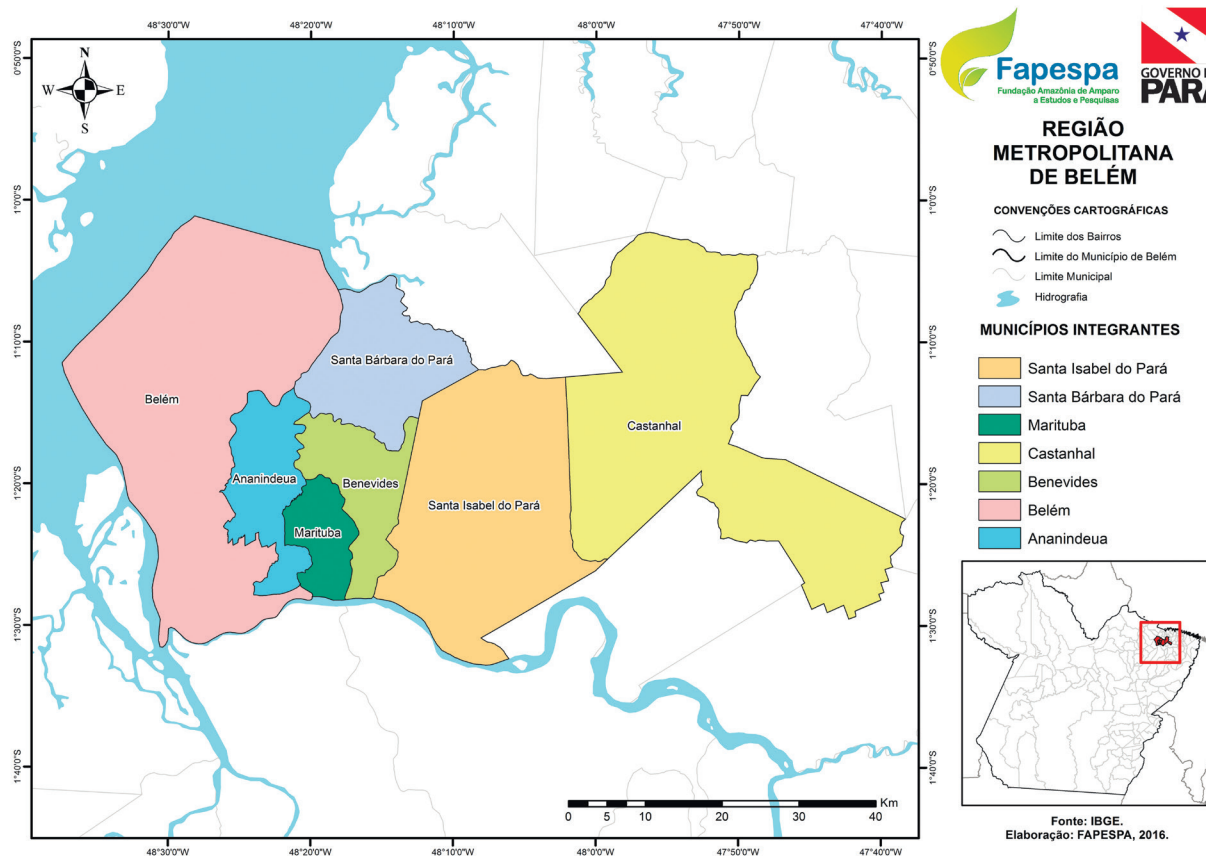


Figura 1. Mapa da Região Metropolitana de Belém.

Fonte: PARÁ, 2017.

Em estudo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2010, a RMB apresentou maior percentual de

domicílios em aglomerados subnormais dentre todas as regiões metropolitanas do país, totalizando 54% destes domicílios (PONTE et al, 2013).

A precarização das áreas periféricas constitui a mancha urbana presente nos sete municípios da RMB, ainda que estes apresentem baixas taxas de urbanização em razão da forte presença de atividades rurais (PONTE; RODRIGUES, 2015), revelando territórios periurbanos. Tal heterogeneidade se caracteriza pela existência de um tecido intra-urbano com alto grau de precariedade na oferta e acesso a serviços urbanos essenciais e de infraestrutura, que permeia invariavelmente ocupações irregulares, áreas de baixada, espaços rurais favelizados, incluindo regiões de ilhas. Trata-se de territórios aonde as políticas públicas não chegam.

O objetivo deste artigo reside em compreender e discutir, criticamente, que modelo de acesso a serviços de saneamento básico vem se estabelecendo na RMB, sobretudo pelo fato de que garantir o acesso universal consiste em princípio estabelecido nos marcos regulatórios de saneamento básico em nível municipal, estadual e federal. Outra argumentação que contribui nesta análise é a de que a garantia de medidas infraestruturais e de gestão que concorram para um quadro de universalidade em áreas metropolitanas tem recaído, invariavelmente, na responsabilidade do ente público, das instituições municipais e estaduais, e consequentemente, nas capacidades instaladas de gerir investimentos em ações estruturais e estruturantes frente às dinâmicas intra-urbanas de ocupação territorial, ainda que esta última variável tenha sido poucas vezes considerada no desenho de políticas públicas setoriais e programas de infraestrutura urbana, muitas vezes delas derivados.

A contribuição de Heller (2007) faz-se oportuna neste recorte analítico que o artigo se propõe, pois corrobora com a linha de pensamento de sociólogos neomarxistas, como por exemplo: Castells, Decaillot, Lojkine, Preteceille e Topalov; cuja teoria crítica da urbanização

capitalista visa expor a espacialização desigual na concepção e aplicação de agendas político-governamentais no âmbito de serviços urbanos essenciais.

À luz das transformações políticas e jurídicas recentes em torno da Política Nacional de Saneamento, ressalta-se os aspectos concernentes a Lei Federal nº 14.026/2020, de 15/07/2020, que altera o marco legal, a Lei Federal nº 11.445/2007, e, por sua vez, delimita novos impactos na gestão metropolitana de serviços, fragilizando o saneamento enquanto direito universal. Diante do exposto, faz-se mister, esboçar o panorama do conjunto de assimetrias que caracterizam a prestação e a demanda por serviços em saneamento básico na RMB, constituída de diferentes urbanidades e, por sua vez, de diferentes usuários de saneamento.

URBANIDADES METROPOLITANAS: PERIFERIAS PRECÁRIAS E INSTITUCIONALIDADES

A história do saneamento no Brasil revela um atraso vertiginoso nos cuidados com a saúde pública, com o meio ambiente e com o desenvolvimento econômico sustentável (BARROS; SOUZA, 2013). Analisar e discutir as dinâmicas de configuração socioterritorial da Região Metropolitana de Belém consiste na capacidade de se apresentar um conjunto de variáveis que visem caracterizar o quadro agudo de segregação espacial, de elevada exclusão a serviços básicos - saneamento, habitação, mobilidade, saúde - e de desigualdade intra-urbana, sobretudo, ao destacarmos a alta incidência de domicílios situados em locais precários, denominados aglomerados subnormais (BRASIL, 2010). No processo histórico de consolidação da RMB, destaca-se, algumas problemáticas que constituíram e vem reafirmando o quadro de deficiência progressiva de infraestrutura e sua relação intrínseca com o setor de

saneamento básico. Em uma primeira análise, a configuração territorial da RMB, quanto a densidade demográfica, está apresentada na Tabela 1.

Fica evidente a majoritária conurbação existente nos municípios de Belém e Ananindeua. No entanto, o caso de Ananindeua, em relação a densidade, supera o de Belém, e isto está,

especialmente, demonstrado na Figura 1. Consequentemente, em matéria de oferta de serviços de infraestrutura urbana, o município de Ananindeua ocupa as piores posições, com destaque negativo para o saneamento, ocupando a 99ª colocação no ranking das 100 maiores cidades do Brasil em prestação de serviços de saneamento básico (TRATA BRASIL, 2019).

Tabela 1. Configuração territorial da RMB por densidade demográfica.

Municípios da Região Metropolitana de Belém	Metrópole	Nº de Municípios	Área (km²)	Densidade (hab/km²)	Taxa de Urbanização (%)
			3.570,00	5.386,46	97,62%
Ananindeua	Belém	07	190,00	2.476,29	99,75
Belém			1.070,00	1.307,99	99,14
Marituba			180,00	291,98	55,98
Benevides			1.020,00	168,96	88,58
Castanhal			110,00	996,74	98,96
Santa Bárbara do Pará			280,00	61,64	31,84
Santa Isabel do Pará			720,00	82,86	72,31

Fonte: IPEA, 2013.

Vale destacar ainda a dificuldade das gestões municipais destes dois municípios, em especial na condução e implementação de instrumentos de gestão urbana, minimamente integrados, como as revisões de seus respectivos Planos Diretores e Planos Municipais de Saneamento Básico.

Importante ainda compreender as características territoriais intra-urbanas na RMB, que refletem no Índice de Bem-Estar Urbano (IBEU). Segundo dados do Censo Demográfico (BRASIL, 2010), 59,3% da população residente nas regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belém, Salvador e de Recife estão em aglomerados subnormais, sendo que a RMB é a região metropolitana brasileira com maior proporção de domicílios em aglomerados subnormais (52,5%) e maior proporção de população residente em aglomerados subnormais entre as RMs do país (53,9%), estando estes aglomerados concentrados, em sua

maioria, no município-sede, Belém, com 66% do total (PONTE et al, 2013).

A precariedade desta tipologia denominada assentamento subnormal, para o caso da RMB, perpassa pelo reconhecimento de que a elevada pobreza urbana verificada, e em conformidade com os dados anteriormente apresentados, vem associada a outros componentes, como o risco de alagamento, insegurança na posse de terra, deficiência de infraestrutura e ocupação irregular do solo urbano.

Na Figura 2, é possível visualizar a espacialização dos aglomerados subnormais na RMB.

Nesse contexto, o aparato político-institucional trazido pela promulgação do Estatuto da Metrópole, Lei Federal nº 13.089, de 12/01/2015, trouxe ao estado do Pará desdobramentos que impactaram, essencialmente, na criação de programas institucionais e de unidades de gestão governamental. Cabe

destacar a relevância de instrumentos urbanísticos anteriores para o debate em torno da problemática urbana, como a Lei Federal nº 10.257/2001 – Estatuto da Cidade e a Lei Federal nº 11.107/2005, que instituiu o Consórcio

Público. Porém, para o caso do Pará, e da RMB, constata-se ainda um hiato significativo entre os dispositivos legais e as capacidades institucionais de implementação destes instrumentos nas esferas do Poder Executivo.

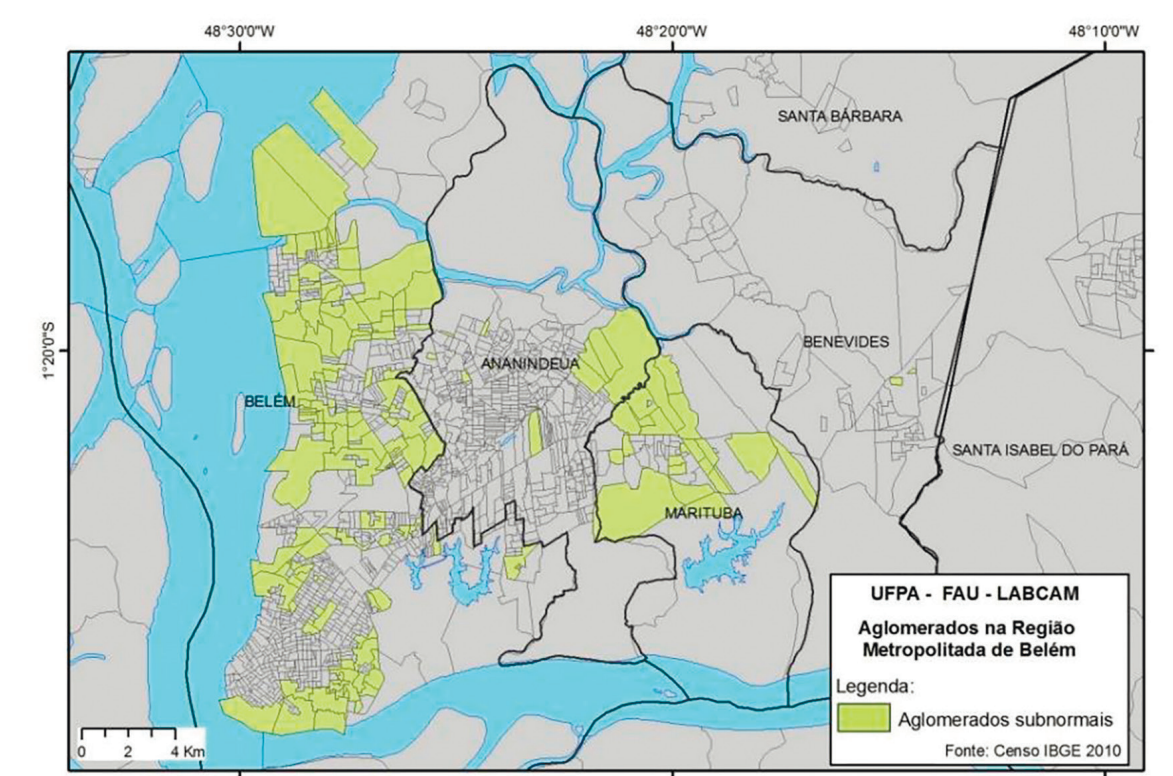


Figura 2. Aglomerados subnormais espacializados na Região Metropolitana de Belém, 2013.
Fonte: IPEA, 2013

Em 2015, no mesmo ano de sancionamento do Estatuto da Metrópole, houve a criação de uma unidade administrativa-institucional, por iniciativa do Governo do Estado do Pará, denominada “Diretoria Metropolitana”, a qual passou a compor o organograma da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas - SEDOP, caracterizando nova condução para a problemática metropolitana. Diante desse fato, ao se fazer um paralelo com a Lei Federal, é oportuno refletir sobre a argumentação de Peres *et al* (2018):

(...) essa Lei (Estatuto da Metrópole) buscou constituir o quadro institucional necessário à governabilidade das

metrópoles, diante da fragmentação política desses territórios e da ineficácia das legislações urbanísticas existentes nesse contexto (PERES *et al*, 2018, p. 271).

A questão central que motivou o gradativo aparelhamento estatal no Pará para uma espécie de “ator interlocutor e viabilizador” junto às gestões municipais partiu, fundamentalmente, da articulação do governo do Estado com consultorias voltadas ao planejamento de longo prazo, em pleno alinhamento ao Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), resultando no desenho e difusão do Plano Pará 2030, cuja definição consistia no fato de conduzir

o reposicionamento do Estado do Pará, no que diz respeito a questão ambiental, social e econômica no cenário nacional (AGÊNCIA PARÁ, 2016).

O planejamento e a gestão da RMB começaram a passar por adaptações, à luz do Estatuto da Metrópole. A agenda estadual consistia em reuniões técnicas periódicas entre governo do Estado e representantes das sete (7) prefeituras que formam a RMB. A meta final era a entrega do Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado - PDUI, com modelo de gestão compartilhada entre as respectivas prefeituras, produto que não foi concluído até meados de 2020.

Em nível nacional, a gestão metropolitana compartilhada vinha se propondo a vencer os desafios de ordem social, econômica, institucional e ambiental. Nesta perspectiva, é pertinente que o contexto que delineia o êxito ou o fracasso no cumprimento do Estatuto da Metrópole, no caso da Região Metropolitana de Belém, perpassa pela aplicação de mecanismos de governança metropolitana, “mesclando a participação social controlada à inserção de organizações não governamentais e do setor privado na execução e financiamento de ações tradicionalmente consideradas estatais e públicas” (PONTE *et al*, 2013).

O debate metropolitano no eixo saneamento básico na RMB cumpriu exclusivamente os estudos preliminares à elaboração do instrumento *master* recomendado pelo Estatuto, o PDUI. Em paralelo, a elaboração do Plano Estadual de Saneamento Básico, propiciou um diálogo técnico e metodológico capaz de atualizar o contexto precário do setor de saneamento metropolitano. Porém, a problemática central desse artigo incide sobre o questionamento a cerca dos resultados que foram logrados na escala metropolitana, a ponto de modificarem e redimensionarem a agenda urbana,

suas políticas, programas e planos de investimentos em um futuro próximo.

SANEAMENTO URBANO NA RMB: CONTRASTES E ASSIMETRIAS NO PADRÃO DE INTERVENÇÃO.

Os mecanismos de provisão de saneamento ambiental, que abrangem serviços de abastecimento de água, de esgotamento sanitário (coleta e tratamento), de manejo de resíduos sólidos (lixo) urbanos (coleta e disposição) e de manejo de águas pluviais urbanas, consistem em importantes instrumentos de controle dos impactos da urbanização sobre o meio ambiente e de redução dos riscos naturais. No que se refere a relação custo/benefício, vale destacar que, a partir do PLANSAB de 2013 e com o advento do PAC, o setor saneamento foi contemplado com recursos previstos para investimentos na ordem de R\$ 40 bilhões, redesenhando sua matriz tecnopolítica (GUIMARÃES *et al.*, 2011).

Já, a essencialidade em se prestar serviços de saneamento, advém de sua relação imediata com a pobreza e a desigualdade. A rigor, é nas capitais e nos centros urbanos de grandes porte que o ritmo das intervenções em saneamento obedece a uma agenda estatal relativamente periódica, sem necessariamente ser perene, que beneficia aqueles que se encontram na cidade formal, cujo PIB é elevado, onde há um maior número de pagadores de impostos e, um baixo índice de inadimplência, reduzindo os riscos de perdas de recursos e investimentos aplicados, sejam estes de origem pública ou privada.

Por outro lado, não promover saneamento também resulta em externalidades sobre o meio ambiente, a saúde dos indivíduos e o desenvolvimento econômico. Segundo relatório Health, Safety and Dignity of Sanitation Workes

(WORLD BANK et al, 2019), no tocante a saúde, para cada US\$ 1 (um dólar) investido no setor de saneamento, são economizados US\$ 4,3 (quatro dólares e trinta centavos de dólares) no setor da saúde, de modo que isto se agrava na saúde pública brasileira, cujo custo direto derivado da precariedade e da falta de saneamento pode atingir a ordem de US\$ 100 (cem dólares), sugerindo, inclusive, um efeito multiplicador dos programas de abastecimento de água e esgotamento sanitário (BRISCOE, 1985). Relevante analisar em paralelo a intrínseca relação entre saneamento e saúde, a partir de definição da OMS, a qual considera o bem estar físico, mental e social como definição de saúde, para além de uma relação matemática, há de se ponderar que os reflexos da ausência ou da ineficácia de cobertura em saneamento, favorece a proliferação de ambientes insalubres, acometendo pessoas a doenças por veiculação hídrica, sobretudo, a faixa etária infantil (HELLER, 1998).

Em Briscoe (1985), isto se reafirma, pois, se, em curto prazo, o efeito mensurável do abastecimento de água e do esgotamento sanitário pode parecer reduzido, pela reposta não imediata da intervenção, em longo prazo, seu efeito sobre a saúde é substancialmente superior ao de intervenções médicas. A existência de estudos e legislações internacionais bem consolidadas oportunizam a compreensão sobre os direitos humanos à água e ao esgotamento sanitário. De modo que, os três elementos dos direitos humanos com destaque para esta temática, dentre vários outros, “consistem no princípio da igualdade e não discriminação, da acessibilidade financeira e da responsabilização” (HELLER, 2019).

Em tempos onde a disputa da exploração de sistemas para a gestão de águas está acirrada e constituída de interesses em águas locais para

faturamentos globais (SWYNGEDOUW, 2004), onde populações em situações de vulnerabilidade demandam massivamente por serviços de saneamento, questiona-se o fato de o padrão de exclusão a que uma determinada população está sujeita, possa estar relacionado aos modelos de acesso e oferta de recursos hídricos, que podem se caracterizar desde a baixa produção, desperdícios, dimensionamento de reservatórios, baixa pressão em áreas distantes da adutora e problemas de intermitência na distribuição.

Essa discussão, alinhada a escala metropolitana de Belém, revela um modelo atual de oferta de serviços de saneamento pela Concessionária Estadual cujo dimensionamento está descompassado do perfil de atendimento. Indo ao encontro dos dispositivos da Política Nacional de Saneamento Básico, aliados a pressão exercida pelo Conselho Estadual das Cidades do Pará, as estruturas políticas estaduais deram resposta normativa ao setor de saneamento com a construção de dois importantes instrumentos: a Lei Estadual nº 7.731/2013, e o Plano Estadual de Saneamento Básico (PESB), iniciado em 2012 e atualmente em fase de consulta pública.

Assim posto, não havia mais como anular a agenda do saneamento paraense da necessidade em se reconhecer o déficit de serviços de saneamento, apresentado no Plano Estadual de Saneamento Básico (PESB). Importante destacar que o nível de atendimento em água no Pará ocupa a marca de 45,3% e apenas 6,3% em coleta de esgoto (BRASIL, 2018). Os dados do déficit apresentados pelo PESB, na Figura 3, reafirmam os sérios problemas na oferta de serviços de saneamento básico ligado às redes, que por sua vez, reforçam o quadro de desigualdade intra-regional já preexistente.

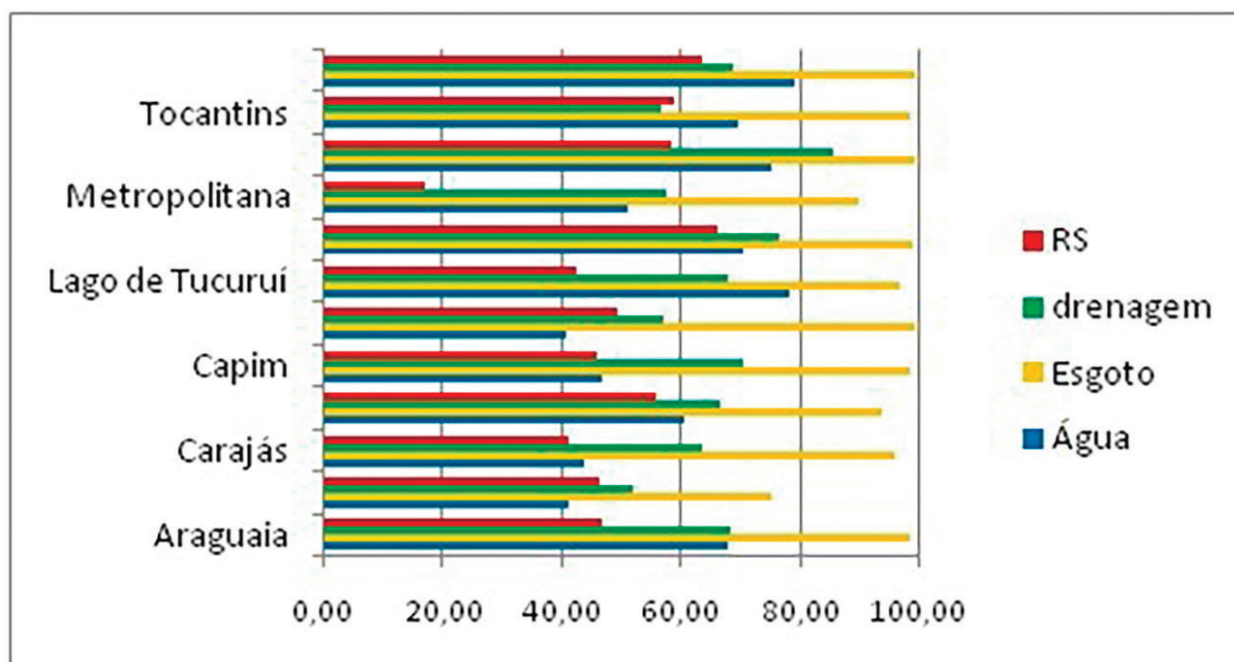


Figura 3. Déficit em Saneamento Básico em Regiões de Integração no Pará.

Fonte: PARÁ, 2017.

Ainda que os estudos do PESB apontem para déficits menores em abastecimento de água, como nas regiões do Xingu, Lago de Tucuruí e Tapajós, o traço comum é o de que populações mais empobrecidas, localizadas nas zonas rurais e ribeirinhas destas regiões, estão fadadas a não compor expressivamente os dados nacionais, comprometendo a consolidação do déficit, e, não expressando corretamente a realidade. A não representatividade de informações locais, dessa ordem, dificulta o traçado de um perfil real de atendimento do saneamento paraense, podendo revelar um maior distanciamento da universalização. No que concerne a área metropolitana de Belém, há mais adensamento e oferta desigual de serviços de água e esgoto, maiores tarifas, baixa qualidade na prestação dos serviços, mas, é possível obter informações mais

contundentes e precisas. Os 7 (sete) municípios, que compõem a RMB, não estão na sua totalidade dependentes da operadora estadual, conforme apresentado na Tabela 2, que apresenta os modelos de gestão dos serviços de abastecimento de água frente aos tipos de captação, predominando o modelo de sistemas de abrangência metropolitana em 3 (três) municípios. Assim posto, e em função de seu porte e capilaridade, a denominação de macrossistemas, advém de sua caracterização, portanto, recebe o nome de Sistema Integrado Bolonha-Utinga, o qual aglutina 3 (três) Estações de Tratamento de Água (ETA), cuja captação é superficial, para produção, e distribuição a partir de um único manancial na RMB, localizado no município de Belém, os Lagos Bolonha e Água Preta, alimentados pela Bacia Hidrográfica do Rio Guamá.

Tabela 2. Relação de Modelos de Prestação de Serviços de Abastecimento de Água na RMB, 2019.

Municípios	Operação do Sistema	Sistema	Tipo de Captação
Ananindeua	COSANPA/SESAN Ananindeua	Integrado Bolonha- Utinga (ETA Bolonha, ETA São Braz e ETA 5º Setor)	Superficial/ Subterrânea
Belém	COSANPA		Superficial/ Subterrânea
Marituba	COSANPA/SEHAB Marituba		Superficial/ Subterrânea
Benevides	SEMIMFRA - Benevides	Sistema Isolado	Subterrânea
Castanhal	COSANPA	Estadual	Subterrânea
Santa Bárbara do Pará	Prefeitura Municipal	Sistema Isolado	Subterrânea
Santa Isabel do Pará	Prefeitura Municipal	Municipal	Subterrânea

Fonte: TRINDADE et al. (2017).

A COSANPA gerencia o abastecimento de 40 (quarenta) setores, distribuídos da seguinte forma: (i) 19 (dezenove) setores denominados como *integrados*, por possuírem unidades comuns de captação, adução, elevação e tratamento, e são abastecidos com água de manancial superficial; (ii) e 21 (vinte e um) setores denominados como *isolados*, não apresentam unidade comum e são abastecidos com água de manancial subterrâneo (PARÁ, 2004). Nesse sentido, a disponibilização hídrica da RMB para abastecimento e produção de água deveria atender cerca de 74,70%, ou seja, 1.853.879 habitantes, da população urbana da RMB, onde desse universo, 1.492.745 habitantes, reside na cidade de Belém (PARÁ, 2019). Com base em informações disponibilizadas pela COSANPA (PARÁ, 2019), o volume disponibilizado para Belém mensalmente é na ordem de 6.945.810 m³/mês. Atualmente, esta produção consiste em aproximadamente 70% de água proveniente de mananciais superficiais e 30% de mananciais subterrâneos.

O quadro de investimentos em ampliação de SAAs em municípios paraenses resulta de planejamento orçamentário e financeiro por parte da

Operadora Estadual e de organismos executores de obras públicas no setor, incluindo captação de recursos para esse fim, realizado pelas prefeituras, dotadas ou não de Sistemas Autônomos de Água e Esgoto (SAAE). O mapeamento do perfil dos investimentos em andamento na COSANPA para a RMB, a partir de dados de 2020, apresenta distribuição em diferentes frentes: (i) obras de implantação/ampliação/melhoria de sistemas de saneamento; (ii) elaboração de projetos e (iii) Desenvolvimento Institucional.

A seguir, as Tabelas 3 e 4 apresentam informações técnicas e institucionais coordenadas pela COSANPA, e sua capilaridade nos municípios da área metropolitana de Belém. Variáveis como projetos, investimentos, prazos e fontes de financiamentos constituíram o método analítico para esta pesquisa, no âmbito da caracterização de assimetrias.

Os investimentos em Saneamento na RMB perfazem a atuação de outros órgãos em escala municipal e estadual. Na Tabela 3, foram relacionadas as tipologias de investimentos aportados pela COSANPA, nos 4 (quatro) municípios em que atua. Outro aspecto é a elevada morosidade destes projetos, certamente

sujeitos a aditivos e reprogramações, onerando muitas vezes as contrapartidas a cargo do ente municipal/estadual.

Ocorre que a maioria das unidades domiciliares localizadas nas áreas periféricas de Belém, Ananindeua e Marituba não está ligada a rede formal de água, revelando que boa parte destes investimentos figuram, muitas vezes,

melhorias nas unidades domiciliares já implantadas e nas economias já existentes.

O quadro de segregação na oferta de serviços de saneamento a partir da quantificação do déficit na RMB, conforme demonstrado na Tabela 5, configura o desalinhamento das componentes investimento/oferta de serviços.

Tabela 3. Síntese de Investimentos Realizados pela COSANPA, 2020.

Municípios	Denominação do Investimento	Status do Investimento	Programa Governamental
Ananindeua	Elaboração de Projetos para SAA (SAA Águas Lindas, SAA Uirapurú, Sistema Ananindeua Centro).	Em andamento	PAC II - Novas Seleções
	Ampliação/Melhoria SAA - ETA Sabiá.	Concluído, em operação	PAC I
	Ampliação SAA Setor Águas Lindas.	Em andamento	PAC II
	Desenvolvimento Institucional.	Concluído	CEF
Belém	Ampliação/Melhoria SAA Cordeiro de Farias, Paar, Sideral, Ipasep e Guanabara.	Concluído	CEF 1
	Ampliação SAA Cordeiro de Farias.	Concluído	CEFs 1, 2 e 3
	Melhoria SAA ETA Sideral.	Concluído, em operação	PAC I
	Desenvolvimento Institucional - ETA São Brás.	Concluído	CEFs 1, 2 e 3
	Ampliação/Melhoria SES ETE Una; SES Benguí.	Em andamento	PAC I
	Implantação de uma Adutora de Água Tratada Trecho Cidade Nova /Ananindeua.	Concluído (1ª Etapa)	PAC II
	Ampliação/Melhoria SAA - Complexo Bolonha.	Em andamento (2ª Etapa)	PAC II
	SAA Augusto Montenegro.	Contrato encerrado em 2017 pelo MCidades	PAC II - Novas Seleções
	Elaboração de projetos - melhorias SAA do 3º Setor; captação, tratamento e distribuição do CDP 10º setor; melhorias das SES - ETES Sideral e Coqueiro.	Concluído	PAC II - Novas Seleções
	Ampliação e melhorias SAA do 3º Setor e CDP -10º Setor.	Em fase de contratação entre CAIXA/Governo do Estado	SELESAN-MDR
	Elaboração de Projetos Básico de Ampliação de SAA e SES do Distrito de Mosqueiro		

Marituba	Implantação SAA	Concluído	CEF 2 e PAC I
	Implantação SES	Paralisada. Contrato rescindido	PAC I
	Desenvolvimento Institucional	Concluído	CEF 2
	Elaboração de Projeto SAA	Contrato não se enquadrou na Portaria 350 de 03/07/2019 do MDR	PAC II - Novas Seleções
Castanhal	Ampliação SAA	Obra em andamento	CEFs 1 E 2 e PAC I
	Ampliação SAA	1ª Etapa Perfuração de dois poços - Concluída. 2ª Etapa - Em andamento	PAC II

Fonte: PARÁ, 2019.

Tabela 4. Macro-intervenções em Água, Esgoto e Drenagem Realizadas na RMB, 1995-2020.

Denominação do Projeto	Descrição da Intervenção	Agente Financiador	Investimento Total (US\$ e R\$)	Período da Obra
Projeto de Drenagem, Vias, Água e Esgoto das Zonas Baixas de Belém -Projeto UNA	Rede coletora principal, Rede coletora domiciliar, Tanques sépticos individuais, Fossas coletivas, Leitos de secagem.	B I D / C a i x a E c o n ô m i c a Federal (CEF)/ Governo do Pará	US\$ 20.112.841	1998 (início) 2005 (concluída)
Programa de Saneamento Básico para População de Baixa Renda -PROSANEAR	Implantação de 5 (cinco) Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) e 6 (seis) Estações Elevatórias de Esgoto (EEE), em 4 (quatro) setores de Ananindeua e Belém.	B I D / C a i x a E c o n ô m i c a Federal (CEF)/ Governo do Pará	US\$ 29.361.582	1998 (início) 2005 (previsão de conclusão)
Programa de Ação Social em Saneamento - PROSEGE	Implantação de 2 (duas) Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) e 5 (cinco) Estações Elevatórias de Esgoto (EEE), em 4 (quatro) setores de Ananindeua e Belém.	B I D / C a i x a E c o n ô m i c a Federal (CEF)/ Governo do Pará	US\$ 20.162.153	1998 (início) 2005 (previsão de conclusão)
Programa de Saneamento Básico da Bacia da Estrada Nova e Una - PROMABEM I e II	Esgotamento Sanitário (implantação de redes coletoras, interceptores, estações elevatórias, linhas de recalque, e ligações domiciliares de esgoto).	Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)/ Prefeitura Municipal de Belém.	US\$ 395.871.000 / R\$ 85 milhões (em andamento).	2013 (início) 2021 (previsão de conclusão)
	Abastecimento de Água Potável (rede de distribuição e ligações prediais hidrometradas).			
	Macrodrenagem (comportas para controlar do fluxo de água entre a Sub-Bacia 2 e o Rio Guamá por ocasião de chuvas e elevação de marés).			
	Microdrenagem (sarjetas, bocas de lobo, PVs).			

Projeto de Saneamento Integrado da Bacia do Tucunduba	Macrodrenagem (retificação da aprox. 3.900 m de extensão do igarapé Tucunduba).	Caixa Econômica Federal (CEF)/ Governo do Pará.	R\$ 126 milhões (em andamento).	2007 (início) 2021 (previsão de conclusão)
	Infraestrutura viária (pista de rolamento, calçadas e ciclofaixa).			

Fonte: BELÉM, 2014a; BELÉM, 2014b; SILVA (2006); GUIMARÃES (2009).

Em nosso entendimento, é a precariedade de infraestrutura na distribuição de água, e a não provisão desse serviço nos municípios, que caracteriza o desenho do déficit metropolitano. Os números apresentados demonstram a grande deficiência de sistemas coletivos de abastecimento de água, o que, naturalmente, obriga grande parcela da população a utilizar soluções isoladas, como a construção de poços para a captação de água do aquífero freático e/ou a utilização de água diretamente dos corpos d'água.

Tabela 5. Déficit de Atendimento de Abastecimento de Água, 2017.

Municípios	População Atendida (%)	Déficit (%)
Ananindeua	31,14	68,86
Belém	70,46	29,54
Benevides	60,77	39,23
Castanhal	27,76	72,24
Marituba	21,34	78,66
Santa Bárbara do Pará	60,85	39,15
Santa Izabel do Pará	53,53	46,47
Ananindeua	31,14	68,86
Déficit RMB		54,45

Fonte: PARÁ (2019).

As assimetrias identificadas no perfil do déficit, com ênfase nos municípios de Marituba, Castanhal e Ananindeua, revelam algumas variáveis diretamente relacionados a este quadro: (i) baixos investimentos em ampliação e distribuição de água que viabilizem a implantação

de novas ligações domiciliares à rede, sobretudo em áreas periféricas; (ii) aumento de alternativas inadequadas de acesso a água, como ligações clandestinas por parte da população não atendida, impactando também no elevado índice de perda; (iii) aumento da vulnerabilidade sanitária ao se adotar solução isoladas de acesso a água, como poços e captação superficial.

Analisando a questão do déficit em uma escala macrorregional, estudo recente realizado pelo Sistema Nacional de Saneamento Básico (SNIS) (BRASIL, 2018) revelou uma importante distorção pertinente à alocação de recursos, a partir da combinação das variáveis *investimento aplicado* e *déficit de serviços (grifo nosso)*.

Na análise desta assimetria, fica constatado, a partir dos dados da região Norte, demonstrados na Figura 4, que a quantidade de investimentos nem sempre determina as reais necessidades levantadas pelo déficit. De maneira que, para o caso do Norte do Brasil, a participação de investimentos no déficit de acesso à água representa um abismo significativamente superior se comparado a 2ª pior macrorregião, o Nordeste. Nessa direção, é razoável concluir que vencer os déficits paraenses de serviços de água e esgoto, que corroborem para uma suposta universalização, significaria, em uma primeira análise: revisão urgente e necessária do modelo nacional de distribuição de recursos; da abertura de programas nacionais de investimentos, respeitando as diversidades regionais, buscando total alinhamento aos instrumentos regionais de planejamento, como os Planos Estaduais de Saneamento

Básico e Planos Estaduais de Recursos Hídricos; do dimensionamento de projetos de saneamento que minimizem diferenças socioespaciais e intra-urbanas, em acordo com as diretrizes urbanísticas de Planos Diretores Municipais e, conseqüentemente, de Planos de

Saneamento Municipais, estabelecendo relação direta com as oportunidades de captação de recursos, cumprimento de cronogramas de obras e atenção a ampliação de redes formais de água e coleta de esgoto em assentamentos subnormais.

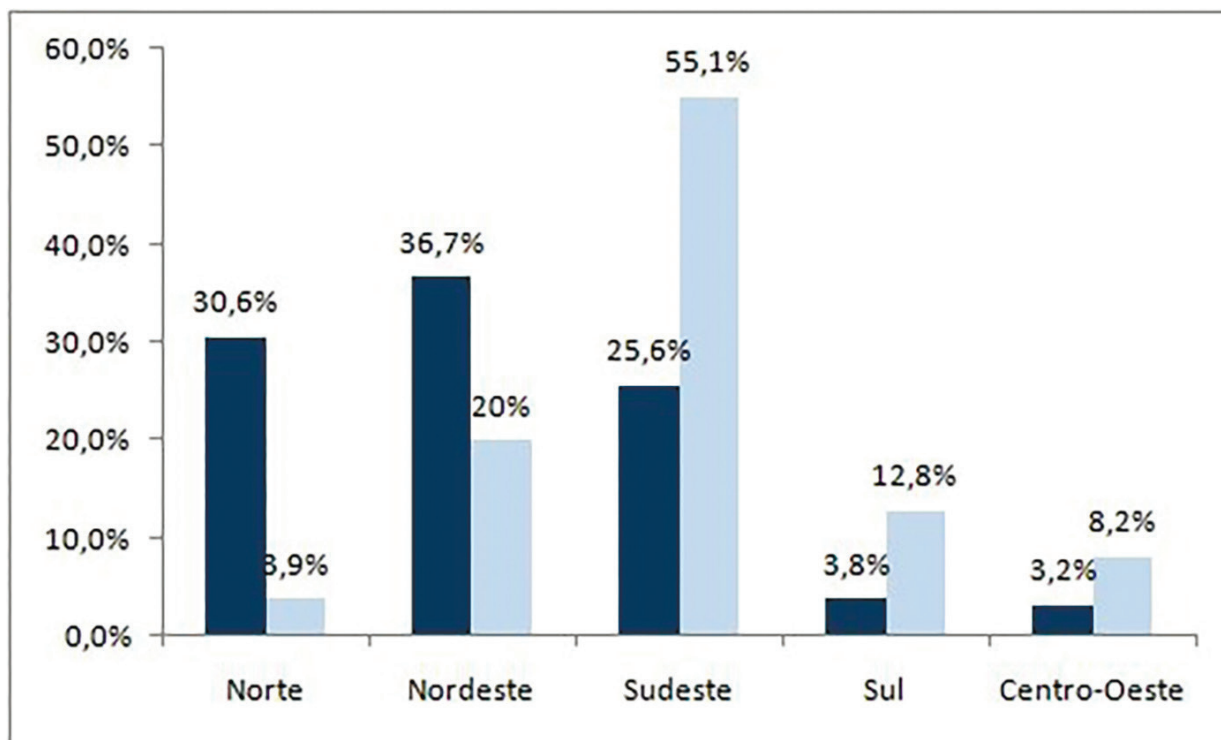


Figura 4. Gráfico da relação entre investimentos e déficit de acesso relativos aos serviços de abastecimento de água.

Fonte: BRASIL, 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os itens anteriores demonstraram que o padrão de prestação de serviços de saneamento básico na Região Metropolitana de Belém caracteriza-se pela existência de macrossistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário de domínio da COSANPA, cuja intermunicipalidade é percebida, apenas, entre os sistemas que atingem os municípios de Belém e Ananindeua, a partir de Estações de Tratamento - ETAs e ETEs - e distribuição em rede, ficando os municípios de Marituba e Castanhal com modelos de distribuição isolados. Dos 7 (sete) municípios que a compõe,

observou-se diversidade no modelo de gestão em saneamento, ficando os 3 (três) municípios menos adensados, e com baixa população urbana, (Benevides, Santa Bárbara do Pará e Santa Izabel do Pará, constituídos de gestão exclusivamente municipal, sem contrato de programa formalizado com a COSANPA.

O modelo precário e insuficiente de cobertura das redes de água e esgoto, fundamentalmente, em áreas periféricas nesses municípios se reproduz, tanto em municípios com gestão municipal, quanto pelos municípios geridos pela Concessionária Estadual, caracterizando uma das principais assimetrias desse estudo. Com efeito, o baixo acesso à água

e ao esgoto é superior em municípios cuja gestão é municipal, e pode, certamente, ser expresso pelo baixo volume de investimentos captados e canalizados, se comparados àqueles vinculados à COSANPA.

A performance dos investimentos de ordem internacional, com envolvimento de agentes como o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), atinge expressivamente os municípios de Belém e Ananindeua. Desde 1985, com a criação do Programa PROSANEAR, até 2014, com o Programa de Saneamento Básico da Bacia da Estrada Nova e Una - PROMABEM I e II, a condução institucional vem atravessando gestões político-partidárias, desde a contratação até o comprometimento dos produtos e/ou serviços que são entregues a população. Entretanto, esses grandes projetos não impactaram na redução do déficit a ponto de atingir populações localizadas em assentamentos precários, não acompanharam as dinâmicas de ocupação intra-urbana e não garantiram o bem-estar urbano a partir da ligação formal das unidades domiciliares a rede de água e esgoto.

A Região Metropolitana de Belém vem se caracterizando, nos últimos 15 anos, por um conjunto de intervenções em infraestrutura urbana - saneamento básico, desdobradas, em sua maioria, de iniciativas políticas, isto é, não alinhadas a uma macro-diretriz consubstanciada por instrumentos estruturantes, como o Plano Diretor de Água e Esgoto da RMB, o Plano Estadual de Saneamento Básico, ou tão pouco, obedecendo aos preceitos existentes nos Planos Municipais de Saneamento, quando estes existem e/ou são revisados. Fica caracterizada a dificuldade técnica-institucional em manejar e implementar instrumentos de planejamento e de gestão urbana, de maneira, a alinhá-los às intervenções tecnológicas de ampliação e melhoramento de macrossistemas ou sistemas isolados.

As tentativas recorrentes em implantar um modelo de governança metropolitana que data de períodos anteriores ao Estatuto da Metrópole, denotam a frágil consolidação de agendas metropolitanas unificadas e perenes que possam debater mudanças estruturantes no setor saneamento básico, bem como em outras políticas urbanas, com vistas a um alinhamento técnico entre os Planos de Saneamento por esfera de poder, à luz da Política Nacional de Saneamento.

Diante de tantas transformações, de ordem jurídica e institucional, que concederam inclusive um novo significado de poder aos municípios, o contraponto está exatamente nas capacidades das gestões públicas em cumprir um papel menos tecnocrático e mais holístico e transversal ao enfrentar problemas de saneamento nas cidades. Ao encontro desta reflexão, Britto (2012) argumenta como esta perspectiva tecnocrática arraigada, ditada, principalmente, a partir da visão da engenharia sanitária, coloca em risco outras etapas subsequentes na agenda do saneamento no Brasil.

É relevante afirmar que traçar o perfil das estratégias em saneamento básico na RMB não depende exclusivamente do levantamento de intervenções, investimentos e mero cumprimento de etapas, mas articular estas informações ao contexto político e aos mecanismos qualitativos de planejamento do setor, na expectativa de reverter assimetrias. Esta afirmativa a cerca da reversão de assimetrias em saneamento, define-se, em parte, na perspectiva de que, ao conceber o abastecimento de água como um serviço cuja configuração diferencia espaços, cria hierarquias entre as diversas áreas e tem o potencial de excluir e incluir populações como detentoras de direitos fundamentais (QUINTSLR, 2014). Fica evidente que os elementos de um sistema de água, desde a produção até a distribuição em rede, perpassam pelos interesses de diferentes atores, localizados em diferentes escalas,

consolidando agendas públicas de investimentos.

Assim posto, vale refletir na questão de que o padrão de implementação de políticas públicas de saneamento, ou aquelas afins ao setor, vem promovendo na RMB a reprodução de territórios de desigualdade em uma região já bastante empobrecida, constituída de diferentes urbanidades, como áreas ribeirinhas, rurais e periferias urbanas, e que, na medida em que a agenda do setor é redirecionada e se desprezam as conquistas alcançadas, configura-se um cenário de perda da dignidade humana. A perspectiva alcançada nesse estudo recai, fundamentalmente, na necessidade de mudanças nas estruturas mentais e conceituais a cerca da promoção do saneamento, enquanto, direito humano, por parte da classe política, jurídica e institucional, a ser incorporado ao marco regulatório brasileiro e suas interfaces com as políticas urbanas, exploradas nesse documento, não limitando, portanto, a uma análise simplista, de natureza puramente operacional em suas etapas e processos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA PARÁ. **Plano Pará 2030 recebe apoio das Nações Unidas**. Belém, 2016. Disponível em: <http://www.seplan.pa.gov.br/plano-par%C3%A1-2030-recebe-apoio-das-na%C3%A7%C3%B5es-unidas>. Acesso em 01/03/2020.

BARROS, Marco Antonio Bastos; SOUZA, Ingrid Tatiany Ribeiro Gomes de. **O saneamento no Brasil: a lei n.º 11.445/2007, Diretrizes Nacionais do Saneamento Básico e a Consecução dos Planos Municipais de Saneamento**. Engrenagem: Revista do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Belém. Ano III. Nº 5. Págs. 96-112. 2013.

BELÉM. Síntese do PROMABEM I. Belém, 2014a. Disponível em: http://ww3.belem.pa.gov.br/promaben/wp-content/uploads/2017/09/Sintese_Promaben_II_Set2014.pdf. Acesso em 03/03/2020.

belem.pa.gov.br/promaben/wp-content/uploads/2017/09/Sintese_Promaben_II_Set2014.pdf. Acesso em 03/03/2020.

BELÉM. Síntese do PROMABEM II. Belém, 2014b. Disponível em: http://ww3.belem.pa.gov.br/promaben/wp-content/uploads/2017/09/Sintese_Promaben_II_Set2014.pdf. Acesso em 03/03/2020.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Estabelece diretrizes gerais da Política Urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União: Seção 1, págs. 1 a 5, Brasília, DF, 11 de julho de 2001.

BRASIL. **Lei nº 11.107, de 06 de abril de 2005**. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Diário Oficial da União: Seção 1, págs. 1 a 3, Brasília, DF, 07 de abril de 2005.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais sobre o Saneamento Básico e dá outras providências. Diário Oficial da União: Seção 1, pág. 3, Brasília, DF, 08 de janeiro de 2007.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo demográfico do Brasil. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 05/03/2020.

BRASIL. **Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015**. Institui o Estatuto da Metrópole, e dá outras providências. Diário Oficial da União: Seção 1, págs. 1 a 6, Brasília, DF, 13 de janeiro de 2015.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento (SNS). Sistema Nacional de Informações em Saneamento. 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/>

diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf. Acesso em: 05/03/2020.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico, e dá outras providências. Diário Oficial da União: Seção 1, págs. 1 a 8, Brasília, DF, 16 de julho de 2020.

BRISCOE, John. **Evaluating water supply and other health programs: short-run vs long-run mortality effects.** North Carolina: Public Health, v. 99, n. 3, 142-145, 1985.

BRITTO, Ana Lucia, REZENDE, Sonaly, HELLER, Léo e CORDEIRO, Berenice. **Da fragmentação à articulação: a política nacional de saneamento e seu legado histórico.** Revista Brasileira de estudos Urbanos e Regionais, v. 4, n.1, p.65-81, 2012.

GUIMARÃES, Mary Lucy Mendes. **Políticas de provisão de saneamento básico: uma análise da insustentabilidade de intervenções de esgotamento sanitário no espaço urbano da região metropolitana de Belém.** Tese (Doutorado) – NAEA/ Universidade Federal do Pará, Belém, 300 p., 2009.

GUIMARÃES, Mary L. M; BRAGA, Andressa S.; CUNHA, Eduarda de O. NASCIMENTO, Tamires C. S. **Análise Situacional da Provisão de Abastecimento de Água do Programa de Aceleração do Crescimento no Pará.** Engrenagem: Revista do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Belém. Ano 1. Nº 1. Págs. 47-58. 2011.

HELLER, Léo. **Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento.** Revista Ciência & Saúde Coletiva. Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 73-84, 1998.

HELLER, Léo. **Léo Heller: foco das políticas de saneamento deveria ser levar serviços para os que não têm.** Entrevista concedida ao Observatório Nacional dos Direitos à Água e ao Saneamento (ONDAS). Brasília, 2019. Disponível em: <https://ondasbrasil.org/leo-heller-foco-das-politicas-de-saneamento-deveria-ser-levar-servicos-para-os-que-nao-tem/>. Acesso em: 03/03/2020.

HELLER, Léo. **Política pública de saneamento: apontamentos teórico-conceituais.** Revista Engenharia Sanitária Ambiental. Belo Horizonte, v. 12, n. 3, p. 284-295, 2007.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Governança Metropolitana no Brasil. Relatório 1.2. Caracterização e Quadros de Análise Comparativa da Governança Metropolitana no Brasil: Análise Comparativa das Funções Públicas de Interesse Comum. 2013. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/rieddf.pdf> . Acesso em: 25.03.2020.

PARÁ. Companhia de Saneamento do Pará. **Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Belém: Síntese do Plano Diretor.** Belém, 2004.

PARÁ. **Lei nº 7.731, de 13 de setembro de 2013.** Dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico e dá outras providências. Publicada no Diário Oficial do Estado do Pará em 23 de setembro de 2013.

PARÁ. Fundação Amazônia de Amparo à Estudos e Pesquisas do Pará (FAPESPA). Anuário Estatístico do Pará, 2017. Disponível em: http://www.fapespa.pa.gov.br/sistemas/anuario2017/mapas/territorio/ter11_metropolitana_de_belem.png. Acesso em: 13/02/2020.

PARÁ. Companhia de Saneamento do Pará. **Estudo das características do Sistema de Saneamento do Complexo Bolonha**: Diagnóstico e proposições para a solução em curto prazo do problema. Relatório de Informação Gerencial II. Belém, 2019.

PERES, Janaína Lopes Pereira; ADRIANO, Henrique Soares Rabelo; SERAPHIM, Ana Paula Albuquerque Campos Costalonga; OLALQUIAGA, Amanda Alves. **O Estatuto da Metrópole e as regiões metropolitanas**: uma análise teórico-conceitual à luz do conceito miltoniano de “território usado”. Cadernos Metrôpoles, São Paulo, v. 20, n. 41, pp. 267-288, 2018.

PONTE, Juliano Pamplona Ximenes; LIMA, José Júlio Ferreira; CARDOSO, Ana Cláudia Duarte; RODRIGUES, Roberta Menezes Rodrigues. **Análise do IBEU Local**: Região Metropolitana de Belém-PA. Belém, INCT Observatório das Metrôpoles, 2013. Disponível em: <https://www.observatoriodasmetrolopes.net.br/bem-estar-urbano-em-belem-extensa-periferia-precaria/>. Acesso em 02/03/2020.

PONTE, Juliano Pamplona Ximenes; RODRIGUES, Roberta Menezes. **Governança metropolitana e políticas urbanas na Região Metropolitana de Belém**. In: CARDOSO, Ana Claudia Duarte; LIMA, José Julio Ferreira, eds. Transformações na ordem urbana. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrôpoles, cap. 10, p. 268-304, 2015.

QUINTSLR, Suyá; BRITTO, Ana Lúcia. **Desigualdades no Acesso à Água e ao Saneamento**: impasses da política pública na metrópole fluminense. WATERLAT-GOBACIT Network Working Papers, v. 1, n. 2, p. 44-64, 2014.

SILVA, Valdinei Mendes da. **Plano diretor setorial do Sistema de Esgotamento Sanitário**: alternativas de concepção para

a área de maior adensamento populacional do município de Belém – PA. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 199 p., 2006.

SWYNGEDOUW, Erik. **Privatizando o H2O**: transformando águas locais em dinheiro global. In: Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais. ACSERALD, Henry (Editor). Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional. V.6, Nº.1, 2004, págs 33 a 53.

TRATA BRASIL. **Pará, o estado com maior déficit em tratamento de esgoto**, 03/09/2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2019/09/03/para-o-estado-com-maior-deficit-em-tratamento-de-esgoto/>. Acesso em: 13/02/2020.

TRINDADE, Andreza Barbosa; GUEDES, Michel Pacheco; BORDALO, Carlos Alexandre Leão; MONTEIRO, Natália Rodrigues das Graças. Gestão do serviço público e abastecimento de água potável na Região Metropolitana de Belém: o caso do município de Ananindeua – Pará – Brasil. In: **Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento**. PEREZ FILHO, Archimedes; AMORIM, Raul Filho. (orgs). Campinas, São Paulo. Instituto de Geociências. UNICAMP. 2017.

WORLD BANK GROUP; INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO); WATERAID; WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Health, Safety and Dignity of Sanitation Workers**: an initial assessment. World Bank, Washington, DC. 2019. Disponível em: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---sector/documents/publication/wcms_728054.pdf. Acesso em: 23/04/2020.

Futuro Amazônico - Província minero-energética para o resto do mundo ou embrião de uma civilização original da biomassa

Amazonian Future - mineral and energetic Province for the rest of the world or embryo of an original biomass civilization

Ailton Pires de Lima

Universidade Federal do Pará. Bacharel em geografia, Mestre em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia e Doutorado do PPGDSTU/NAEA/UFPA. **Endereço:** Avenida Almirante Barroso, 1081 - Apto 1002 Bairro: Marco - CEP: 66093020- Belém – PA. **E-mail:** ailton.lima@ymail.com

Thomas Adalbert Mitschein

Universidade Federal do Pará. Sociólogo, Dr. Phil. pela Universidade de Muenster, Alemanha. Pesquisador e Professor em diversas unidades técnico-científicas da Universidade Federal do Pará.

RESUMO

O efeito estufa e a acelerada erosão da biodiversidade representam dois pesadelos que afetam a humanidade toda. Na Amazônia, ambos estão intimamente interligados, uma vez que a derrubada e a queima da floresta aumentam a concentração de gás carbônico na atmosfera e colocam em perigo a sua extraordinária biodiversidade. E se, ainda, levarmos em conta que a floresta amazônica coloca diariamente 20 bilhões de toneladas de água na atmosfera, garantindo, assim, que uma região que abrange um território que vai de Cuiabá até Buenos Aires e de São Paulo até os Andes e concentra 70% do PIB sul-americano, não se torne um deserto, neste caso é obvio que o aproveitamento sustentável da hileia amazônica é um desafio de dimensões globais. Contudo, ele, dificilmente, será enfrentado na realidade com resultados efetivamente positivos sem a consideração dos problemas sociais e econômicos de uma região que, nas últimas décadas, passou por uma expressiva urbanização selvagem, tendo potencializado, por sua vez, a favelização do espaço nos municípios, a informalização dos mercados de trabalho e a omissão dos estados locais diante das crescentes mazelas sociais e ambientais no continente amazônico. Tendo em mente este cenário de destruição da natureza externa e interna dos amazônidas, os autores discutem neste texto a opção de implementar uma civilização original da biomassa que permite incentivar *backward* e *forward linkages* entre campo e cidade nas áreas alteradas, criando, desta maneira, os tão cobiçados efeitos de emprego, ocupação e renda. E ao abordar os ecossistemas primários como um renovável tesouro de insumos naturais para as mais diversas necessidades humanas, acaba justificando de forma didaticamente clara a necessidade imperiosa de sua preservação.

Palavras-chave: Amazônia. Civilização. Biomassa.

ABSTRACT

The greenhouse effect and the accelerated erosion of biodiversity represent two nightmares that affect all of humanity. In the Amazon, both are closely interconnected, since the felling and burning of the forest increases the concentration of carbon dioxide in the atmosphere and calls into question its extraordinary biodiversity. And if we also take into account that the Amazon rainforest places 20 billion tons of water daily in the atmosphere, thus ensuring that a region that covers a territory that goes from Cuiabá to Buenos Aires and from São Paulo to the Andes and concentrates 70% of South American GDP, do not become a desert, in this case it is obvious that the sustainable use of the Amazon hileia is a challenge of global dimensions. However, it will hardly be faced in reality with effectively positive results without considering the social and economic problems of a region that, in the last decades, has undergone an expressive wild urbanization, having, in turn, potentialized the favelization of space in the municipalities, the informalization of labor markets and the failure of local states to face the growing social and environmental ills on the Amazon continent. Bearing in mind this scenario of destruction of the external and internal nature of the Amazonians, the authors discuss in this text the option of implementing an original biomass civilization that allows encouraging backward and forward linkages between countryside and city in the altered areas, thus creating the so coveted effects of employment, occupation and income. And by addressing primary ecosystems as a renewable treasure trove of natural inputs for the most diverse human needs, it ends up justifying in a didactically clear way the imperative need for their preservation.

Keywords: Amazon. Civilization. Biomass.

INTRODUÇÃO

O Estado Nacional Brasileiro começou a ser indutor desenvolvimentista a partir da crise dos regimes oligárquicos que, no decorrer do século XIX, tinha consolidado o seu papel como fornecedor de matérias primas no âmbito da divisão internacional do trabalho. Diversas estratégias foram colocadas em prática desde então. No contexto do pós guerra, tentativas de substituição de importações como intuito de ampliar e diversificar a base produtiva, foram as alternativas de governos com viés nacional populista.

No decorrer dos anos 50, dados econômicos, mostram o Brasil como um ator econômico bastante dinâmico que avançava com vigor especialmente no campo da indústria de bens de capital e em setores como o automobilístico. Nos governos militares, embora seja visível a intenção de usar a *máquina estatal* em um esforço para ampliar a base industrial do Brasil, contraditoriamente se consolidou uma dinâmica de crescimento que resultava na perpetuação das desigualdades sociais.

Neste contexto o II Plano Nacional de Desenvolvimento – PND (1975 - 1979) criava uma ponte direta com a Amazônia propondo para a região um modelo de crescimento norteado pela preocupação de associar a consolidação do sistema produtivo nacional com o aumento da geração de excedentes exportáveis, para a, assim chamada, *Região de Fronteira Tropical*.

ENFOQUE ANALÍTICO

Diante da profunda crise em que se encontram as grandes narrativas sobre a civilização ocidental e as receitas de sua universalização, um crescente número de cientistas tem dedicado nas últimas décadas uma atenção maior a esfera local como esfera de desenvolvimento

(MITSCHERIN; CHAVES, 2014). Entre os mais diversos enfoques teóricos, destaca-se o paradigma do ecodesenvolvimento (SACHS, 1986; 2006) que, ao definir o aproveitamento não predatório dos recursos naturais de cada ecorregião como desafio global, entende a revisão dos vigentes estilos de vida no hemisfério Norte e a superação definitiva dos sonhos do desenvolvimento mimético no hemisfério Sul como duas faces da mesma moeda.

Para as regiões tropicais sugere a criação de uma moderna civilização da biomassa, tentando conseguir resolver dois problemas de forma simultânea: Ao priorizar o uso múltiplo da biomassa terrestre e aquática para produção de alimentos humanos, rações para animais, adubos verdes, insumos industriais, materiais de construção, energia renovais, fármacos ou biocosméticos acabam incentivando a criação dos tão cobiçados *forward* e *backward linkages* entre as áreas rurais e urbanas no próprio contexto regional dentro de uma perspectiva sustentável. E pelo fato de abordar os ecossistemas, ainda intactos, como renovável tesouro de insumos naturais para os mais diversos campos da reprodução humana está justificando de uma maneira didaticamente clara a necessidade imperiosa de sua proteção.

Contudo, é óbvio que a viabilidade desta proposta exige a sua adaptação às condições histórico-culturais e socioeconômicas dos múltiplos espaços locais de cada ecorregião.

O DESAFIO DE REINVENTAR A AMAZÔNIA

A Amazônia brasileira costuma a ser abordada como um dos mais importantes pólos da biodiversidade nesta assim chamada vila global. Entretanto, continua sendo uma região periférica de um país emergente que abriga 10% do seu efetivo demográfico e, mesmo apresentando uma

tendência de crescimento, contribui para o PIB nacional com modestos 8% (IBGE 2017) (Figura 1).

Há, aproximadamente, 50 anos que a tecno-burocracia do Governo Federal planejou a exploração da Amazônia como possível alavanca para o avanço econômico da nação, tornando-a objeto de um modelo de crescimento que os seus idealizadores chamaram de desequilibrado e corrigido (SUDAM, 1976). Desequilibrado porque

favorecia setores produtivos (mineral, madeireiro, agropecuário, pesqueiro empresarial, etc.), dos quais eram esperadas vantagens comparativas no âmbito do mercado mundial. E, corrigido, porque previa intervenções por parte do Estado para mitigar os desequilíbrios que a implementação do mencionado modelo trazia necessariamente em seu bojo. Contudo, o que a ação corretiva da política pública pressupõe, é dispor de poder de fogo em termos financeiros.



Figura 1. Participação da região da Amazônia no PIB brasileiro.

Fonte: IBGE, 2018.

No entanto, fatores como o pagamento dos encargos da dívida externa, baixas taxas de crescimento econômico e, certamente, as receitas do *fundamentalismo de mercado* fizeram com que esse poder de fogo minguasse expressivamente. As consequências deste enredo são bem conhecidas: a devastação da extraordinária biodiversidade amazônica e a marginalização socioeconômica de crescentes segmentos da população regional acabaram se tornando duas faces

da mesma moeda. E isto justamente num momento em que nos países do hemisfério Norte a sociedade civil começava a se mobilizar cada vez mais em torno de temas ambientais como a contaminação dos rios e dos oceanos, a destruição das florestas e a questão climática.

De qualquer maneira, diante das pressões que estavam sofrendo por parte desses novos atores do campo ecológico em sua própria casa, os governos dos Sete Países mais Industrializados (G7)

aprovaram em dezembro de 1991 o Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, lançado oficialmente durante a Eco 92 no Rio de Janeiro, que problematizava o cenário da destruição socioambiental em nível global.

No entanto, mesmo considerando que os projetos do Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil G7 (1994 a 2009) geraram insumos notáveis para a definição de opções sustentáveis de aproveitamento dos recursos naturais da região; em sua essência o Programa pouco contribuiu para a proteção das florestas amazônicas. Aliás, por uma razão bastante simples: limitava-se à experimentação de iniciativas piloto, deixando a questão da transformação dos seus achados em práticas generalizadas por conta das instâncias governamentais do Brasil. Ora, estas, ao enfrentarem a duras penas os impactos nocivos da década do desenvolvimento perdido da América Latina, não estavam, nem de longe, em condições de cuidar, de fato, de uma Região de dimensões continentais.

Encurraladas entre as imposições dos representantes do sistema financeiro global - que cobravam políticas de contenção das despesas públicas - e as reivindicações dos movimentos ecológicos do mundo inteiro - que insistiam na implementação de políticas eficazes de preservação da maior floresta tropical contínua deste planeta - as instâncias da política brasileira encontravam-se no meio de um fogo cruzado, entre cobranças nitidamente excludentes. Poderiam atendê-las, concomitantemente, caso não fossem absolutamente irreconciliáveis. Mas, considerando a óbvia impossibilidade, seguiam as receitas formuladas pelo Consenso de Washington e implementadas pelo FMI (Fundo Monetário Internacional).

Em consequência, se instalou na Amazônia, no decorrer da última década do século XX, uma “fronteira experimental” (BECKER, 1991), onde

inúmeros atores (inter) nacionais insistiam em testar alternativas ao cenário da destruição socioambiental. Mas, embaixo desta redoma artificial, por sua vez distante das raízes socioculturais dos próprios protagonistas regionais, potencializavam-se os desequilíbrios que a forçada ocupação da Região tinha gerado, manifestando-se através de uma crescente concentração fundiária, de um inchaço desenfreado das áreas urbanas e de expressivas taxas de desmatamento, que acabaram transformando a hileia amazônica na maior emissora de carbono de todo o Brasil.

E essa situação continua em vigor. Na região inteira! Apesar do fato de que na década passada o Governo Federal tenha insistido na retomada do papel do Estado como indutor e regulador do desenvolvimento nacional, implantando uma espécie de capitalismo organizado que gira em torno da função estruturante da política pública, mas obviamente não foge das imposições de um sistema econômico global (que, ao forçar todos os seus *stakeholders* a seguir o passo-a-passo da competitividade sistêmica) está aprofundando a polarização social e espacial no âmbito do território nacional, deixando, consequentemente, a Amazônia em sua condição de refém do mencionado modelo de crescimento desequilibrado que lhe foi imposta nas últimas décadas do século passado. (MITSCHIN; CHAVES, 2014).

Contudo, há de se levar em conta que uma iniciativa ambiciosa de recuperação das áreas alteradas da Amazônia por intermédio de sua revitalização econômica em moldes sustentáveis, se choca frontalmente com as determinações de uma política econômica que, não obstante sua retórica anti-neoliberal, destinava a setores como educação, ciência e tecnologia, gestão ambiental, agricultura, organização agrária e indústria irrisórios 5,68 % do Orçamento Geral da União, mas destinava

aproximadamente 40% ao pagamento de juros, amortizações e refinanciamentos da dívida pública do país (dados de 2013). No entanto, por mais que esta “brutal transferência de recursos públicos para o setor privado - nacional e internacional” (FATORELLI, 2011) esteja representando um *nó górdio* da política brasileira, os principais protagonistas desta última demonstraram pouca vontade para desatá-lo porque preferiam evitar conflitos com os bancos nacionais, estrangeiros e investidores internacionais que, junto com as seguradoras, detêm 62% do estoque da dívida pública brasileira.

Trata-se, sem dúvida, de uma postura entendível no âmbito de um sistema econômico global que, mesmo depois da crise financeira internacional em 2008, continua sujeito aos humores dos mercados financeiros que, pelo seu próprio tamanho e seu baixo nível de regulação, conseguem atrelar, no mundo inteiro, a política real às suas expectativas de rentabilidade. Mas, não deixa de revelar uma predisposição perigosamente omissa, uma vez que acaba empurrando com a barriga as dramáticas mazelas sociais e ambientais que, das mais diversas formas, estão castigando todos os territórios do Brasil. E, ainda mais: está negligenciando radicalmente o excepcional poder de barganha que, em princípio, a maior floresta tropical do planeta e os extraordinários serviços ambientais, suscitados por ela, podem proporcionar para o Brasil numa sociedade planetária que está cada vez mais ameaçada pela acelerada destruição das bases naturais de sua sobrevivência.

Na conjuntura atual a tragédia climático-ambiental se anuncia dando sinais claros da sua antecipação. As medidas recomendadas pela comunidade científica internacional para evitá-la nunca saíram da condição de promessas vagas. Devemos esperar, portanto, o agravamento das dificuldades climáticas porque a data-limite para estancar o processo é o ano de 2021.

Então, que alternativas teríamos para enfrentar este cenário tão dramático? “Transformando a Amazônia o Brasil se transformará (...)”, escreveu Roberto Mangabeira Unger, que entre outubro de 2007 e junho de 2009 foi responsável pela Secretaria de Assuntos Estratégicos do Governo Lula. E prossegue:

Hoje, a discussão do destino da Amazônia serve como alavanca de pressão do mundo sobre o Brasil. Pode, porém, abrir espaço para nós no mundo. Para isso, temos de mostrar como, ao reafirmar nossa soberania na Amazônia, podemos fazê-lo a serviço não só do Brasil, mas, também, da humanidade. Uma iniciativa nacional a respeito da Amazônia é capaz de esclarecer e de comover o país. Presta-se a uma iniciativa de libertação nacional. No século 19, completamos a ocupação do litoral. No século XX, avançamos para o centro-oeste. No século XXI, reconstruiremos o Brasil ao reinventar a Amazônia (MANGABEIRA UNGER, 2008, p.1).

Abordando os territórios já desmatados da região que, apenas no período entre 2008 e 2017, alcançou a uma área de 70.314 km² da floresta (Figura 2), sendo que no total representa uma gigantesca massa territorial de quase 700.000 km² (INPE 2019), que ultrapassa mais de duas vezes a extensão geográfica de um país inteiro como a Alemanha reunificada, podem ser incorporados como virtual espaço de inovação, onde se deve construir “na agricultura, na pequena indústria e nos serviços um modelo econômico que não repita os erros do passado”, Unger defende a geração de sinergias entre:

indústrias de ponta, “pós-Fordistas” (que) podem produzir, de maneira não padronizada, máquinas e insumos que a retaguarda de empreendimentos menores e

mais atrasados consigam usar
(MANGABEIRA UNGER, 2008, p. 4).

Mas, como transformar esse poder
virtual em uma realidade palpável?



Figura 2. Série histórica de desmatamento da Amazônia em km².
Fonte: INPE/Prodes.

Nas palavras de Mangabeira Unger (2008), por meio de uma política que faz do “soerguimento da Amazônia prioridade brasileira na primeira metade do século XXI”, transmitindo com clareza de que maneira a reafirmação da soberania nacional no território amazônico servirá tanto ao Brasil como à humanidade toda. Uma política, portanto, que precisa se afirmar através do estabelecimento de uma relação mais equilibrada entre economia e ecologia que, no âmbito do trópico úmido, pressupõe a criação de uma moderna civilização da biomassa, capaz de matar dois coelhos com uma cajadada só: ao priorizar o:

Uso múltiplo da biomassa terrestre e aquática como alimento humano, ração para animais, adubo verde, bioenergias, materiais de construção, fibras, plásticos, demais produtos da

química verde e dos bioreferenciais do futuro (SACHS, 2009, p.1).

Acaba incentivando, aliás em todas as regiões do território nacional, as potencialidades endógenas de desenvolvimento dos múltiplos espaços locais. E pelo fato de abordar os ecossistemas ainda intactos como um renovável tesouro de insumos naturais para os mais diversos campos da reprodução humana, está justificando de uma maneira didaticamente clara a necessidade imperiosa de sua proteção, facilitando, assim, a

redução da velocidade do desmatamento” que, no caso brasileiro, representa o “maior potencial de mitigação do efeito estufa” (FEARNSIDE, 2003, p. 72).

E mais: proporciona condições para organizar trocas mutuamente

benéficas entre os habitantes das reservas indígenas da Amazônia e as populações do seu entorno no âmbito de iniciativas de reflorestamento com espécies nativas.

Nesse contexto, cabe lembrar que, em territórios de colonização antiga e recente como no nordeste e no sudeste do Estado do Pará, os últimos estoques de floresta primária se encontram justamente no habitat dos povos Tembé e Kayapó, onde o desmatamento e a ocorrência de incêndios são reconhecidamente bem menores do que nas áreas fora do seu perímetro (MITSCHEIN; ROCHA; DIAS, 2012).

Contudo, por mais que estejamos reconhecendo que o *mainstream* da política brasileira continua dando pouca atenção a estratégias acima referidas, encaramos a intensificação de sua discussão nos mais diversos foros da sociedade civil, do setor privado, e das instituições públicas como uma necessidade imperiosa e inadiável diante dos evidentes gargalos de um regime de acumulação de cunho neo-desenvolvimentista que potencializa visivelmente as polarizações sócio-espaciais no Brasil inteiro e não livra a Região amazônica do seu papel de colônia mineral e energética das regiões economicamente mais competitivas do país.

CONCLUSÃO

Como virtual alternativa a este cenário nocivo, caberia ao Brasil fazer da reinvenção da Amazônia um instrumento central para sua própria reorganização neste século XXI, implementando, no âmbito das áreas alteradas da Hileia, o embrião de uma “civilização original dos trópicos” (SACHS, 2006, p.402) que - se baseia no estudo, no conhecimento e no respeito das especificidades de cada eco-região, insistindo na elevação sistemática da produtividade primária da biomassa terrestre e aquática bem como na criação

de “complementaridades (entre) os campos, as pastagens, as florestas e as águas” (SACHS, 2006, p.82).

Complementarmente promovendo a ampliação da capacidade técnico-científica já instalada na região através de uma política que procura evitar, ao máximo, as caídas “nas armadilhas da pretensa lógica própria do progresso técnico” (SACHS, 1986, p. 124), se abrindo, a partir daí, ao saber tradicional dos povos indígenas que, por séculos, se destacaram pelo trato engenhoso da flora e fauna da região amazônica (POSEY, 1984; POSEY; OLIVEIRA, 1992; DAMAS, 2003).

REFERÊNCIAS

- BECKER, B. K. Amazônia, Fronteira Experimental para o Século XXI; atores, estratégias, conceitos. In: BECKER, Paulo (ed.). *Bioética no Brasil*. Rio de Janeiro: Espaço e Tempo, 1999. p. 165-200.
- DAMAS, G. C. *História de América Andina: Crisis del régimen colonial e Independencia*. Quito: Universidad Andina Siomon Bolivar, v. 4, 2003.
- FATORELLI, M. L. A inflação e a dívida pública *Le Monde Diplomatique*[Online], São Paulo, a. 4, n. 47, 2011.
- FEARNSIDE, P. M. *A floresta amazônica nas mudanças globais*. Manaus: INPA, 2003.
- FONSECA, A.; CARDOSO, D.; RIBEIRO, J.; FERREIRA, R.; KIRCHHOFF, F.; MONTEIRO, A.; SANTOS, B.; FERREIRA, B.; PONTES, M.; SOUZA JR. C.; VERÍSSIMO, A. *Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (março 2020)*. Belém: SAD, 2020.
- INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA (IMAZON). *Boletim do desmatamento da Amazônia*

Legal (maio de 2020) SAD. Disponível em: <https://imazon.org.br/publicac/oes/boletim-do-desmatamento-da-amazonia-legal-maio-2020-sad/> Acesso em: 11/08/2020.

MANGABEIRA, U. R. *Projeto Amazônia: Esboço de uma Proposta*. Belém, 2008. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/225/_arquivos/2____projeto_amaznia____esboo_de_uma_proposta_225.pdf Acesso em: 11/08/2020.

MITSCHEIN, T.; ROCHA, G.; DIAS, C. *Territórios indígenas e serviços ambientais na Amazônia: o futuro ameaçado do povo Tembé do Alto Rio Guamá*. Belém: NUMA/UFGPA, POEMA, 2012. 93 p.

MITSCHEIN, T. A.; CHAVES, J. F. *Desenvolvimento local e o Direito à Cidade na Floresta Amazônica*. Belém: NUMA/UFGPA, 2014.

POSEY, D. Os Kayapó e a natureza. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 2, n. 12, p. 35-41, 1984.

POSEY, D. A.; Oliveira, A.: Introdução à Relevância do Conhecimento Indígena. In: *Ciência Kayapó*. Alternativas contra a destruição. Belém, 1992.

SACHS, I. *Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir*. Tradução de Eneida Araújo. São Paulo: Vértice, 1986.

SACHS, I. *Rumo a Ecosocioeconomia: Teoria e prática do desenvolvimento*. São Paulo: Cortez, 2006.

SACHS, I. A crise: janela de oportunidade para os países tropicais? *Le Monde Diplomatique [Acervo Online]*, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://diplomatique.org.br/a-crise-janela-de-oportunidade-para-os-paises-tropicais/> Acesso em: 11/08/2020.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA (SUDAM). *II Plano Nacional de Desenvolvimento: Programa de Ação do Governo para a Amazônia*. Belém: SUDAM, 1976. 100p.

Análise das ações do conselho estadual de recursos hídricos do estado do Pará no período de 2017 a 2018

Analysis of the actions of the state council of water resources of the state of Pará in the period 2017 to 2018

Jaqueline Maria Soares da Silva

Professora dos Cursos Técnico em Saneamento e Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus* Belém. Mestra em Engenharia Civil pela UFPA. **Endereço:** Tv. Éneas Pinheiro nº 2423 Belém/PA. CEP: 66095015. **E-mail:**jaqueline.silva@ifpa.edu.br

Fabianne Mesquita Pereira

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus* Belém.

Kewffany Chrys da Cruz Miranda

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus* Belém.

Valdinei Mendes da Silva

Professor do Curso Técnico em Saneamento e Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus* Belém. Doutor em Geociências pela UFPA.

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi realizar a análise das ações do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Pará (CERH-PA), no período de fevereiro de 2017 a março de 2018, por meio do acompanhamento das reuniões de trabalho do Conselho e das Câmaras Técnicas. Os principais avanços identificados durante esse período foram: a aprovação do primeiro comitê de bacia hidrográfica do estado do Pará, o comitê de bacia do rio Marapanim, bem como, a elaboração e aprovação da resolução que regulamenta a criação dos comitês de bacias no estado do Pará e a aprovação das metas do Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas - PROGESTÃO. Por outro lado, os principais entraves observados foram: a dificuldade em se alcançar quórum nas reuniões, a ausência dos representantes que moram em áreas afastadas do município de Belém e a inexistência de um modelo de análise das metas do PROGESTÃO. Apesar disso, foi possível observar que há disposição e engajamento por parte dos conselheiros em participar e contribuir nos debates importantes para uma implementação efetiva da política de recursos hídricos no estado do Pará.

Palavras-chave: Comitê de Bacia. Participação. Conselheiros. Deliberação.

ABSTRACT

The objective of the research was to analyze the actions of the State Council of Water Resources of the State of Pará (CERH-PA), in the period from February 2017 to March 2018, by means of the follow-up of the working meetings of the Council and the Technical Chambers. The principal advances identified during this period were: the approval of the first committee of hydrographical basin of the State of Pará, the River Marapanim Basin Committee, as well as the elaboration and approval of the resolution that regulates the creation of the basin committees in the State of Pará and the approval of the goals of the Program of Consolidation of the National Pact for the Water Management – PROGESTÃO. Conversely, the principal constraints observed were the difficulty to reach the quorum in the meetings, the absence of the representatives that live in areas far from the city of Belém and the inexistence of a model of analysis of the PROGESTÃO goals. Despite that, it was possible to observe that there is willingness and engagement of the representatives to participate and contribute to important debates for an effective implementation of the policy of water resources in the State of Pará.

Keywords: Basin Committee. Participation. Representatives. Deliberation.

INTRODUÇÃO

Em janeiro de 1997, passou a vigorar a Lei Federal nº 9.433/97, também conhecida como a Lei das Águas, o instrumento legal que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Essa política, dentre outros assuntos, dispõe sobre a criação e composição do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), o qual foi um grande avanço para o ordenamento das águas, no âmbito nacional (BRASIL, 2017). Em 2007, todos os estados brasileiros já dispunham de suas políticas estaduais de recursos hídricos, que foi um marco no gerenciamento das águas no âmbito estadual. Os conselhos de recursos hídricos nos estados possuem atuação semelhante ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, exercendo funções de caráter consultivo normativo e deliberativo. É possível observar que a composição de cada conselho varia de acordo com a especificidade de cada estado.

A Lei Estadual nº 6.381/2001 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos no Pará e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH), deu suporte para a criação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Pará (CERH-PA) (PARÁ, 2001). O CERH-PA é um órgão que possui atribuições importantes para a implementação das políticas em ambas as esferas e vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) do Pará.

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) na qualidade de órgão consultivo e deliberativo possui importante função sobre os critérios e as normas referentes às diretrizes da Política Estadual de Recursos Hídricos a serem observadas pelos Planos Estaduais correspondentes e pelos planos de bacia hidrográfica, bem como sobre os critérios

e as normas relativos à outorga e à cobrança pelo uso dos recursos hídricos e demais instrumentos de gestão. Compete-lhe ainda a aprovação da instituição de comitês em rios de seu domínio (PARÁ, 2020, não paginado).

O CERH-PA passou por três processos de habilitação, e que por conseguinte, originou três mandatos, o 1º mandato compreendeu o período de 2007 a 2011, o 2º mandato com período de 2012 a 2014 e o 3º mandato que abrange os anos de 2016 a 2020, sendo este último, objeto de estudo do presente trabalho. Os 1º e 2º mandatos tiveram avanços significativos, no que se refere à criação de resoluções e início dos primeiros procedimentos e discussões para a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) do estado do Pará.

Atualmente, todos os estados brasileiros já dispõem de Conselhos de Recursos Hídricos ou entidades semelhantes a este. A composição deste colegiado é constituída por representantes do Poder Público, dos Usuários e da Sociedade Civil.

Nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo analisar as ações do CERH-PA referente ao 3º mandato (2016-2020) do CERH-PA, durante o período de fevereiro de 2017 a março de 2018.

REFERENCIAL TEÓRICO

A partir da implementação da Lei Federal nº 9.433/1997, foi estabelecido o modelo para o gerenciamento das águas nos estados brasileiros, sendo este realizado no âmbito da bacia hidrográfica, mediante atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas (BRASIL, 2017).

O modelo de gestão dos recursos hídricos no Brasil foi inspirado na experiência francesa e é considerado um dos mais avançados do mundo. No entanto, sua aplicação encontra

desafios para o funcionamento da gestão participativa em novos fóruns decisórios como o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) e os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH), (CASTRO; ALVARENGA; JÚNIOR, 2005). Consequentemente, um dos principais desafios é a atuação dos segmentos de interesse no processo de gerenciamento dos recursos hídricos, sendo de suma importância para que se garanta o que estabelece a Lei Federal nº 9.433/97, que é a gestão descentralizada e participativa.

Para Junqueira, Saiani e Passador (2011), em relação à descentralização, é importante ressaltar que esta resultou da organização e mobilização da sociedade que buscou participação nas decisões relacionadas às políticas públicas da sociedade, objetivando uma maior democratização. A participação da sociedade é de fundamental importância para que seja exercido o controle social, ou seja, a atuação da mesma nas deliberações do estado. Nesse sentido, o envolvimento do Poder Público, Usuários e da Sociedade Civil nas decisões possibilita um melhor direcionamento da gestão (JUNQUEIRA; SAIANI; PASSADOR, 2011, p.162).

Um dos fundamentos da Lei Federal nº 9.433/97 é que a gestão dos recursos hídricos seja descentralizada e participativa. Para tanto, faz-se necessário que todos os atores de interesse tenham a garantia do livre acesso às informações referente ao recurso. Nessa conjuntura, a supramencionada lei prevê a criação do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SIRH), que é a base para disponibilização das informações sobre águas no Brasil, contribuindo para a difusão do conhecimento sobre recursos hídricos.

Nesse sentido, conforme o art. 26 da Lei Federal nº 9.433/97 são princípios básicos para o funcionamento do SIRH:

- I - descentralização da obtenção e produção de dados e informações;
- II - coordenação unificada do sistema;
- III - acesso aos dados e informações garantidos à toda a sociedade (BRASIL, 1997, p. 6).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH é um dos entes do SINGREH sendo este instituído pela Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH conforme a Lei Federal nº 9.433/1997.

Nesse contexto, de acordo com Pompeu (2003), o CERH é um colegiado intergovernamental que promove e articula o planejamento dos recursos hídricos em todos os níveis seja no planejamento Nacional, Estadual, Municipal e Regional.

Para Rocha (2014), os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos seguem o mesmo arcabouço do CNRH, no entanto, são fundamentados nas distinções regionais de cada ente federado.

O autor supracitado complementa:

Segundo o ordenamento jurídico estadual, cada CERH dispõe de uma composição peculiar em que é estabelecida a proporção da participação do Poder Público e da sociedade civil, tendo atribuições assemelhadas às do CNRH, porém, no âmbito do território estadual (ROCHA, 2014, p. 127,).

O processo de habilitação para a seleção dos conselheiros para o CERH/PA, 3º mandato (2016-2020) foi divulgado por meio de edital de nº 33157/2016 e publicado no site da SEMAS com período de 28/06/2016 à 19/10/2016. Ao final do processo foram empossados vinte

e nove conselheiros, sendo as vagas assim distribuídas: 12 vagas para o Poder Público Estadual, três vagas para o Poder Público Municipal, sete vagas

para os Usuários dos Recursos Hídricos e sete vagas para as Organizações Civis Legalmente Constituídas (PEREIRA; MIRANDA, 2018), conforme Figura 1.

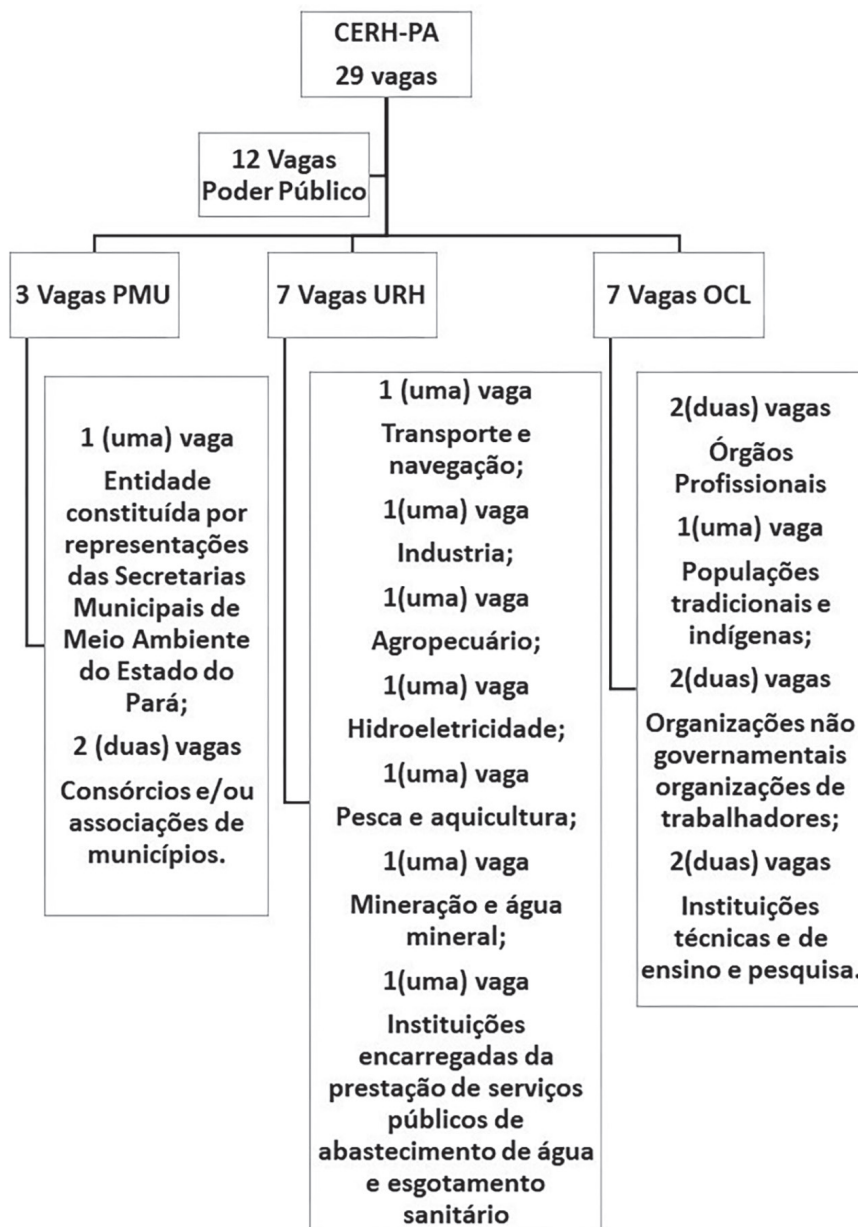


Figura 1. Distribuição de vagas.

Fonte: Adaptado PARÁ (2016).

METODOLOGIA

A pesquisa possui abordagem qualitativa, de natureza básica e caráter exploratório. Para o atingimento do objetivo proposto foi realizada pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e

estudo de caso, tendo como alvo de estudo o CERH/PA. A presente pesquisa compreendeu o período de fevereiro de 2017 a março de 2018, sendo parte integrante do Relatório Final produzido para atendimento do Projeto de Iniciação Científica fomentado pelo PIBICTI/2016,

do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) - Campus Belém.

Para a realização da supracitada pesquisa foram realizadas coletas de informações a partir de fontes de dados primários e secundários como: PNRH, PERH, Resoluções do CERH, Atas das Reuniões do CERH, Decretos Estaduais e Edital da SEMAS/CERH-PA. Além disso, foram acompanhadas as reuniões do CERH, bem como reuniões das câmaras técnicas com o intuito de conhecer as pautas discutidas e conhecer como ocorreram as deliberações no Conselho.

Por fim, foi realizada sistematização e análise das reuniões considerando as pautas, os encaminhamentos e a atuação dos conselheiros.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

REUNIÕES DO CERH E CÂMARAS TÉCNICAS

Após o processo de habilitação ter finalizado, foi possível acompanhar seis reuniões do CERH e das Câmaras Técnicas¹, de um total de 18 reuniões realizadas, para conhecer a operacionalidade destes espaços, bem como, as principais pautas e deliberações. No Quadro 1 é apresentado cronograma das reuniões que foram acompanhadas.

A XXV Reunião Ordinária do CERH-PA, aconteceu no auditório da SEMAS, dia 22 de fevereiro de 2017 às 8h50. A pauta da reunião é apresentada no Quadro 2.

¹ O CERH possui três câmaras técnicas, a Câmara Técnica de Assuntos Legais e Institucionais - CTIL, a Câmara Técnica de Capacitação e Educação Ambiental - CTCEAR e a Câmara Técnica do Plano Estadual de Recursos Hídricos - CTPERH, cada uma com competências distintas, ambas estão encarregadas de subsidiar os conselheiros nas decisões do plenário (PARÁ, 2020).

Quadro 1. Reuniões acompanhadas.

Reuniões	Data
XXV Ordinária do CERH	22/02/2017
VI extraordinária do CERH	14/03/2017
Câmara – CTCEAR	01/11/2017
XXVI Ordinária do CERH	04/12/2017
1ª Chamada	
Câmara – CTIL	19/12/2017
XXVI Ordinária do CERH	22/03/2018
2ª Chamada	

Fonte: Pereira e Miranda (2018).

Quadro 2. Pauta da XXV Reunião Ordinária do CERH-PA.

PAUTA - XXV Reunião Ordinária do CERH-PA
1. Apresentação e votação das metas do PROGESTÃO 2015 e apresentação das metas de 2016.
2. Avaliação e aprovação da minuta da Resolução nº15 do CERH, que estabelece a composição das Câmaras Técnicas (CTIL, CTCEAR, CTPERH).
3. Eleição de 01 representante para compor o Conselho Diretor do Fundo Estadual de Meio Ambiente (FEMA).
4. Eleição de 02 representantes para compor a Comissão Interinstitucional de Educação Ambiental (CIEA).

Fonte: Adaptado de Pereira e Miranda (2018).

Sobre a XXV Reunião Ordinária do CERH-PA, destaca-se como ponto de pauta mais importante, o assunto sobre o Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas - PROGESTÃO 2015 e 2016, em que ocorreu a apreciação e aprovação das metas do PROGESTÃO 2015 e a decisão de passar a aprovação das metas do PROGESTÃO 2016 para a reunião seguinte.

Acerca dessa deliberação foi possível observar a fragilidade no que

se refere à apresentação das metas do PROGESTÃO 2015, sem a devida comprovação das ações realizadas, o que garantiria a avaliação por parte dos conselheiros. Tal avaliação demandaria informações comprobatórias e mais tempo para discussão entre os conselheiros. Quanto a esta variável, não havia possibilidade de prorrogação devido à necessidade do encaminhamento da documentação à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico com prazo já próximo de expirar. Tal episódio indica a necessidade do estabelecimento de novos procedimentos para a análise das metas pelos conselheiros.

O PROGESTÃO é um programa do Governo Federal de repasse de recursos financeiros. Esse repasse está condicionado a metas alcançadas pelo órgão gestor nas ações que são estabelecidas no Conselho e que devem ser aprovadas pelo mesmo (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2020). Dessa forma, observou-se que a “urgência” em deliberar o alcance de tais metas, pode ter sido em virtude de assegurar o repasse das verbas para a gestão das águas do Estado, no entanto, não houve contribuição efetiva por parte dos Conselheiros nessa tomada de decisão.

A VI reunião extraordinária aconteceu no auditório da SEMAS-PA, no dia 14 de março de 2017, às 8h30. A pauta da reunião é apresentada no Quadro 3.

Quadro 3. Pauta da VI Reunião Ordinária do CERH-PA.

PAUTA - VI Reunião Extraordinária do CERH-PA
1. Leitura da ata da XXV reunião Ordinária;
2. Aprovação e votação das metas do PROGESTÃO 2016.
3. Apresentação sobre os Comitês de Bacias Hidrográficas.
4. Apresentação da proposta de criação do Comitê de Bacia do Rio Marapanim.

Fonte: Adaptado de Pereira e Miranda (2018).

Sobre a VI reunião extraordinária, os pontos de pauta dois e quatro foram destaques nas discussões da plenária.

Assim, como na XXV Reunião Ordinária, foi realizada apresentação pelos técnicos da SEMAS sobre as metas do PROGESTÃO para o ano de 2016 e, em seguida, colocada para a votação dos conselheiros. Dessa vez, não houve consenso entre os conselheiros sobre a aprovação das metas, visto que, parte dos conselheiros teve o entendimento de que as metas não haviam sido atingidas. Porém, pelo mesmo motivo apresentado na XXV reunião, as metas foram aprovadas para que o estado do Pará não fosse impedido de receber os recursos, apesar da objeção por parte dos conselheiros.

Superada a pauta anterior deu-se continuidade na reunião com a explanação sobre os Comitês de Bacias Hidrográficas, bem como sua importância e funcionamento. Em seguida, foi apresentada proposta de criação do Comitê de Bacia do Rio Marapanim.

De acordo com a PARÁ (2017), as ações para a criação do Comitê Gestor da Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim foram iniciadas há 11 anos, quando surgiram os primeiros conflitos de natureza hídrica no território, que envolvem 12 municípios e 217 nascentes de água, algumas já bastante impactadas.

A Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim (BHRM), localiza-se na mesorregião nordeste paraense e nas microrregiões do Salgado, Bragantina e Castanhal. Possui área de (2.037,65 km²) e população superior a 500.00 habitantes. Abrange os municípios de Castanhal, Curuçá, Terra Alta, São Francisco, Igarapé-Açu, Maracanã, Magalhães Barata, Santa Izabel do Pará, Santo Antônio do Tauá, São Caetano de Odivelas, Vigia de Nazaré e Marapanim (FARIAS, LIMA E JUNIOR, 2020).

Portanto, na reunião em questão, foi relatado pelos representantes que defendiam a criação do Comitê de Bacia do Rio Marapanim, que houve um intenso

processo de divulgação nas Comunidades que abrangem os 12 municípios, pré-conferências e uma conferência intermunicipal em Marapanim, antes de ser discutida a sua implementação no CERH-PA. Além do mais, houve intensa divulgação do Comitê nos municípios, com o objetivo de esclarecer sobre a sua importância para a região, na busca por mediação de conflitos e uso sustentável dos recursos hídricos, haja vista que, a população local depende diretamente do rio para sua subsistência e para realizar atividades econômicas. Nesta conjuntura faz-se necessário que o Comitê seja atuante e promova a gestão conjunta com os órgãos ambientais.

É importante salientar que, toda a defesa do pleito se baseou na ideia de que a partir da aprovação do Comitê de Bacia do Rio Marapanim, pelo CERH, seria um avanço na gestão das águas do Estado, pelo fato de possibilitar que a sociedade civil atue de forma mais ativa na gestão das águas.

Apesar da fervorosa defesa realizada pelos representantes favoráveis a aprovação do Comitê, houve divergência de opiniões referente a existência de conflitos na Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim.

Para alguns conselheiros esta aprovação seria indevida, pois não houve o reconhecimento da existência de conflitos. No entanto, foi realizada observação por um dos membros do Pró Comitê Gestor da Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim, a respeito dessa questão, o qual afirmou que, no âmbito da bacia existem indústrias instaladas, logo, no seu entendimento, somente este fato, já caracterizaria a ocorrência de conflitos, pois muitos desses empreendimentos operam de forma irregular e utilizam dos recursos naturais, em especial a água, de forma intensa, impactando diretamente às populações que sobrevivem de tais recursos.

Após intensas e “acaloradas” discussões, houve a votação pelos conselheiros que decidiram pela aprovação da proposta do Comitê Gestor da Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim. Entretanto, ainda seria necessário seguir para outros trâmites antes da aprovação do Governo do Estado.

Após a realização da VI reunião extraordinária, durante os meses de junho a outubro de 2017 ocorreram seis reuniões das Câmaras Técnicas, porém, em razão da falta de informações sobre as datas das reuniões, infelizmente, não foi possível o acompanhamento das mesmas.

Apesar disso foi possível acompanhar as reuniões da Câmara Técnica de Capacitação e Educação Ambiental dos Recursos Hídricos – CTCEAR e da Câmara Técnica de Assuntos Legais e Institucionais – CTIL.

A reunião da CTCEAR ocorreu no dia 01 de novembro de 2017, na SEMAS, tendo como pauta única, a apresentação do histórico das ações e discussões da câmara técnica do mandato anterior (2012-2014).

De acordo com o regimento interno do CERH-PA, para que ocorra reunião das Câmaras Técnicas é necessário ter um quórum de pelo menos metade dos membros. Dessa forma, na reunião da CTCEAR não houve quórum, pois fizeram-se presentes seis membros do total de 13. Contudo, debates foram conduzidos pela Conselheira representante do Consórcio de Desenvolvimento Sócio - Econômico Intermunicipal (CODESEI), que participou da gestão anterior da câmara, como relatora, e foi convidada a apresentar aos atuais integrantes, quais foram as principais decisões obtidas na gestão passada.

O quórum é de suma importância para que os encaminhamentos dentro da câmara representem os anseios dos representantes das instituições.

No dia 04 de dezembro de 2017, às 15h30 ocorreu a XXVI reunião do

CERH-PA, no auditório do Centro de Monitoramento Ambiental (CIMAM). No Quadro 4, é apresentada a pauta da reunião.

A princípio, não houve quórum para dar início às deliberações, na qual, dos 29 conselheiros, somente oito compareceram e, de acordo com o regimento interno devem estar presentes em plenária no mínimo 15 conselheiros para iniciar as discussões da ordem do dia.

Quadro 4. Pauta da VI Reunião Ordinária do CERH-PA.

PAUTA - XXVI Reunião Ordinária do CERH-PA – 1ª Chamada
1. Apresentação da minuta de formalização dos comitês de bacias pela CTIL com o objetivo de que seja dado o encaminhamento da resolução junto a proposta do Comitê à procuradoria geral do estado do Pará
2. Apresentação da proposta de atualização do regimento interno do CERH

Fonte: Adaptado de Pereira e Miranda (2018).

Discutiu-se sobre a interpretação do artigo 3º da minuta da Resolução de Criação dos Comitês de Bacias, o qual trata sobre os casos em que o Conselho pode intervir em um Comitê. O conselheiro representante da AMAT (Associação dos Municípios Araguaia Tocantins) levantou questionamento sobre quem pode fazer essa intervenção (a qual não ficou definida). Ao debaterem o artigo 4º da Resolução, que dispõe sobre a área de atuação dos Comitês de Bacia, tendo como área máxima, à totalidade da macrorregião hidrográfica, e área mínima, a área da sub-região hidrográfica a qual está inserida, o representante da CTCEAR propôs a criação de comitês por sub-região hidrográfica, porém, a Lei já delimita a área de atuação de um Comitê, dessa forma, nada foi alterado sobre este tema.

Durante o debate referente à minuta, alguns conselheiros tiveram que se ausentar, sendo um dos motivos, a demora em iniciar a reunião, devido a não pontualidade de alguns conselheiros, de

forma que, o presidente da reunião, em acordo com os demais membros, decidiu dar por encerrada a mesma, por falta de quórum, ficando esta pauta transferida para a reunião seguinte.

É notória a dificuldade em se obter quórum nas reuniões das Câmaras Técnicas e do Conselho, pois, apesar dos representantes possuírem vagas de titular e suplente, considerando que este último, também deve ser acionado para substituir o titular nos casos de ausência do mesmo, os mesmos não comparecem. Além disso, existe a questão do não atendimento dos horários agendados para início das reuniões, pois foi possível observar que alguns conselheiros conseguem honrar com o horário estabelecido, e, conseqüentemente, permanecem na reunião à espera da chegada dos demais integrantes, até que se alcance o quantitativo esperado para a legitimidade das deliberações.

Porém, quando se atinge o quórum mínimo, o tempo de reunião já avançou demasiadamente, o que obriga aos conselheiros que estavam desde o início da reunião a ter que ir embora, face a extrapolação de horário e, por vezes, pelo próprio cansaço físico e mental, pois não se pode esquecer, que a maioria dos conselheiros exerce atividades em outras Instituições.

É oportuno salientar ainda, que existem dificuldades quanto a logística para deslocamento, pois alguns conselheiros residem em municípios distantes, a exemplo do representante das Populações Tradicionais e Indígenas, que reside no município de Abaetetuba/Pa.

Entende-se que tal situação é extremamente prejudicial para a qualidade das discussões, visto que, o tempo empreendido para os debates torna-se curto e, por vezes, acelerado, o que repercute diretamente em abordagens rasas e incompletas, o que obriga encaminhar a discussão para nova reunião e em outra data.

Tal ciclo de ausência e atraso dos integrantes do conselho se reproduz em nas reuniões continuamente, o que posterga, lamentavelmente, decisões importantes para o futuro dos recursos hídricos no estado do Pará, bem como, para a sociedade, que usufrui de tais recursos e se torna um entrave na busca da gestão participativa.

A reunião da Câmara Técnica de Assuntos Legais e Institucionais – CTIL ocorreu no dia 19 de dezembro de 2017, às 14h30 na SEMAS, e apenas quatro integrantes da Câmara Técnica compareceram do total de 13. Apesar disso, foram realizadas discussões sobre as observações realizadas pelos conselheiros na XXVI reunião do CERH-PA com intuito de aprovar a minuta da Resolução que trata da implementação dos Comitês de Bacias Hidrográficas e do Regimento Interno.

Durante a reunião houve a discussão de pontos cruciais, sendo o primeiro, sobre o art.4º da minuta da Resolução, em que é citado que:

Art. 4º A área de atuação de cada Comitê de Bacia será estabelecida no decreto de sua instituição, com base no disposto na Lei nº 6.381 de 2001, nesta Resolução e na Divisão Hidrográfica Estadual, tendo como área máxima a totalidade da Macro Região Hidrográfica e como área mínima a área da sub-região hidrográfica na qual esteja inserido (PARÁ, 2018, p. 2).

Sobre o artigo supracitado, um dos conselheiros, representante da UFPA questionou a respeito do termo “Divisão Hidrográfica Estadual” utilizado na redação da minuta, pois entende-se que de alguma forma poderia comprometer o texto, pois o Estado já é dividido em macrorregiões e sub-regiões.

O impasse em questão, não alcançou consenso entre os presentes, logo foi sugerido o encaminhamento da discussão para outra reunião, visto

a necessidade de aprofundamento dos argumentos defendidos.

Outro ponto importante discutido está relacionado a redação do artigo 16º:

Art. 16 Os comitês que, atualmente estão em etapa de formalização e, que já tenham sido reconhecidos pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH, e encaminhado ao Governador do Estado, conforme o que dispõe o inciso XIII do art. 44, da Lei nº 6.381, de 25 de julho de 2001, estando somente aguardando a publicação do Decreto governamental para sua efetivação, ficam desobrigados do cumprimento dos dispostos nos artigos 8º e 9º desta Resolução (PARÁ, 2018, p.6).

Sobre os artigos 8º e 9º entende-se que:

Art. 8º A proposta de instituição do Comitê de Bacia Hidrográfica, cujo rio principal é de domínio estadual, poderá ser encaminhada ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos se subscrita por pelo menos três das seguintes categorias:

I - Prefeituras Municipais cujos municípios tenham território na bacia hidrográfica no percentual de pelo menos quarenta por cento;

II - Entidades representativas de usuários, legalmente constituídas, de pelo menos três dos usos indicados nas alíneas “a” a “g”, do artigo 14 desta Resolução com no mínimo cinco entidades;

III - Entidades civis de recursos hídricos, com atuação comprovada na bacia hidrográfica, que poderão ser qualificadas como Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público, legalmente constituídas, com no mínimo três entidades (PARÁ, 2018, p. 4).

Art. 9º Constará, obrigatoriamente da proposta a ser encaminhada ao Conselho Estadual de Recursos

Hídricos, de que trata o art. anterior, a seguinte documentação:

I - justificativa circunstanciada da necessidade e oportunidade de criação do Comitê, com diagnóstico da situação dos recursos hídricos na bacia hidrográfica, e quando couber identificação dos conflitos entre usos e usuários, dos riscos de racionamento dos recursos hídricos ou de sua poluição e de degradação ambiental em razão da má utilização desses recursos;

II - caracterização da bacia hidrográfica que permita propor a composição do respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica e identificação dos setores usuários de recursos hídricos, tendo em vista o que estabelece o Art. 14º desta Resolução;

III - indicação da Diretoria Provisória; (PARÁ, 2018, p. 4).

Sobre o art. 16º ressaltou-se que o Comitê de Bacias do Rio Marapanim foi formalizado e reconhecido pelo Conselho. Segundo o artigo supracitado, os comitês em etapa de formalização ficariam desobrigados do cumprimento do que está disposto nos artigos 8º e 9º. Entende-se que a permanência do termo “desobrigados” no art.16º resultaria na aprovação do comitê com mais facilidade, tendo em vista que, não seria necessário realizar etapas como a caracterização da bacia hidrográfica e a elaboração de um estudo técnico.

A conselheira, representante da OAB-PA, abordou outra situação da minuta no que dispõe os artigos 8º e 9º, ela explicou que a criação do Comitê foi uma decisão tomada de forma intencional, pois, segundo sua opinião, é inviável criar um Comitê que não possua um percentual de usuários e que não possua conflitos na área de recursos hídricos. A referida conselheira sugeriu que poderia ser criada uma Associação e não um Comitê. Todos os pontos citados anteriormente, após consenso entre os presentes, deveriam ser discutidos

na próxima reunião para retomada e aprofundamento do assunto abordado.

É possível presumir, *a priori*, que o CERH baseou-se na própria Política de Nacional de Recursos Hídricos para referendar a criação do Comitê de Bacia do Rio Marapanim, apesar da inexistência de resolução que amparasse tal decisão, pois o desejável seria que a resolução que trata sobre as regras para implementação de comitês de bacias hidrográficas do estado do Pará tivesse sido elaborada, discutida e aprovada pelo CERH, antes da aprovação do supracitado Comitê.

No dia 22 de março de 2018 ocorreu a XXVI Reunião Ordinária do CERH-PA, no auditório do CIMAM às 15h30 e contou com a presença de 11 conselheiros, ou seja sem o alcance de número mínimo para atingir o quórum, tendo em vista que, o regimento interno exige que as tomadas de decisão ocorram mediante a presença de no mínimo 15 conselheiros. No Quadro 5 são mostrados os principais temas debatidos nesta ocasião.

Quadro 5. Pauta da XXVI Reunião Ordinária do CERH-PA.

PAUTA - XXVI Reunião Ordinária do CERH-PA – 2ª Chamada
1.Apresentação da minuta de Resolução sobre a formalização de comitês de bacias pela CTIL para aprovação do CERH-PA
2.Apresentação e votação das metas do PROGESTÃO 2017

Fonte: Adaptado de Pereira e Miranda (2018).

Apesar da falta de quórum, o Secretário Executivo do CERH-PA, destacou a importância de se discutir os temas da pauta do dia para dar andamento aos mesmos, sendo assim, foi acordado que, todos os assuntos debatidos seriam encaminhados via e-mail aos conselheiros ausentes para que os mesmos pudessem ter conhecimento sobre a pauta e, que se pronunciassem a respeito em reunião posterior.

Com o objetivo de realizar a última análise da minuta da Resolução para a implementação do Comitê de Bacias, foi convidada especialista da área jurídica para participar da reunião e contribuir com seus conhecimentos técnicos para melhor elaborar a pendência referente ao artigo 16º. A especialista presidiu a leitura de pontos destacados a respeito do artigo supracitado, o qual dispõe sobre as disposições finais, que é uma justificativa, em relação ao Comitê já formalizado em reuniões anteriores. Antes das deliberações, a redação do artigo 16º estava expressa conforme descrito a seguir:

Art. 16º Os comitês que, atualmente estão em etapa de formalização e, que já tenham sido reconhecidos pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH, e encaminhado ao Governador do Estado, conforme o que dispõe o inciso XIII do art. 44, da Lei nº 6.381, de 25 de julho de 2001, estando somente aguardando a publicação do Decreto governamental para sua efetivação, ficam desobrigados do cumprimento dos dispostos nos artigos 8º e 9º desta Resolução (PARÁ, 2018, p. 6).

Nesse contexto, destacou-se que o propósito da Resolução é exatamente estabelecer procedimentos e regras para a criação de comitês de bacias. A discussão referia-se a retirada ou não do artigo 16º. Logo, a especialista evidenciou que caso fosse retirado o item das disposições finais, ficaria subentendido que no Estado do Pará nunca houve requerimento para a criação de comitês de bacias. Este artigo tem por intuito explicar a importância dos procedimentos para a criação de comitê de bacias, entretanto, o Conselho reconheceu, que já havia sido apresentado a sociedade paraense a proposta de criação do Comitê de Bacias do Rio Marapanim. Dessa forma, após extensas discussões

e votação, a redação final do artigo 16º ficou como apresentado a seguir:

Art.16º Os comitês que, atualmente estão em etapa de formalização, e que já tenham sido reconhecidos nos termos da ata da VI Reunião Extraordinária do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, de 14 de março de 2017, ficam obrigados a complementar as etapas de formalização previstas nesta Resolução no que couber” (PARÁ, 2018, p. 6).

Após votação, finalmente, a resolução foi aprovada pelos Conselheiros, apesar de não ter quórum suficiente.

A partir do que foi descrito em relação a esta reunião, observou-se que a redação final proposta para o artigo 16º da minuta da resolução, possibilitou que os comitês já reconhecidos permanecessem assim, tendo apenas que cumprir todos os procedimentos que constam na resolução, caso houvesse alguma pendência referente à mesma.

A modificação da redação foi muito pertinente, pois possibilitará que, a partir da publicação da resolução, todos os comitês sejam criados de forma igualitária, sem distinção, mesmo os já reconhecidos pelo o CERH-PA, como o Comitê de Bacia do Rio Marapanim.

Sobre a aprovação das metas do PROGESTÃO 2017, a plenária entrou em votação, e apesar de algumas objeções os conselheiros chegaram a um consenso e todas as metas foram aprovadas.

É possível notar que os conselheiros necessitam de um maior tempo e capacitação sobre o PROGESTÃO para que os mesmos tenham subsídios mais robustos e seguros para deliberar sobre tal Programa. Na prática, o modelo de planejamento das ações, acompanhamento e registros como forma de comprovar os esforços para atingimento das metas devem ser apresentados na forma de relatório juntamente com a matriz onde constam as metas, sem isso, a aprovação se dá “no escuro”.

ANÁLISE DA PARTICIPAÇÃO DOS CONSELHEIROS

A ausência de parte dos conselheiros é evidenciada quando se analisa as frequências das reuniões, o que acarreta atendimento da pauta de forma incompleta, pouco aprofundada, sem diversidade de opiniões, arguições, contrapontos, sugestões, críticas. Além disso, também foi observado e, já discutido em seção anterior, que ainda existem os casos, em que os conselheiros chegam atrasados nas reuniões, o que também contribui em participações por um curto período.

É fato que um dos principais entraves, para explicar a ausência de alguns conselheiros, particularmente, daqueles que residem em outros municípios, é a falta de subsídio financeiro para custear o transporte/deslocamento até o município de Belém, ou seja, tal deslocamento deve ser financiado com recursos próprios dos conselheiros. Vale ressaltar que, a função de conselheiro é voluntária, ou seja, disponibiliza-se “gratuitamente” tempo, energia física e intelectual e, além disso, ainda é necessário dispor de recurso financeiro para se fazer presente nas reuniões.

A razão acima citada, que tenta esclarecer as ausências dos conselheiros que residem em municípios distantes, certamente, não se aplica a ausência dos demais conselheiros que residem no município de Belém. É ponto pacífico que, os mesmos também disponibilizam parte do seu tempo e energia, sem remuneração alguma, em prol do interesse social, porém, é importante salientar que por residirem no município de Belém, o fator distância, neste caso, não é impeditivo para estar presente nas reuniões do Conselho e Câmaras Técnicas.

É importante ainda pontuar que a categoria do Poder Público Estadual, que possui 12 vagas no Conselho, apresenta o maior número de ausências.

Há de se considerar as seguintes perguntas: Tais conselheiros recebem algum incentivo das Instituições que

representam para participar das reuniões do Conselho? Tais conselheiros tem afinidade e interesse com o tema Recursos Hídricos? Tais conselheiros foram devidamente capacitados para compreender a importância e a repercussão de suas decisões na gestão dos recursos hídricos do estado do Pará? Como foram realizadas as indicações dos representantes por Instituição? e etc. Por ora, a presente pesquisa se limita a sugerir investigação pormenorizada sobre as importantes questões citadas.

Destaca-se que os conselheiros, representantes das instituições de ensino, das organizações não governamentais e de trabalhadores, dos representantes do segmento da pesca e aquicultura e dos órgãos profissionais, mantêm uma regularidade nas reuniões e estão de fato atuando no CERH-PA.

É interessante notar que existem, simplificada, três tipos de conselheiros, aqueles que não atuam efetivamente, mas que presumidamente, possuem conhecimentos técnicos para contribuir nas discussões, aqueles que estão presentes em todas as reuniões, mas que não detêm conhecimentos técnicos e/ou apoio técnico, e por isso, não conseguem articular os assuntos de interesse da categoria que representam, bem como, não conseguem apresentar e defender suas demandas. Especialmente, os conselheiros que não possuem conhecimento técnico sobre a gestão dos recursos hídricos é interessante considerar como uma alternativa para empoderá-los tecnicamente, o desenvolvimento de parceria entre a SEMAS e as instituições de ensino do estado, que poderiam ofertar cursos de acordo com a especificidade de formação de cada conselheiro para promover conhecimento mais aprofundado sobre a gestão das águas, bem como assessorá-los no processo de organização, articulação e sistematização dos seus anseios e demandas junto ao Conselho. Tal proposta possibilitaria a estes representantes uma atuação mais efetiva. A própria trajetória de constituição do comitê da BHRM pode

ser apresentada como exemplo dessa necessidade de apoio, onde a UFPA e o IFPA, além de outras instituições apoiaram os estudos para apresentação da proposta.

Por fim, existe o último tipo de conselheiros, aqueles que participam das reuniões, que fomentam o contraditório, apresentam argumentações e possibilidades variadas de discussões, provocações pertinentes, mas que encontram-se em menor número e, geralmente não conseguem trazer um equilíbrio na balança das decisões, visto, sua desvantagem numérica, sobretudo, no momento das votações de pautas importantes nas reuniões.

CONCLUSÃO

No tocante as reuniões do Conselho e Câmaras Técnicas, têm-se que, somente a partir de 2017, o Conselho passou a se reunir, visto que no ano de 2016, ocorreu todo o processo de habilitação e capacitação dos conselheiros. Em 2017, foram realizadas três reuniões do Conselho, sendo que somente em duas houve quórum e, em relação as sete reuniões das Câmaras Técnicas, nenhuma alcançou quórum. Por fim, em 2018, foram realizadas duas reuniões, uma do Conselho e uma da Câmara Técnica de Assuntos Institucionais e Legais e em ambas não se alcançou quórum.

Foi possível observar como principal entrave nas discussões, deliberações e encaminhamentos de assuntos importantes e prementes para o Estado, que existe dificuldade em se atingir quórum nas reuniões, sejam elas do Conselho ou das Câmaras Técnicas. De acordo com o que diz o Regimento Interno do CERH-PA, sobre as reuniões, deve estar presente pelo menos metade de seus membros nas reuniões das Câmaras Técnicas e nas reuniões do Conselho, ou seja, no mínimo sete nas câmaras e 15 membros no CERH para que ocorram as deliberações. No decorrer da pesquisa foi possível constatar que tais ocorrências podem ser atribuídas as

seguintes razões: a falta de auxílio financeiro para aqueles que residem distantes de Belém, o que entrará nas pautas das próximas deliberações, pois a sociedade civil vem se articulando para que haja uma atualização do regimento interno, mais especificamente, no que tange o artigo 21º sobre o custeio com diárias e passagens, para que os mesmos possam efetivamente participar. A falta de comprometimento e efetividade por parte de alguns conselheiros é também um fator que contribui para essa questão, pois revela falta de compromisso e entendimento sobre a importância do Conselho, no que se refere a discussão de temas que afetam a todos de modo geral.

É importante enfatizar que há uma pequena parcela dos conselheiros que mantém a regularidade nas reuniões, como os representantes das instituições de ensino e pesquisa, os órgãos profissionais e dos trabalhadores, a ONG e os representantes do segmento da pesca e aquicultura. Dentre esses que são atuantes, há os que não conseguem se articular por falta de conhecimento técnico. Sobre isso, faz-se necessário que a organização do Conselho desenvolva parcerias com as instituições de ensino e pesquisa para ofertar a esses membros a aquisição de informações de forma mais acessível. Em contrapartida, há os que têm condições de discutir as questões concernentes à gestão dos recursos hídricos, no entanto, não participam das reuniões.

No período de 2017 a março de 2018, os principais assuntos aprovados e encaminhados foram: votação e aprovação das metas do PROGESTÃO 2015, 2016 e 2017, sobre este assunto observou-se que não há de planejamento nem modelo de análise das metas do Programa, o que evitaria as votações aceleradas. O desconforto dos conselheiros em aprovar era perceptível, devido a necessidade em atender ao prazo definido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e assim, garantir o repasse dos recursos. Um ponto a se destacar refere-se à aprovação

das metas de 2017, que ocorreu na reunião do Conselho do dia 22/03/2018, a qual não houve quórum. No entanto, cogitou-se que poderia ocorrer uma nova reunião para discutir esse tema, o que até a finalização da pesquisa, em março de 2018, não ocorreu. O termo de referência para a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos foi outro ponto muito relevante durante este terceiro mandato, pois a partir dele foi possível dar encaminhamento ao processo licitatório para a escolha da empresa responsável pela elaboração do plano, o qual até o término da pesquisa ainda se encontrava em trâmite.

Destacadamente, a aprovação do primeiro Comitê de Bacias do Estado do Pará, denominado Comitê da Bacia do Rio Marapanim, se desenrolou em meio a diversas discussões, e reivindicações das lideranças que relataram a luta que perdurou durante 11 anos para aprovação, sendo tal acontecimento concretizado no dia 14/03/2017 na SEMAS, após intensos debates, discussões, divergências e, por fim, a deliberação pela aprovação da criação do referido Comitê. Obviamente, que de um lado existe a luta histórica defendida pelos movimentos ligados a sociedade civil, porém, também evidenciou-se um outro lado que se refere a visão de que a “pressão” exercida por estes movimentos, foi o propulsor para o alcance da aprovação do Comitê, isto porque, não havia uma Resolução que estabelecesse diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacia Hidrográfica.

Presume-se que a aprovação do Comitê de Bacia do Rio Marapanim, de certa forma, impulsionou a diligência em se elaborar e discutir a minuta da Resolução que dispõe sobre as diretrizes para o funcionamento dos comitês no estado, o que culminou na realização de reuniões e, mesmo com dificuldade de quórum, os conselheiros se debruçaram sobre o assunto, também com muitos debates, sobretudo, em relação a desobrigação do Comitê recém aprovado (Comitê do Rio Marapanim), em atender os critérios que

seriam impostos aos futuros Comitês. No dia 22/03/2018 após intensas discussões, esclarecimentos jurídicos e retificações do texto, chegou-se ao consenso que o Comitê de Bacia do Rio Marapanim permaneceria reconhecido tendo apenas que cumprir todos os procedimentos da Resolução caso houvesse alguma pendência.

O Estado do Pará é caracterizado por sua riqueza hídrica, no entanto, foi possível compreender que a gestão dos recursos hídricos do Estado ainda tem muito a melhorar e possui vários desafios. Dentre eles, a elaboração do Plano Estadual de Recursos hídricos, que é um anseio desde o primeiro mandato do Conselho e foi possível perceber que houve uma maior articulação durante este terceiro mandato, visto que, já está em fase de licitação para a definição da Empresa que irá elaborá-lo. A efetivação da criação do Comitê de Bacias, que aguarda a aprovação pelo governador do estado, está caminhando a passos lentos, no entanto, seu reconhecimento pelo Conselho foi um avanço, pois deu subsídios para a elaboração de uma Resolução com as diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês, o que dará suporte para que venham a ser criados outros Comitês, conforme a necessidade de cada bacia. Além disso, um dos pontos mais importantes refere-se à necessidade de melhoria institucional e estruturação do Conselho para que este venha a deliberar ativamente a implementação da Política de Recursos Hídricos e possa cobrar com mais veemência a atuação dos seus membros, e, em especial, aqueles que não têm o compromisso de verdadeiramente participar.

Dessa forma, com uma gestão comprometida, bem articulada e atuante, o CERH-PA terá condições de contribuir para o alcance da efetividade na gestão das águas do Estado do Pará.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Progestão.

Disponível em:< <https://www.ana.gov.br/programas-e-projetos/progestao>> Acesso em: 07 de nov. 2020.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em 08 de out. 2017.

CASTRO, F. do V.; ALVARENGA, L. J; JÚNIOR, A. P. A Política Nacional de Recursos Hídricos e a gestão de conflitos em uma nova territorialidade. Belo Horizonte, MG, 2005.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CNRH, 2017. Disponível em:<http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=4> Acesso em 22 de out. 2020.

FARIAS, M. G. de S; LIMA, M. M. de; JUNIOR, J. de A. S. Manejo e Conservação de Nascentes na Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim (PA). Revista Geonorte, v.11, n.37, p.78-96, 2020.

JUNQUEIRA, M. A; SAIANI, C. C; PASSADOR, C. S. Apontamentos sobre a lei brasileira das águas: a experiência do estado de São Paulo, SP. REGE, São Paulo – SP, Brasil, v. 18, n. 2, p. 159-175, abr./jun. 2011.

PARÁ. Minuta de Resolução. Estabelece diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas, no âmbito do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Estado Pará, 2018.

PARÁ. Lei nº 6381, 25 de julho de 2001- Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Belém, PA, de 26 de jul. 2001. Disponível

em:<<https://www.semas.pa.gov.br/>> Acesso em 26 set. 2020.

PARÁ. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Resolução nº 02 e Regimento. Anexo, de 14 de fevereiro de 2008. Estabelece a composição das CTIL, do PERH e de Capacitação e Educação Ambiental dos Recursos Hídricos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível:<<https://www.semas.pa.gov.br/cerh/legislacao/regimentos/>> Acesso em: 22 de set. 2020.

PARÁ. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). Disponível em:<<https://www.semas.pa.gov.br/diretoria/recursos-hidricos/cerh/>>. Acesso em: 26 de out. 2020.

PARÁ. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Edital nº 33157/2016 de Habilitação para o CERH-PA. Disponível em:<https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/cerh_02.pdf>. Acesso em: 22 de set. 2020.

PEREIRA, B. E; DIEGUES, A. C. Conhecimento de populações tradicionais como possibilidade de conservação da natureza: Uma reflexão sobre as perspectivas da etnoconservação, PR, 2010.

PEREIRA, F. M.; MIRANDA, K. C. da C. Estudo e acompanhamento do processo de habilitação e da atuação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do estado do Pará, no período de 2016 a 2018. Trabalho de Conclusão de Cursos em Tecnologia em Saneamento Ambiental. IFPA. Belém, 2018.

POMPEU, C. T. O Papel do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos. São Paulo, SP, 2003.

ROCHA, A. T. da. Gestão da água em Manaus: criação do comitê de bacia hidrográfica do rio do Puraquequara. Manaus, AM, 2014.

Solução exata da equação de Schrödinger dependente do tempo para o poço de potencial

Exact solution of the time-dependent Schrödinger equation for the potential well

João Bosco Soares Pampolha Junior

Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, IFPA, Campus Belém. Doutor em Física pela Universidade federal do Ceará. **Endereço:** Conjunto Gleba I, Passagem Q-1 nº 60, Marambaia. CEP.: 66623-274, Belém- Pa. **E-mail:** joao.pamplha@ifpa.edu.br.

Charles da Rocha Silva

Docente do Curso de Física Licenciatura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, IFPA, Campus Belém.

João Paulo da Silva Alves

Docente do Curso de Física Licenciatura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, IFPA, Campus Belém.

Damião Pedro Meira Filho

Docente do Curso de Física Licenciatura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Santarém.

RESUMO

O Método de Transformação Espaço-temporal de Bassalo J. M. F. (1993) é uma técnica alternativa para estudo e análise de sistemas quânticos descritos por lagrangeanas quadráticas. Na Mecânica Quântica sua aplicabilidade mais importante está na área de física matemática, mais especificamente na determinação da função de onda e seus respectivos níveis de energia da equação de Schrodinger na presença de potenciais dependente do tempo, nesta direção, este trabalho mostra o cálculo exato da função de Green da condição de contorno de uma partícula quântica não-relativísticos em uma caixa unidimensional, isto é, "Partícula em um poço de potencial dependente do tempo".

Palavras-chave: Física Quântica. Equação de Schrödinger. Poço quadrado quântico.

ABSTRACT

The Space-Time Transformation Method by Bassalo J. M. F. (1993) is an alternative technique for the study and analysis of quantum systems described by quadratic lagrangeans. In Quantum Mechanics its most important applicability is in the area of mathematical physics, more specifically in the determination of the wave function and its respective energy levels of the Schrodinger equation in the presence of time-dependent potentials. In this direction, this work shows the exact calculation of Green's function of the boundary condition of a non-relativistic quantum particle in a one-dimensional box, that is, "Particle in a time-dependent potential well".

Keywords: Quantum Physics. Schrödinger's Equation. Quantum Square Well.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a formulação de Propagadores de Feynman (FEYNMAN, 2005) tem mostrado um grande poder de síntese nas mais diversas áreas de física, tais como: Eletrodinâmica quântica, Teoria quântica de campos, Matéria condensada etc. Apesar dos grandes sucessos alcançados, ainda existem muitos assuntos em abertos, principalmente aqueles relacionados a dependência temporal dos parâmetros de um sistema físico (BASSALO, 1993).

Este trabalho é dedicado ao cálculo do Propagador de Feynman não relativístico de um sistema descrito por um Lagrangeano quadrático dependente do tempo. (Khandekar, 1986). A solução exata da equação de Schrodinger é determinada pelo método de transformação de variáveis envolvendo espaço e o tempo (BASSALO, 1993).

O POÇO DE POTENCIAL FINITO

Os resultados experimentais envolvendo espalhamento e tunelamento quântico de partículas tem mostrado muitos esclarecimentos da estrutura cristalina e do comportamento dos átomos e moléculas, nos materiais. Os potenciais retangulares unidimensionais (STEPHEN GASIOROWICZ, 1979) são muito importantes para descrever e simular sistemas quânticos de partículas, quando estes encontram-se confinados em uma pequena região do espaço. Um importante exemplo destes casos, está relacionado ao caráter alternado das ligações na estrutura dos átomos de carbono. Estes apresentam uma espécie de deslocamentos dos elétrons na molécula, os experimentos mostram que um elétron por átomo de carbono contribui de forma considerável para este fenômeno. Os cálculos teóricos e computacionais têm mostrados bons resultados à cerca do comportamento dos elétrons e átomos na molécula, quando usamos o modelo

de uma partícula confinada numa caixa de potencial (STEPHEN GASIOROWICZ, 1979).

O Poço de potencial é um sistema simples, onde a partícula oscila numa região limitada do espaço, cujo potencial satisfaz a condição de contorno, (COHEN-TANNOUDJI, 2006), Equação (1).

$$V(q) = \begin{cases} V_0, & q < -L \\ 0, & -L < q < L \\ V_0, & q > +L \end{cases} \quad (1)$$

No caso particular em que a energia total da partícula é menor que o potencial do poço, ($E < V_0$). (Figura 01).

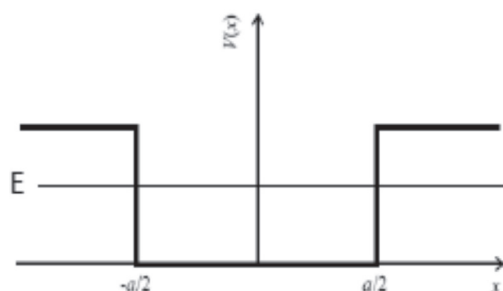


Figura 01 Representação gráfica do poço quadrado finito.

Fonte: Cohen-Tannoudji, 2006.

A partícula clássica só poderá estar no interior da região limitada pelas paredes, nesse caso, teremos um movimento oscilatório com momento de módulo constante e direção alternante. Qualquer valor de energia total é possível para os estados ligados (*espectro contínuo*).

Na teoria quântica, no entanto, existe a probabilidade de a partícula penetrar as paredes, como consequência a energia total permitida é discretizada (*espectro discreto*). Neste caso, calcula-se os autos-valores de energia E_n , e suas correspondentes autos-funções $\psi_n(x, t)$. (COHEN-TANNOUDJI, 2006).

Este potencial é frequentemente usado na literatura para representar um sistema na qual a partícula se movimenta numa região restrita do espaço sob a influência de determinadas forças.

O POÇO DE POTENCIAL INFINITO

Um caso especial e de grande importância é o poço quadrado de potencial infinito. (Figura 02). O potencial satisfaz a condição de fronteira dada pela equação (2) (COHEN-TANNOUDJI, 2006).

$$V(q) = \begin{cases} +\infty, & q > \frac{L}{2} \\ 0, & -\frac{L}{2} < q < \frac{L}{2} \\ \infty, & q < -\frac{L}{2} \end{cases} \quad (2)$$

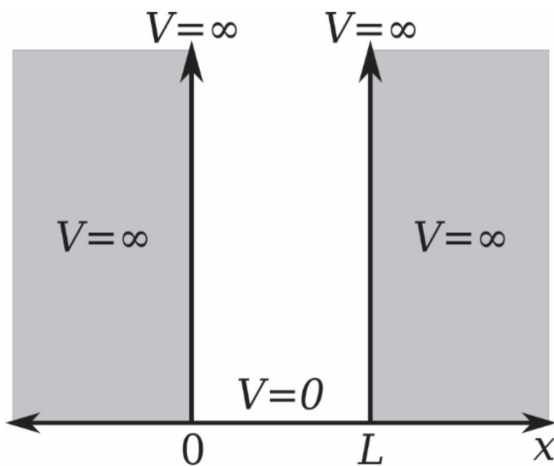


Figura 02 Representação gráfica do potencial infinito.

Fonte: Cohen-Tannoudji, 2006.

O potencial quadrado infinito é muito aplicado na determinação das propriedades quânticas de um sistema de moléculas de um gás (ou outras partículas) que estejam estritamente confinadas a uma região com paredes impenetráveis (COHEN-TANNOUDJI, 2006). A equação de Schrodinger que descreve o movimento da partícula nesta região é dado pela equação (3).

$$\frac{d^2\psi_n(q)}{dq^2} + \frac{2m}{\hbar} E_n \psi_n(q) = 0 \quad (3)$$

satisfazendo a condição de contorno equação (4).

$$\psi_n(q) = 0, \begin{cases} q \leq -\frac{L}{2} \\ q \geq +\frac{L}{2} \end{cases} \quad (4)$$

As autofunções normalizadas são dadas pela equação (5), (Cohen-Tannoudji, 2006).

$$\psi_n = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{L}} \cos(\delta_n); n = 1, 3, \dots \left(-\frac{L}{2} \leq q\right) \\ \sqrt{\frac{2}{L}} \sin(\delta_n); n = 2, 4, \dots \left(-\frac{L}{2} \leq q\right) \\ 0; q \leq -\frac{L}{2} \text{ e } q \geq +\frac{L}{2} \end{cases} \quad (5)$$

Com autovalores dados pela equação (6).

$$E_n = \frac{K_n^2 \hbar^2}{2m} = \frac{\pi^2 \hbar^2 n^2}{2mL^2}; n = 1, 2, 3, \dots \quad (6)$$

A equação (6) fornece a chamada “Energia de ponto zero” resultado este responsável por vários fenômenos de grande interesse, particularmente em baixas temperaturas. Portanto, qualquer estudo nessa direção é de grande interesse científico.

Um sistema quadrático dependente do tempo (KHANDEKAR, 1986), é descrito pelo seguinte Lagrangeano, expressão (7).

$$L = \frac{1}{2} [a(t)\dot{q}^2 - b(t)q^2] + c(t)q \quad (7)$$

A equação de onda de Schrodinger que descreve o movimento unidimensional de uma partícula na caixa e que satisfaz a equação (7) é definida pela equação (8) (BASSALO, 1993),

$$i \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{1}{2a(t)} \frac{\partial^2 \psi}{\partial q^2} + \left[\frac{b(t)q^2}{2} - c(t)q \right] \psi \quad (8)$$

Uma maneira alternativa de resolver a equação (8) é adotar o método de transformação de variáveis envolvendo espaço e tempo (BASSALO, 1993). Este método de solução tem como objetivo transformar a equação (8) de um sistema de coordenadas antigo (q, t) para um novo sistema $(\bar{q}, \tau)$. A transformação é definida pelas seguintes expressões, (9) e (10), (BOTELHO, 2000).

$$q = s(\tau)\bar{q} + p(\tau) \quad (9)$$

$$\frac{d\tau(t)}{dt} = \mu(t) \quad (10)$$

A equação de Schrodinger (11) que descreve o movimento da partícula na caixa no novo sistema de coordenadas $(\bar{q}, \tau)$, é determinada inserindo-se as equações (9) e (10) em (8).

$$i\mu \left[\frac{\partial \bar{\Psi}}{\partial \tau} - \left(\frac{P'}{s} + \frac{s'}{s} \bar{q} \right) \frac{\partial \bar{\Psi}}{\partial \bar{q}} \right] + \frac{1}{2as} \frac{\partial \bar{\Psi}}{\partial \bar{q}^2} + \left[\frac{1}{2} b(\bar{q}s + P)^2 - c(\bar{q}s + P) \right] \bar{\Psi} = 0 \quad (11)$$

Neste ponto, é conveniente adotar uma função de decomposição complexa, isto é, um Ansatz WKB equação (12), (BASSALO, 1993).

$$\Psi(\bar{q}, \tau) = \exp[i f(\bar{q}, \tau)] \cdot \chi(\bar{q}, \tau) \quad (12)$$

Inserindo a equação (12) na equação (11), a equação de Schrodinger decomposta será dada por (13)

$$i\mu \frac{\partial \chi}{\partial \tau} + \frac{1}{2as^2} \frac{\partial^2 \chi}{\partial \bar{q}^2} - i \left[\mu \left(\frac{P'}{s} + \frac{s'}{s} \bar{q} \right) - \frac{1}{as^2} \frac{\partial f}{\partial \bar{q}} \right] \frac{\partial \chi(\bar{q}, \tau)}{\partial \bar{q}} + \left\{ \frac{1}{2as^2} \left[i \frac{\partial f}{\partial \bar{q}} - \left(\frac{\partial f}{\partial \bar{q}} \right) \right] - \mu \frac{\partial f}{\partial \tau} + \mu \left(\frac{P'}{s} + \frac{s'}{s} \bar{q} \right) \frac{\partial f}{\partial \bar{q}} - \left[\frac{1}{2} b(\bar{q}s + P)^2 - c(\bar{q}s + P) \right] \right\} \chi = 0 \quad (13)$$

A partir da expressão (13), pode-se obter uma equação de Schrodinger tipo “**partícula livre**”. Para isso, deve-se considerar, primeiramente as exigências contidas na expressão (14)

$$a(\tau)\mu(\tau)s^2(\tau) = M_0 = cte \quad (14)$$

em seguida, considere nulo o coeficiente da derivada de primeira ordem na equação (13). Deste modo, obtêm-se a função condicional de. $f(\bar{q}, \tau)$, equação (15).

$$f(\bar{q}, \tau) = a(\tau)s(\tau)\dot{p}(\tau)\bar{q} + g(\tau) + \frac{1}{2}\dot{s}(\tau)s(\tau)a(\tau)\bar{q}^2 \quad (15)$$

A função $\chi(\bar{q}, \tau)$, dada pela equação (16), é determinada substituindo-se a equação em (15), equação (13).

$$i\mu \frac{\partial \chi}{\partial \tau} + \frac{1}{2as^2} \frac{\partial^2 \chi}{\partial \bar{q}^2} = \bar{q}^2 \left[\frac{\mu}{2} \frac{\partial(a\mu s s')}{\partial \tau} \right] \chi + \bar{q} \left[-\mu^2 a s' p' + \mu \frac{\partial(a\mu s' p')}{\partial \tau} + -c \right] \chi + \left[\mu \frac{\partial f(q, \tau)}{\partial \tau} - \frac{i\mu s'}{2s} - \frac{1}{2}\mu^2 a p^2 + \frac{1}{2} b p^2 + c p \right] \chi \quad (16)$$

As funções $s(t)$ e $p(t)$ e escritas nas variáveis antiga de tempo satisfazem as seguintes condições, (17) e (18).

$$\ddot{s}(t) + \frac{\dot{a}(t)}{a(t)} \dot{s}(t) + \frac{b(t)}{a(t)} s(t) = 0 \quad (17)$$

$$\ddot{p} + \frac{\dot{a}(t)}{a(t)} \dot{p} + \frac{b(t)}{a(t)} p - \frac{c(t)}{a(t)} = 0 \quad (18)$$

O termo independente $g(t)$ em (16) é dado pela seguinte expressão (19).

$$f(t) = \frac{i}{2} \ell_n \sqrt{s(t)} + \frac{1}{2} a p(t) \dot{p}(t) + \frac{1}{2} \int_t c(t') p(t') dt' \quad (19)$$

As equações (14, 15, 17, 18 e 19) transformam a equação (13) em uma equação de Schrodinger tipo partícula livre, equação (20).

$$\hbar \frac{\partial \chi(\bar{q}, \tau)}{\partial \tau} + \frac{\hbar^2}{2M_o(\tau)} \frac{\partial^2 \chi(\bar{q}, \tau)}{\partial \bar{q}^2} = 0 \quad (20)$$

O objetivo, neste ponto, é resolver a equação (20) para o caso específico do poço infinito satisfazendo a condição de contorno dada pela condição de contorno, equação (2).

A expressão (20) tem a forma da equação da partícula livre para a função de onda $\chi(\bar{q}, \tau)$. Portanto, admite uma solução, na forma de um pacote de onda plana gaussiano (COHEN-TANNOUDJI, 2006). O pacote de onda, no novo sistema de coordenadas definido pelas equações (9) e (10), tem a seguinte solução geral, equação (21).

$$\begin{aligned} \chi(\bar{q}, t) = & \frac{A}{\sqrt{s}} \exp \left\{ \frac{i}{\hbar} \left[\frac{p}{s} (\bar{q} - p) - \frac{p^2}{2} \int_t \frac{dt'}{as^2} \right] \right\} \\ & \cdot \exp \left\{ i \left[\begin{aligned} & \frac{pa(\bar{q} - p) +}{2} \frac{1}{s} (\bar{q} - p) + \\ & + \frac{i}{2} \ell_n \sqrt{s} + \\ & - \frac{1}{2} app + \frac{1}{2} \int_t cpdt' \end{aligned} \right] \right\} \end{aligned} \quad (21)$$

É fácil de observar que o pacote de onda $\chi(\bar{q}, \tau)$ definido pela equação (21) não satisfaz a condição de fronteira definido pela equação (2). Portanto, não se anula nas paredes da caixa, para resolver este problema toma-se a equação (11) nas coordenadas antigas q e t . Expressão (22).

$$-\frac{\hbar^2}{2a(t)} \frac{\partial^2 \chi(q, t)}{\partial q^2} - i\hbar \frac{\partial \chi(q, t)}{\partial t} =$$

$$= i\hbar \left[\frac{\dot{s}(t)}{s(t)} q(t) + \right] \frac{\partial \chi(q, t)}{\partial q} \quad (22)$$

Neste ponto se faz necessário em (22) uma nova transformação no tempo definidas pelas equações (23) e (24).

$$\frac{d\sigma(t)}{dt} = \eta(t) \quad (23)$$

Tal que,

$$\sigma(t) = \int_t \eta(t') dt' \quad (24)$$

Escrevendo a equação (22) em termos dessa nova variável temporal obtêm-se a expressão (25).

$$\begin{aligned} i\hbar \frac{\partial \chi(q, \sigma)}{\partial \sigma} = & -\frac{\hbar^2}{2\eta(t)a(t)} \frac{\partial^2 \chi(q, t)\sigma}{\partial q^2} + \\ & -i\hbar \left[\frac{1}{\eta} \frac{\dot{s}}{s} q + \frac{1}{\eta} \left(\dot{p} - \frac{\dot{s}}{s} p \right) \right] \frac{\partial \chi(q, \sigma)}{\partial q} \end{aligned} \quad (25)$$

Conforme as definições (17) e (18) para as funções $p(t)$ e $s(t)$, (BASSALO, 1994). A equação (22) toma a seguinte forma dada pela equação (26).

$$\frac{i\hbar}{2\mathcal{M}} \frac{\partial \chi^2(q, \sigma)}{\partial q^2} - \frac{\partial \chi(q, \sigma)}{\partial \sigma} = h(q, \sigma) \quad (26)$$

Neste caso definiu-se as seguintes expressões (27) e (28).

$$\mathcal{M}(t) = \eta(t)a(t) \quad (27)$$

e

$$h(q, \sigma) = [A(\sigma)q + B(\sigma)] \frac{\partial \chi(q, \sigma)}{\partial q} \quad (28)$$

As funções $A(\sigma)$ e $B(\sigma)$ são definidas pelas expressões (29.) e (30).

$$A(\sigma) = \frac{1}{\eta(t)} \frac{\dot{s}}{s} \quad (29)$$

$$B(\sigma) = \frac{1}{\eta(t)} \left(\dot{p} - \frac{\dot{s}}{s} p \right) \quad (30)$$

A equação (26) é uma equação diferencial parcial não-homogênea satisfazendo a seguinte condição de fronteira, equação (31).

$$\chi(-L, \sigma) = \chi(L, \sigma) = 0 \quad (31)$$

Onde, $h(q, \sigma)$ aparece em (26) como uma força externa dependente implicitamente da posição e do tempo.

A FUNÇÃO DE GREEN DO PROBLEMA DA CAIXA INFINITA

A solução $\chi(q, \sigma)$ da equação (26) é dada sob a forma de uma equação integral, expressão (32).

$$\begin{aligned} \chi(q, \sigma) &= \\ &= \int_0^\sigma d\sigma' \int_{-L}^{+L} W(q; \varepsilon; \sigma; \sigma') \chi(\varepsilon, \sigma') d\varepsilon \end{aligned} \quad (32)$$

Onde, a função de Green do problema é dado pela equação (33).

$$\begin{aligned} W(q; \varepsilon; \sigma; \sigma') &= -[A'(\sigma')\varepsilon + B(\sigma')] \cdot \\ &\cdot \left[\frac{\partial}{\partial \varepsilon} G(q; \varepsilon; \sigma; \sigma') + A(\sigma') G(q, \varepsilon, \sigma, \sigma') \right] \end{aligned} \quad (33)$$

A função de Green do problema será definida sob a seguinte forma da equação (34) (BUTKOV, 1978),

$$\begin{aligned} G(q, \varepsilon, \sigma, \sigma') &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{n=0}^{\infty} \theta_n(\sigma, \sigma') J(\sigma, \sigma') \cdot \\ &\cdot \text{sen} \left(\frac{n\pi}{L} \right) \text{sen} \left(\frac{n\pi}{L} \varepsilon \right) \end{aligned} \quad (34)$$

Onde, definiu-se a seguinte função. (35).

$$J(\sigma - \sigma') = \exp \left[i \left(\frac{n\pi}{L} \right)^2 \left(\frac{\hbar}{2M_o} \right) (\sigma - \sigma') \right] \quad (35)$$

e a função (36).

$$\theta(\sigma, \sigma') = \frac{i}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\exp[i\omega(\sigma - \sigma')]}{\omega} d\omega \quad (36)$$

Os estados quânticos $\chi(q, \sigma)$ em (32), são representados sob a forma de uma série interativa em termos das equações integrais (ARFKEN, 2017), e satisfazendo a condição inicial, equação (37)

$$\chi^0(q, \sigma) = 1 \quad (37)$$

O primeiro termo da série é dado por (38).

$$\chi^1(q, \sigma) = \int_{-L}^{+L} d\varepsilon \int_0^\sigma W(q; \varepsilon, \sigma, \sigma') d\sigma' \quad (38)$$

O segundo termo interativo por (39).

$$\chi^2(q, \sigma) = \int_0^\sigma d\sigma' \int_{-L}^{+L} W(q; \varepsilon, \sigma, \sigma') \chi^1(\varepsilon, \sigma') d\varepsilon \quad (39)$$

O enésimo termo é dado pela expressão (40).

$$\begin{aligned} \chi^n(q, \sigma) &= \\ &= \int_{-L}^{+L} d\varepsilon \int_0^\sigma d\sigma' W(q; \varepsilon, \sigma, \sigma') \chi^{n-1}(\varepsilon, \sigma') \end{aligned} \quad (40)$$

Os Estados quântico $\chi^n(q, \sigma)$ da partícula na caixa podem ser dadas sob a forma de um limite, equação (41).

$$\chi(q, \sigma) = \lim_{n \rightarrow \infty} \chi^n(q, \sigma) \quad (41)$$

Conhecida a função de Green do sistema, a função de onda $\chi(q, t)$, para o problema da partícula na caixa, equação (42), fica determinada, (PAMPOLHA, 1997).

$$\begin{aligned} \chi(q, \sigma(t)) = & \int_{-L}^{+L} d\varepsilon \int_0^\sigma d\sigma' W(q; \varepsilon, \sigma, \sigma') \chi^{n-1}(\varepsilon, \sigma'). \\ & \cdot \exp \left\{ i \left[\frac{\dot{p}a(q-p) + \dot{s}a(q-p)^2}{2s} + i\ell_n\sqrt{s} + \frac{1}{2}ap\dot{p} + \frac{1}{2} \int c(t')p(t')dt' \right] \right\} \end{aligned} \quad (42)$$

Observa-se na equação (42), que os estados quânticos da partícula na caixa satisfazem automaticamente a condição de fronteira, equação (43).

$$\Psi(-L, t) = \Psi(L, t) = 0 \quad (43)$$

já que pela equação (15) tem-se a equação (44).

$$G(-L/\varepsilon/\sigma/\sigma')|_{\sigma=\sigma(t)} = 0 \quad (44)$$

Da equação (31), tem-se a equação (45).

$$\chi(-L/\varepsilon/\sigma/\sigma') = \chi(+L/\varepsilon/\sigma/\sigma') = 0 \quad (45)$$

CONCLUSÃO

A solução da equação (1) foi determinada com exatidão e originalidade, usando o método de transformação Espaço-Temporal. (BASSALO, 1994). Após mapear a equação de Schrödinger de um sistema quadrático dependente do tempo, equação (13), para uma equação do tipo partícula livre, foi possível determinar os estados quânticos não-estacionários, equação (42), da partícula não relativística do poço de potencial e satisfazendo as condições de contornos imposta no sistema, equação (31).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARFKEN, GEOGE B.; Weber, H. J. **Methods for Physicists**: 3. ed. Miami: Elsevier, 2017. 985 p.

BASSALO, J. M. F. Equivalência entre os propagadores de Feynman para sistema quadrático dependente do tempo a as partículas livres. **Nuovo Cimento**, Belém, Pa, v. 15, n. 1-4, 1993. p. 28-33.

BOTELHO, L. C, L. 2D Feynman's Propagator for a time variable magnetic field: Exacta solution. **Centro brasileiro de pesquisa físicas-Notas de Física**, Rio de Janeiro, RJ, jan. 2000. P. 8.

BUTKOV, E. **Física Matemática**: Rio de Janeiro: Guanabara dois, 1978. 727 p.

COHEN-TANNOUDJI, C.; DIU, B; LALOË, F. **Quantum Mechanics**: Paris: Wiley-Interscience, 2006. 899 p. /v.1.

FEYNMAN, R. P; HIBBS, A. R; DANIEL, F.S. **Quantum Mechanics and Path Integrals**: ed. Emended. New York: McGraw-Hill Companies, 2005. 382 p.

KHANDEKAR D. C.; LAWANDER, S. V. **Feynman path Integrals: Some Exact results and applications**, Phycics Reports. França, v. 137, n. 11, p. 2-3, mai. 1986.

PAMPOLHA, J. B. S. Solução Exata da Equação de Schrödinger Dependente do Tempo via Transformação Espaço-Temporal. 1997, 33 f. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado em Física) -Faculdade de Física, Universidade Federal do Pará, Belém, 1997.

STEPHEN GASIOROWICZ, **Física Quântica**: Rio de Janeiro: Guanabara Dois S. A., 1979. 480 p.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

1. A Revista ENGRENAGEM adota as normas de documentação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Os artigos devem ser elaborados no formato de texto, com extensão .doc, em folha no formato A4, com 3 cm de margens superior e esquerda e 2 cm de margens inferior e direita. Com o total de **20 (vinte) páginas**, no **máximo**.

2. Após a seleção dos artigos, os autores deverão **preencher e assinar o termo de cessão de direitos autorais** (solicitar modelo ao Conselho da Revista, via e-mail) do artigo a ser publicado e **enviá-lo** para o Conselho Editorial da Revista Engrenagem IFPA – *Campus* Belém (Endereço: Av. Almirante Barroso, 1155 – Marco – Belém/PA – CEP 66.093-020).

3. **A folha de rosto (coluna única)** deve conter, na seguinte ordem:

3.1. título em português, em negrito, não devendo exceder a 2 linhas, justificado, entrelinhas simples, a primeira letra em caixa alta (as demais somente quando necessário) e fonte Arial (para todo o artigo), corpo 14;

3.2. título em inglês, em itálico, compatível com o título em português, seguindo a mesma formatação e separado deste por uma linha em branco (corpo 12 e entrelinhas simples);

3.3. nome de cada autor (**máximo quatro**), em corpo 10 e negrito, justificado, com entrelinhas simples, seguido, na linha imediatamente abaixo, da afiliação institucional e titulação por ocasião da submissão do trabalho, mantendo uma linha em branco (corpo 12 e entrelinhas simples) entre o título em inglês e o nome do primeiro autor bem como entre o nome do último autor e o Resumo. Manter, também, uma linha em branco entre os nomes dos autores (corpo 10 e entrelinhas simples). Endereços residencial e eletrônico somente do autor principal, antecédidos das expressões em negrito “**Endereço:**” e “**E-mail:**”;

3.3. resumo, com título grafado em corpo 10, negrito, justificado e caixa alta (**RESUMO**), com conteúdo redigido em parágrafo único, corpo 10, espaço simples, alinhamento justificado e **Palavras-chave** (mínimo 3 e máximo 5) separadas por ponto, grafadas com as iniciais em caixa alta na linha imediatamente abaixo do resumo e antecédida pela expressão “**Palavras-chave:**” em negrito, corpo 10, justificado, mantendo-se uma linha em branco (corpo 12 e entrelinhas simples) entre as palavras-chave e o abstract;

3.4. **ABSTRACT** e **Keywords** (inglês), compatíveis com seus correspondentes em português, obedecendo à mesma padronização, mas grafados em itálico, inclusive o seu conteúdo.

4. **Texto** propriamente dito, em fonte Arial, corpo 12 e entrelinhas 1,5, em duas colunas, com espaçamento entre elas de 1,25 cm, contendo:

4.1. Títulos das seções sem numeração, justificados, em caixa alta, negrito e entrelinhas simples. Os títulos das subseções devem obedecer ao mesmo padrão, mas sem negrito. Subdivisões menores também devem obedecer ao mesmo padrão dos títulos, mas apenas as iniciais em caixa alta e sem negrito. Evitar criar mais do que três níveis de divisão;

4.2. Uma linha em branco (corpo 12 e entrelinhas 1,5 cm) entre o título das seções e subseções e o texto;

4.3. Parágrafos alinhados a 1,25 cm da margem esquerda;

4.4. Uma linha em branco (corpo 12 e entrelinhas 1,5 cm) entre o texto de cada seção ou subseção e o título da seção ou subseção seguinte;

4.5. Referências em ordem alfabética, não numeradas, entrelinhas simples, corpo 12, justificadas, com entrelinhas dupla entre duas referências consecutivas, contendo todos os dados necessários à devida identificação das obras.

5. Citações bibliográficas, tabelas, quadros, figuras, siglas e abreviaturas, e fórmulas e equações, quando houver, devem obedecer à seguinte padronização:

5.1. Citações bibliográficas feitas de acordo com as normas da ABNT (NBR 10520 – *Informação e Documentação - Citações em documentos - Apresentação*), adotando-se o sistema autor-data, sendo que, para citações diretas de mais de 3 linhas, adotar corpo 10, entrelinhas simples e recuo de 1,25 da margem esquerda;

5.2. Tabelas, quadros e figuras, apresentados/inseridos após o parágrafo onde foram referenciados e o mais próximo possível, podendo ser editados em coluna única como forma de preservar a qualidade da imagem/informação;

5.3. Tabelas em corpo 10, alinhadas à margem esquerda da página e abertas nas laterais, com cabeçalho em negrito. Sua identificação, exibida em cima, alinhada à esquerda, deve iniciar com a palavra **Tabela**, seguida do **número de ocorrência** no texto em algarismo arábico, seguido de ponto, ambos em negrito, com o texto que a identifique com a primeira letra em caixa alta (as demais somente quando necessária) e com ponto final (Exemplo: **Tabela 1.** Relação de coeficientes.). A referência da fonte de dados deve estar embaixo da Tabela, antecedida da palavra **“Fonte”** em negrito (Exemplo: **Fonte:** Oceanário de Lisboa (2014)). Ressalta-se que, quando se tratar de produção dos próprios autores, **não é necessário informar a fonte**. Deixar uma linha em branco (corpo 12 e entrelinhas 1,5 cm) entre a informação da Fonte e o texto na sequência, inclusive se for outra Tabela. Deixar também uma linha, com o mesmo padrão acima referido, entre o texto que vem antes da Tabela e a Tabela;

5.4. Quadros em fonte 10 com os quatro lados fechados, seguindo a mesma padronização das tabelas, inclusive quanto a sua numeração e à grafia da palavra **“Quadro”** (Exemplo: **Quadro 1.** Cenário base.);

5.5. Figuras (desenhos, fotografias, gráficos, mapas e plantas, esquemas, fluxogramas, organogramas, macrofluxos), identificação/título e fonte embaixo, obedecendo ao mesmo padrão de numeração e de grafia estabelecido para as tabelas, inclusive quanto à grafia da palavra **“Figura”** (Exemplo: **Figura 1.** Rodovia de pista simples.);

5.6. Siglas e abreviaturas devem ser evitadas, pois dificultam a leitura. Quando necessárias, devem ser introduzidas entre parênteses, logo após o emprego do referido termo na íntegra por extenso, quando do seu primeiro aparecimento no texto. Exemplo: Região Metropolitana de Belém (RMB). Após a primeira alusão no texto, usar somente a sigla ou abreviatura nas citações seguintes;

5.7. Fórmulas e equações numeradas, sequencialmente, e alinhadas à margem direita.

6. As Referências, além de obedecerem ao disposto no item 4.5., devem seguir o que estabelece a NBR 6.023 – *Informação e Documentação – Referências- Elaboração /* Ago. 2002), observando o seguinte:

6.1. No corpo do texto, quando diversos trabalhos forem citados no mesmo parágrafo, estes devem ser apresentados em ordem cronológica. Se houver mais

de um trabalho do mesmo autor no mesmo ano, devem ser utilizadas letras para distingui-los. Exemplo: Coutinho (2003a), Coutinho (2003b), etc.;

6.2. No caso de trabalho de até três autores, seus sobrenomes na citação devem vir separados por vírgula e pela palavra “e”. Exemplo: Silva, Coutinho Neto e Assunção (2007);

6.3. No caso de mais de três autores, indicar apenas o sobrenome do primeiro autor, acrescentando a expressão *et al.* Exemplo: Coutinho Neto *et al.* (2008), sendo que, nas Referências, deve constar o nome de todos os autores. Outras palavras em latim, como *apud*, também devem ser grafadas em itálico;

6.4. Nas Referências, o sobrenome dos autores deve vir em caixa alta. Exemplo: BELLEN, H. M.V.;

6.5. Deve-se indicar, em itálico, o título do periódico (para artigos) ou o nome da obra (para capítulos de livro);

6.6. Quando houver duas ou mais referências do mesmo autor, a partir da segunda, esta deverá ser separada da anterior por espaço simples e uma linha de seis toques substituirá o nome do autor;

6.7. As notas não bibliográficas devem ser colocadas no rodapé em corpo 8, entrelinhas simples, ordenadas por algarismos arábicos e deverão aparecer imediatamente após o segmento do texto ao qual se refere a nota.

7. Os artigos publicados na REVISTA ENGRENAGEM têm como proprietário dos direitos autorais o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus* Belém. Desta forma, a reprodução total dos artigos desta revista em outras publicações, ou para qualquer outra utilidade, está condicionada à autorização por escrito do Presidente do Conselho Editorial (Editor-chefe).

8. O presente documento encontra-se disponível em: <http://www.belem.ifpa.edu.br/engrenagem>.

O Conselho Editorial da REVISTA ENGRENAGEM está disponível nos seguintes contatos: Av. Almirante Barroso, n.º 1.155 – Bloco “N”, piso superior - Marco – CEP 66.093-020 - Belém/PA; Fone (91) 3201-1723; E-mail: revista.engrenagem@ifpa.edu.br e sítio eletrônico: <http://www.belem.ifpa.edu.br/engrenagem>

SUMÁRIO

Editorial

Simonne da Costa Amaral

Pesca e bioecologia do camarão da Amazônia, *Macrobrachium amazonicum*, em um estuário Amazônico

*Fishing and bioecology of Amazon shrimp, *Macrobrachium amazonicum*, in an Amazon estuary*

Hugo César da Silva Santos
Rhanna Drielly Lobato dos Prazeres
Israel Hidenburgo Aniceto Cintra
Bianca Bentes da Silva

Interações de Quatro Férmions

Four Fermions Interactions

Leonardo Oliveira do Nascimento
Leandro Oliveira do Nascimento
William Santos Cunha

Simulação de uma enchente utilizando o software livre HEC-RAS 5.0.3 em um canal de uma bacia no rio Murucutum, Belém/PA

Flood simulation using the free software HEC-RAS 5.0.3 in a basin channel on the Murucutum River, Belém/PA

Vivian Carla Oliveira de Sousa Leite
Roberto dos Reis Soares
Ilka Suely Dias Serra
Eduirbe Castro de Araújo

Sexualidade no ensino da biologia: uma abordagem sobre a série sex education

Sexuality in biology teaching: an approach to the sex education series

Laise Rodrigues do Rozario Teixeira Lins
Amanda Ramos Pereira
Joycianne Rodrigues Parente
Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro

Saneamento básico na Região Metropolitana de Belém: políticas públicas em territórios de desigualdade

Basic sanitation in the Metropolitan Region of Belém: public policies in territories of inequality

Ingrid Tatiany Ribeiro de Souza Mendes
Juliano Pamplona Ximenes Ponte
Mary Lucy Mendes Guimarães

Futuro Amazônico - Província mínero-energética para o resto do mundo ou embrião de uma civilização original da biomassa

Amazonian Future - mineral and energetic Province for the rest of the world or embryo of an original biomass civilization

Ailton Pires de Lima
Thomas Adalbert Mitschein

Análise das ações do conselho estadual de recursos hídricos do estado do Pará no período de 2017 a 2018

Analysis of the actions of the state council of water resources of the state of Pará in the period 2017 to 2018

Jaqueline Maria Soares da Silva
Fabianne Mesquita Pereira
Kewffany Chrys da Cruz Miranda
Valdinei Mendes da Silva

Solução exata da equação de Schrödinger dependente do tempo para o poço de potencial

Exact solution of the time-dependent Schrödinger equation for the potential well

João Bosco Soares Pampolha Junior
Charles da Rocha Silva
João Paulo da Silva Alves
Damião Pedro Meira Filho

Instruções aos autores