

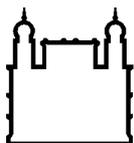
MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical

DETERMINANTES DA MALÁRIA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
COM ÊNFASE NUMA ÁREA COM ENDEMICIDADE PRETÉRITA:
VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA E ENTOMOLÓGICA PARA
AVALIAÇÃO DO RISCO DA REINTRODUÇÃO DA DOENÇA

HERMANO GOMES ALBUQUERQUE

Rio de Janeiro
Setembro de 2017



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ
Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical

Hermano Gomes Albuquerque

Determinantes da malária no estado do Rio de Janeiro com ênfase numa área com endemicidade pretérita: vigilância epidemiológica e entomológica para avaliação do risco da reintrodução da doença.

Tese apresentada ao Instituto Oswaldo Cruz
como parte dos requisitos para obtenção do título
de Doutor em Medicina Tropical

Orientador (es): Prof. Dra. Martha Cecília Suárez Mutis

Prof. Dr. Paulo Cesar Peiter

RIO DE JANEIRO

Setembro de 2017

Albuquerque, Hermano Gomes .

DETERMINANTES DA MALÁRIA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO COM ÊNFASE NUMA ÁREA COM ENDEMICIDADE PRETÉRITA: VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA E ENTOMOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DO RISCO DA REINTRODUÇÃO DA DOENÇA / Hermano Gomes Albuquerque. - Rio de Janeiro, 2017.

140 f.; il.

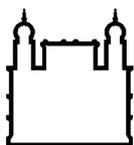
Tese (Doutorado) - Instituto Oswaldo Cruz, Pós-Graduação em Medicina Tropical, 2017.

Orientadora: Martha Cecília Soárez Mutis.

Co-orientador: Paulo Cesar Peiter.

Bibliografia: f. 114-123

1. Malaria. 2. Determinantes. 3. Epidemiologia. 4. Anopheles. 5. Paisagem. I. Título.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ
Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical

AUTOR: HERMANO GOMES ALBUQUERQUE

Determinantes da malária no estado do Rio de Janeiro com ênfase numa área com endemicidade pretérita: vigilância epidemiológica e entomológica para avaliação do risco da reintrodução da doença.

**ORIENTADOR (ES): Prof. Dra. Martha Cecília Suárez Mutis
Prof. Dr. Paulo Cesar Peiter**

Aprovada em: 18/09/2017

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Nildimar Honório Rocha - Presidente (IOC/Fiocruz)

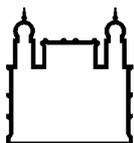
Prof. Dr. Christovam Barcellos (ICICT/Fiocruz)

Prof. Dr. Helder Takashi Imoto Nakaya (USP)

Prof. Dr. Izabel Cristina dos Reis (IOC/Fiocruz)

Prof. Dr. Reinaldo Souza dos Santos (ENSP/Fiocruz)

Rio de Janeiro, 18 de setembro de 2017



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

Anexar a cópia da Ata que será entregue pela SEAC já assinada.

Ao fortalecimento do sistema único de saúde brasileiro, o SUS, e as pessoas que precisam dele.

AGRADECIMENTOS

Ao meu filho Antonio e minha filha Laura, os maiores amores da minha vida.

Aos meus pais, que me deram a oportunidade de viver e me criaram com muito amor e dedicação. São meus maiores exemplos, assim como minha tia Mariza.

À minha mulher Carolina, por todo amor, apoio e por construir junto comigo uma família, como sempre sonhamos.

À minha orientadora e amiga Martha Mutis, uma das maiores pessoas que eu tive o prazer de conhecer...e mais, tive a oportunidade de ser orientado por ela. Não se tratou só de ciência, Martha. Foi humanismo profundo. Obrigado!

Ao meu coorientador Paulo Peiter, um intelectual da Geografia da Saúde. Paulo, eu aprendi muito com você e espero continuar aprendendo, professor. Sempre sereno, tivemos uma ótima convivência.

À minha professora Ângela Junqueira, pessoa com um dos maiores corações que eu já vi. Sua dedicação com o povo amazônico e com a formação de seus alunos é uma inspiração para mim, professora. Espero aprender com você até o fim.

Ao meu país, Brasil, que desde a minha primeira série me permitiu ter uma educação pública e de qualidade, assim como ter contato com tantos mestres de construção social. Verás que um filho teu não foge a luta!

Aos mestres Luciano Toledo e Paulo Sabroza. Luciano com sua força de ação social e Paulo com sua alma de professor me acolheram na Fiocruz e me mostraram a essência dessa instituição. Espero fazer jus a confiança que sempre depositaram em mim.

Ao meu mestre e amigo Jefferson Pereira, um irmão que a vida me deu tanto pessoal como profissionalmente. Cada dia ficamos mais próximos e espero que esse laço só se estreite. Obrigado por tudo mesmo, Jeffão!

Aos meus companheiros e companheiras do Malária Team (IOC) e do LabMEp (ENSP) que me ajudaram muita nessa caminhada do doutorado. Jussara Angelo, Alex San, Gerusa Gibson, Jessica Oliveira, Simone Santos, Verônica Marchon, Vivian Franco, Rafael Santos, Heitor Praça e todos os outros que me ajudaram na jornada.

Ao professor Claudio Ribeiro e a Dr. Anielle Pina, pela oportunidade do trabalho em conjunto na perspectiva da Malária de Mata Atlântica. Aprendi muito

com vocês e prezo muito essa colaboração. O seminário Laveran & Deane foi a maior experiência científica que eu tive. Obrigado!

Ao mon ami e mon frère Jean Jules, uma das grandes almas que tive a oportunidade de conhecer nessa vida. Jean, você me apresentou sua cultura com toda a sua generosidade habitual. Aprendi muito contigo e nosso campo foi fácil muito por causa da tua leveza de viver. Obrigado, meu irmão!

À minha amiga Sandrinha, que esteve desde o início do meu trabalho de campo me ajudando a selecionar as áreas e depois ajudando nas amostragens. Uma grande mãe, com um grande coração. Sempre zelou por mim e Jean, seus filhos de campo. Obrigado por tudo, Sandrinha!

Ao professor Jeronimo Alencar pela parceria no trabalho e por orientar meu irmão Jean. Espero continuar trabalhando junto com você.

Aos meus amigos de política na Fiocruz, tanto na representação dos alunos da Medicina Tropical (Comissão União), como os amigos da APG-Fiocruz. Maria Fantinatti, Josiane Muller, José Joaquim, Diego Montenegro, Bruno Pacífico, Caio Aires, Marianne Rocha, Icaro Rodrigues e todos os outros que participaram dessa construção. Acho que aprendemos muito e conseguimos entender como é difícil construir políticas e gerir uma instituição. Conseguimos!

À professora Nildimar, uma mestra que já vem me acompanhando desde os tempos do projeto do Comperj. Nessa tese ela teve o trabalho de revisar de forma contundente a minha tese. Nil, eu te admiro muito como professora, pesquisadora e uma pessoa que está empenhada em melhorar a saúde das pessoas. Espero sempre te ter por perto.

Aos membros da minha banca que aceitaram participar dessa etapa tão importante da trajetória acadêmica de um aluno. Me sinto honrado com o aceite de todos vocês e estou aberto a todas as críticas construtivas que vocês tiverem. Muito obrigado, banca!

Ao CNPQ, à CAPES, à Faperj, a Fiotec e ao Ministério da Saúde por todo o apoio financeiro que me foi concedido para construir esse trabalho.

À minha família, no nome de Wilson, Jacque, Anna, Arthur, Tio Wilson, Tia Marilda, Tia Ruth, Vó Magnólia, João, Inês, Sofia, Marlon, Dinho, e todos os outros queridos !

Aos meus amigos que não participaram desse trabalho, mas participam da minha vida e que fazem da minha existência algo muito maior. 100%, Casa do Sica,

pelada de terça, pelada de quinta...são muitos. Me considero um privilegiado em termos de amizade. Obrigado a todos!

À vida, que me permite sentir, sonhar, fazer, amar...lá no fundo sei que estou conseguindo passar por ela de uma forma digna, construtiva, prazerosa e respeitosa. Que essa lucidez, ou estrela guia, nunca me abandone...

“Fora Temer” e todo o projeto para o Brasil que ele representa...

“Se não nos deixarem sonhar, não os deixaremos dormir” Eduardo Galeano



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Determinantes da malária no estado do Rio de Janeiro com ênfase numa área com endemicidade pretérita: vigilância epidemiológica e entomológica para avaliação do risco da reintrodução da doença

RESUMO

TESE DE DOUTORADO EM MEDICINA TROPICAL

Hermano Gomes Albuquerque

A malária é uma doença tropical que atingiu 212 milhões de pessoas no mundo em 2015. O Brasil é um dos países com áreas altamente endêmicas para a doença. Ao longo de sua história, as grandes epidemias sempre foram relacionadas aos grandes projetos de desenvolvimento do país. Nesse contexto, a região amazônica é a principal região endêmica no país, no entanto ela não é a única a registrar casos. A região Extra-Amazônica notifica menos de 1% dos casos brasileiros, no entanto sua mortalidade é extremamente elevada. Além disso, algumas dessas áreas que notificam casos importados foram endêmicas no passado e podem apresentar receptividade para a malária no presente, com a presença dos vetores. Sendo assim, nosso estudo estruturou um grupo de metodologias com a finalidade de propor um método de vigilância epidemiológica e entomológica em áreas com potencial para reintrodução da malária. A área de estudos escolhida foi o estado do Rio de Janeiro. O estudo foi construído em 2 escalas, na estadual/regional, na qual se trabalhou com dados secundários, e na municipal/local, na qual se trabalhou com dados primários. Nossos resultados apontam para um declínio no número de casos nos anos recentes, apesar do crescimento significativo observado de 2007 a 2012. Os tipos parasitários mais encontrados foram *Plasmodium falciparum* e *P. vivax*, no entanto a proporção de *P. falciparum* foi bastante acima da proporção encontrada no Brasil. A hipótese para isso é que grande parte da malária importada para o estado do Rio de Janeiro vem de fora do país (aproximadamente 50%), onde a proporção dessas espécies é maior para *P. falciparum*. Nosso modelo sobre determinantes da malária importada no estado foi significativo com alto poder explicativo. Os determinantes analisados foram os grandes empreendimentos, as empresas e a migração, sempre agregados por município. Os empreendimentos atraem as empresas e ambos atraem pessoas em busca de empregos e melhores condições de vida. As pessoas podem vir de áreas endêmicas para malária e uma proporção delas podem vir infectadas, o que explicaria a relação entre malária importada e esses determinantes. Alguns desses territórios que recebem casos de malária importada também possuem receptividade territorial, o que aponta para um risco de reintrodução da malária nessas regiões. O município de Duque de Caxias foi aquele que apresentou muitas áreas de receptividade muito alta e frequentes casos de malária importada, estruturando uma situação de risco. Ainda analisamos a composição da comunidade de anofelinos, os vetores da malária, em um município com receptividade muito alta de acordo com nosso modelo. Não foi encontrado o principal vetor nessa área, que é o *An. darlingi*. As análises da composição da comunidade de anofelinos com a estrutura da paisagem foi significativo, mostrando que o contexto no qual os vetores estão inseridos influencia na presença ou ausência das espécies. Estudos mais específicos são necessários para se entender quais são essas relações de determinação.

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

**Determinants of malaria in Rio de Janeiro state, with emphasis on area with past endemicity:
epidemiological and entomological surveillance to evaluate the risk of reintroduction of
disease**

ABSTRACT

PHD THESIS IN MEDICINA TROPICAL

Hermano Gomes Albuquerque

Malaria is a tropical disease that affects 212 million people worldwide by 2015. Brazil is one of the countries with highly endemic areas for the disease. Throughout its history, the great epidemics have always been related to the great development projects of the country. In this context, the Amazon region is the main endemic region in the country, however it is not the only one to register cases. The extra-amazon region reports less than 1% of Brazilian cases, but its mortality is extremely high. In addition, some of these areas that report imported cases were endemic in the past and may present malaria receptivity in the present, with the presence of vectors. Thus, our study structured a group of methodologies with the purpose of proposing a method of epidemiological and entomological surveillance in areas with potential for reintroduction of malaria. The area of study chosen was the state of Rio de Janeiro. The study was constructed in 2 scales, in the state / regional, in which we worked with secondary data, and in the municipal / local, in which we worked with primary data. Our results point to a decline in the number of cases in recent years, despite significant growth observed from 2007 to 2012. The most common parasitic types were *Plasmodium falciparum* and *P. vivax*, however the proportion of *P. falciparum* was well above the proportion Found in Brazil. The hypothesis for this is that a large part of the malaria imported into the state of Rio de Janeiro comes from outside the country (approximately 50%), where the proportion of these species is higher for *P. falciparum*. Our model on determinants of imported malaria in the state was significant with high explanatory power. The determinants analyzed were the large enterprises, the companies and the migration, always aggregated by municipality. Enterprises attract businesses and both attract people in search of jobs and better living conditions. People may come from areas endemic for malaria and a proportion of them may become infected, which would explain the relationship between imported malaria and these determinants. Some of these territories that receive cases of imported malaria also have territorial receptivity, which points to a risk of reintroduction of malaria in these regions. The municipality of Duque de Caxias was the one that presented many areas of very high receptivity and frequent cases of imported malaria, structuring a situation of risk. We also analyzed the composition of the community of anophelines, the vectors of malaria, in a municipality with very high receptivity according to our model. We did not find the main vector in this area, which is the *An. darlingi*. The analysis of the composition of the anopheline community with the landscape structure was significant, showing that the context in which the vectors are inserted influences the presence or absence of the species. More specific studies are needed to understand these determinants. Índice

ÍNDICE

RESUMO	X
ABSTRACT	XI
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Agentes etiológicos	4
2.2. Ciclo Biológico	4
2.2.1. Ciclo Esquizogônico	5
2.2.2. Ciclo Esporogônico.....	7
2.3. Vetores	7
2.4 . Epidemiologia da Malária no Brasil e seus determinantes	9
2.4.1. Malária Amazônica e seus determinantes	9
2.4.2. Malária Extra-Amazônica.....	17
2.4.3. Atual conjuntura epidemiológica da malária no estado do Rio de Janeiro.....	28
2.5. Vetores de transformação espacial: empreendimentos industriais	30
3. METODOLOGIA	33
3.1. Arcabouço teórico	33
3.2. Escalas do estudo	34
3.3. Área de estudo	35
3.4. Estudo de correlação ecológica	43
3.5. Dados e indicadores ambientais para a modelagem de receptividade	44
3.6. Sensoriamento remoto para a detecção de potenciais criadouros de anofelinos em escala local	47
3.7. Estudo entomológico e de ecologia da paisagem	49
3.8. Análise dos dados	55
3.9. Aspectos éticos	55
4. RESULTADOS	56
4.1. Casos totais de malária	56
4.2. Casos de malária importada	57
4.1. Migração	69

4.2. Empresas	75
4.3. Grandes empreendimentos	78
4.4. Regressão linear entre a malária importada, migração, empresas e empreendimentos do estado do Rio de Janeiro.	79
4.5. Modelo de receptividade territorial para malária no estado do Rio de Janeiro.....	82
4.6. Modelo de identificação de potenciais criadouros do subgênero <i>Anopheles Nyssorrhynchus</i> por sensoriamento remoto, no município de Cachoeiras de Macacu.....	85
4.7. Estudo entomológico: Ecologia da paisagem de imaturos de <i>Anopheles</i> do subgênero <i>Nyssorrhynchus</i>	87
5. DISCUSSÃO	95
5.1. Malária importada e seus determinantes	95
5.2. Receptividade territorial para malária no estado do Rio de Janeiro.....	102
5.3. Ecologia da paisagem de formas imaturas de <i>Anopheles</i> subgênero <i>Nyssorrhynchus</i> em um município com receptividade muito alta.....	105
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
7. CONCLUSÕES	112
8. PERSPECTIVAS	112
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
10. APÊNDICES E/OU ANEXOS	124
REFERENCES	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo biológico da malária no hospedeiro humano e no vetor. Fonte: França et al. 2008	5
Figura 2 - Divisão da Amazônia Legal.	13
Figura 3 - Estratificação de áreas de risco para malária no Brasil no ano de 2013. Adaptado do Boletim Epidemiológico da Secretaria de Vigilância em Saúde – MS.	15
Figura 4 - Mapa de risco de malária por município de infecção, Brasil. Ministério da Saúde 2015.....	16
Figura 5 - Região do Vale do São Francisco.....	18
Figura 6 - Subdivisão da região do Vale do São Francisco.....	19
Figura 7 - Regionalização da baixada fluminense segundo os critérios geográficos e ambientais (geomorfológicos), sendo a região na qual ocorria a malária no estado do Rio de Janeiro antes das medidas de intervenção.....	21
Figura 8 - Distribuição espacial da taxa Bayesiana Empírica Local de casos autóctones e introduzidos de malária na região Extra-Amazônica no período de 2007 a 2014. Fonte: Lorenz et al. 2015.....	27
Figura 9 - Distribuição espacial da taxa Bayesiana Empírica Local de casos importados de malária na região Extra-Amazônica no período de 2007 a 2014. Fonte: Lorenz et al. 2015.....	28
Figura 10 - Mesorregiões do estado do Rio de Janeiro.	35
Figura 11 - Relevos do estado do Rio de Janeiro.....	36
Figura 12 - Fitofisionomias da Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro. A distribuição em questão é a potencial, não o que restou nos dias atuais. Fonte: INEA 2010.....	37
Figura 13 - Vegetação florestal remanescente do Bioma Mata Atlântica do Rio de Janeiro. Ano de referência: 2010.	38
Figura 14 - Setores censitários do município de Cachoeiras e Macacu e seus principais núcleos urbanos, 2010.....	40
Figura 15 - Vegetação florestal situada dentro e fora de unidades de conservação no município de Cachoeiras de Macacu, RJ - 2010.....	41
Figura 16 - Recursos hídricos do município de Cachoeiras de Macacu. Rio Guapiaçu, Rio Macacu e seus afluentes - 2010.	42

Figura 17 - As quatro camadas de informação que compõem o modelo PAH (pluviosidade, temperatura, geomorfologia e vegetação).	45
Figura 18 - Imagem de satélite fruto do fusionalamento de duas imagens do satélite ALOS, referentes ao ano de 2009. Município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro.....	47
Figura 19 - Imagem NDVI fruto da álgebra de bandas espectrais	48
Figura 20 - Localização das células e pontos amostrais no município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, fruto da metodologia de seleção de potenciais criadouros de anofelinos por sensoriamento remoto....	50
Figura 21 - Registro dos estudantes Hermano Albuquerque e Jean Jules fazendo trabalho de campo de coleta dos vetores anofelinos nos potenciais criadouros detectados por sensoriamento remoto. Cachoeiras de Macacu RJ 2016.	52
Figura 22 - Áreas amostrais e suas distintas áreas de influência.	53
Figura 23 - Ponto amostral Jap5 e seu respectivo uso e cobertura do solo dentro dos diferentes raios de influência.	54
Figura 24 - Número de casos de malária por ano no estado do Rio de Janeiro. Período de 2007 a 2015.....	57
Figura 25 - Casos de malária importada, por ano, no estado do Rio de Janeiro, período de 2007 a 2015.	58
Figura 26 - Proporção de casos de malária importada no estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015, em homens e mulheres, por grupo etário.	60
Figura 27 - Proporção das atividades que provavelmente os pacientes com malária estavam desenvolvendo ao se infectarem com o <i>Plasmodium sp.</i> Período 2007-2015.....	62
Figura 28 - Proporção das espécies parasitárias encontradas no teste diagnóstico de gota espessa dos pacientes com malária importada no estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015.....	64
Figura 29 - Frequência de casos em cada classe de densidade parasitária, no período de 2007 a 2015.	65
Figura 30 - Mapa com a carga de importação proveniente de cada estado para o estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015.	67
Figura 31 - Os cinco municípios que exportaram o maior número de casos de malária para o estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015.	68

Figura 32 - Mapa com a distribuição dos casos de malária importada no estado do Rio de Janeiro por município de residência. Período de 2007 a 2015.....	69
Figura 33 - Número de pessoas de 5 anos ou mais de idade, por estado, que não residiam no estado do Rio de Janeiro em 31.07.2005..	70
Figura 34 - Migrantes que tiveram como destino o município do Rio de Janeiro, por estado de origem, excluindo-se os estrangeiros e sem origem definida....	71
Figura 35 - Mapa com a distribuição por município das pessoas de 5 anos ou mais de idade, que não residiam no estado do Rio de Janeiro em 31/07/2005, do Brasil e do exterior, dividido em 5 classes.....	72
Figura 36 - Municípios do estado do Rio de Janeiro de destino das pessoas de 5 anos ou mais de idade que não residiam no estado em 31.07.2005, tanto brasileiros como estrangeiros.	73
Figura 37 - Municípios do estado do Rio de Janeiro de destino das pessoas de 5 anos ou mais de idade, que não residiam no estado em 31/07/2005, tanto brasileiros como estrangeiros.	74
Figura 38 - Mapa com as classes de empresas por município do estado do Rio de Janeiro.	75
Figura 39 - Número médio de empresas nos municípios do estado do Rio de Janeiro no período de 2006-2014.....	76
Figura 40 - Número médio de empresas nos municípios do estado do Rio de Janeiro no período de 2006-2014.....	77
Figura 41 - Municípios que apresentam grandes empreendimentos no estado do Rio de Janeiro.	78
Figura 42 - Mapa com a distribuição de grandes empreendimentos por municípios, no estado do Rio de Janeiro.....	79
Figura 43 - Gráfico de dispersão dos resíduos do modelo de regressão.	81
Figura 44 - Gráfico de probabilidade normal dos resíduos da regressão.....	81
Figura 45 - Mapa com as classes de receptividade territorial para a malária no estado do Rio de Janeiro.....	84
Figura 46 - Corpos hídricos do município de Cachoeiras de Macacu, análise do sensoriamento remoto e classificação manual de objeto.	85
Figura 47 - Localização das células e pontos amostrais de coletas de anofelinos no município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, fruto da metodologia de seleção de potenciais criadouros de anofelinos por sensoriamento remoto.....	86

Figura 48 - Proporção de anofelinos imaturos coletados e identificados na área de estudos.	90
Figura 49 - Número de anofelinos imaturos coletados, por região, no município de Cachoeiras de Macacu, no período de janeiro a maio de 2016.	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pesos das camadas do modelo PAH	45
Tabela 2 - Número de casos de malária por ano no estado do Rio de Janeiro, período de 2007 a 2015.	56
Tabela 3 - Número de casos de malária importada, por ano, no estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015.	58
Tabela 4 - Frequência de casos de malária importada, por sexo, no estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015.	59
Tabela 5 - Frequência e porcentagem do tipo de atividades que provavelmente os pacientes com malária importada estavam desenvolvendo ao se infectarem com o <i>Plasmodium</i> . Período 2007-2015.	61
Tabela 6 - Frequência e proporção das espécies parasitárias encontradas no teste diagnóstico de gota espessa dos pacientes com malária importada no estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015.	63
Tabela 7 - Frequência e porcentagem de casos em cada classe relativa a densidade parasitária em cada amostra de paciente diagnosticado com malária importada no estado do Rio de Janeiro.	65
Tabela 8 - Número total de casos importados para o estado do Rio de Janeiro e o respectivo estado de origem, no período de 2007 a 2015.	66
Tabela 9 - Tabela de sumarização do modelo de regressão envolvendo a variável dependente malária importada e as variáveis independentes migração, empresas e grandes empreendimentos do estado do Rio de Janeiro.	80
Tabela 10 - Tabela de sumarização do modelo da análise de variância da regressão entre a variável dependente malária importada e as variáveis independentes migração, empresas e grandes empreendimentos do estado do Rio de Janeiro.	80
Tabela 11 - Classes de receptividade territorial para a presença de criadouros do subgênero <i>Anopheles Nyssorrhynchus</i> no estado do Rio de Janeiro.	83
Tabela 12 - Número total de formas imaturas de anofelinos coletadas no município de Cachoeiras de Macacu, abril e maio de 2016.	88
Tabela 13 - Número total de formas imaturas de anofelinos coletados no município de Cachoeiras em Janeiro de 2016.	89

1. INTRODUÇÃO

A malária é um problema de saúde pública mundial, acometendo principalmente países tropicais de economia periférica. Em 2015 foram estimados 212 milhões de casos de malária no mundo, dos quais 429 mil evoluíram para óbito (WHO 2016). Nesse mesmo ano, a região das Américas notificou 451.242 casos (PAHO 2017) sendo que pelo menos 90% dos casos ocorre na sub-região Amazônica do continente (PAHO 2016). A região Amazônica brasileira registrou em 2015 aproximadamente 138.000 casos, com registro de 26 óbitos (SIVEP-Malária). O Brasil caminha para um cenário de eliminação da malária, começando pelo *P. falciparum*, visto que o país registrou o menor número de casos dos últimos 35 anos, com uma redução de 77% dos casos em 2015, quando comparado com os dados do ano 2000. Apesar desse cenário favorável, a malária já foi um problema de saúde pública muito maior no país (Oliveira-Ferreira 2010).

No início do século XX, tempos de Primeira República, a malária era distribuída por todo o Brasil, tendo caráter endêmico em três regiões: Amazônia, vale do rio São Francisco e Baixada Fluminense, estado do Rio de Janeiro. Ao longo do século XX, as epidemias de malária nessas regiões sempre foram relacionadas aos grandes ciclos econômicos do país. Neste sentido, a Amazônia com seus ciclos da borracha e garimpos, assim como a baixada fluminense e suas linhas férreas, traziam consigo populações susceptíveis e transformações ambientais que favoreciam o ciclo de infecção da malária. Sendo assim, é importante estar atento as transformações sociais e ambientais ocasionadas pelas mudanças políticas e econômicas que ocorrem no país e os possíveis efeitos desses processos na saúde pública de uma forma geral, e na malária como foco do presente estudo (Fadel 2006; Mello 2007; Oliveira et al. 2010; Angelo 2015).

As doenças emergentes e reemergentes permanecem sendo um problema de saúde pública mundial, causando mortes e incapacidades nas pessoas acometidas por elas (Morens et al. 2004). A malária é classificada como uma doença reemergente, após a sua importante redução na década de 1960 durante a campanha global de erradicação da doença. Atualmente, há um contexto que exige vigilância epidemiológica e entomológica efetivas, em

termos de doenças reemergentes, como por exemplo, a malária. Territórios que apresentam situação de receptividade para a malária ou outra doença infecciosa transmitida por artrópodes vetores devem ser monitoradas em relação a casos importados da doença, incluindo o seu respectivo agente etiológico. A receptividade do território é dada pela presença de mosquitos vetores, que são capazes de transmitir o parasito de um caso importado para pessoas susceptíveis na região onde o caso é registrado. Uma região com pessoas susceptíveis, presença do mosquito vetor e com a pressão parasitária trazida por casos importados, se configura como um território com risco de emergência de surtos ou reintrodução da doença (WHO 2007B).

Nas últimas décadas inúmeros focos de malária, ou seja, áreas definidas contendo os fatores epidemiológicos e ecológicos necessários para a transmissão da malária (WHO 2016), foram registrados na região Extra-Amazonica, em regiões onde há receptividade para este agravo (Lorenz et al. 2015). Isso aponta para a possibilidade da reintrodução de um ciclo perene da doença nessas localidades. Esses focos reemergentes podem ainda variar de acordo com a força do sistema de vigilância epidemiológica existente no território afetado. Se o sistema de vigilância é bem estruturado nessas localidades, os casos importados costumam ser prontamente diagnosticados e raramente há o surgimento de casos secundários (Barata 1995). Se o diagnóstico não é feito, então os casos introduzidos (secundários) surgem e a possibilidade da doença ser reintroduzida aumenta. É importante salientar que a mortalidade na região Extra-Amazonica é cerca de 70 vezes superior à da região Amazonica, mostrando a fragilidade do diagnóstico e da vigilância epidemiológica para a malária nessa região (Oliveira-Ferreira et al. 2010; Pina-Costa et al. 2014).

No Brasil existem basicamente três contextos de malária: o da região Amazonica, onde distintos tipos de ocupação do espaço criam contextos favoráveis para o ciclo da doença, como garimpos ilegais, tanques de piscicultura e usinas hidrelétricas (Angelo 2015). Os vetores da malária nesses contextos são anofelinos do subgênero *Nyssorhynchus*. O outro tipo de malária existente no país é a malária de Mata Atlântica, que ocorre de forma esporádica em vales montanhosos com densa cobertura vegetal e os vetores

são pertencentes ao subgênero *Kerteszia*, estando esses associados às bromélias (seus criadouros), presentes nessas áreas da região Extra-Amazonica onde está incluído o bioma Mata Atlântica (Wanderley et al. 1994; Pina et al. 2014). O último contexto de malária, do qual trata esse estudo, é o de malária importada em uma região extra-amazônica.

O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo sobre a malária importada em região Extra-Amazonica e seus determinantes, no estado do Rio de Janeiro. Até o momento, nenhum estudo tem se debruçado especificamente sobre os determinantes socioambientais da malária no estado do Rio de Janeiro. Uma preocupação nesse novo cenário é a expansão da malária no território, principalmente nas áreas de baixada do estado, que historicamente já foram endêmicas para a malária. Para ampliar o entendimento sobre o risco de reintrodução do agravo, assim como para um melhor entendimento dos focos de malária residual é preciso avaliar a receptividade, assim como a vulnerabilidade para a malária nesse território. Especificamente nas áreas de abrangência de grandes empreendimentos, como a Refinaria de Duque de Caxias (REDUC), O Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj), a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), existe o risco de reintrodução da doença pelo maior fluxo migratório e pendular, principalmente de trabalhadores provindos de regiões endêmicas para a malária (como da Amazônia ou países africanos – Lorenz et al 2015), modificações no ambiente com a produção de novos criadouros favorecendo o surgimento de novos focos da doença (como a criação de represas), aliado à fragilidade dos sistemas de saúde em detectar e notificar com rapidez os casos de malária.

Ressalta-se que nas Diretrizes Nacionais da Vigilância em Saúde (Ministério da Saúde, 2010) entre as 11 prioridades do “Pacto Pela Vida” consta “...o fortalecimento da capacidade de resposta às doenças emergentes e endemias, com ênfase na dengue, hanseníase, tuberculose, malária, influenza, hepatite, aids” (Ministério da Saúde 2010). Uma das formas de fortalecer a capacidade de resposta é com o fortalecimento da Vigilância epidemiológica e entomológica dos territórios.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Agentes etiológicos

A malária, também conhecida como paludismo, é uma doença infecciosa cujos agentes etiológicos são protozoários do gênero *Plasmodium*. No Brasil, existem três espécies comumente encontradas no hospedeiro humano. São elas: *P. vivax* (Grassi & Feletti, 1890; Labbé, 1889) responsável por 88,4% dos casos registrados no país 2015, *P. falciparum* (Welch, 1897; Schaudinn, 1902), concentrando 11,5% dos registros e *P. malariae* (Laveran, 1881; Grassi & Feletti, 1890) que possui baixa incidência de casos (Siqueira et al. 2016). Outra espécie que merece destaque é o *P. simium* (Fonseca, 1939), que ao que tudo indica é a espécie responsável pela malária Extra-Amazônica autóctone que ocorre ao longo da Serra do Mar, onde os primatas não-humanos seriam os reservatórios (Brasil et al. 2017). Além dessas, duas espécies são conhecidas por infectar os seres humanos, *P. ovale* (Stephens, 1922) e *P. knowlesi* –um plasmódio de macacos- (Sinton & Mulligan 1933), no entanto não há registros de casos autóctones no Brasil. É importante observar que recentemente foi descoberto que o *P. knowlesi* possui distribuição mais ampla do que se imaginava no continente asiático e já é considerada uma zoonose emergente (Antinori et al. 2013). Há outras espécies de plasmódio que possuem a capacidade de infectar símios e, em contextos específicos, o hospedeiro humano. São elas *P. inui*, (Fonseca, 1939), *P. schwetzi* (Warrel, 2002), *P. cynomolgi* (Mulligan, 1935) e *P. brasilianum* (Gonder & Berenberg-Gossler, 1908), no entanto apenas no caso das duas últimas existem evidências de que transmissões naturais podem ocorrer em humanos (Cerutti et al. 2007).

2.2. Ciclo Biológico

A infecção do hospedeiro humano se inicia através da picada da fêmea de anofelino infectada com o protozoário *Plasmodium sp.* Não há indícios de que possa haver transmissão da doença de pessoa para pessoa, de forma direta. Ocasionalmente pode haver a transmissão por meio de transfusão de

sangue, no entanto focaremos na infecção pelo mosquito vetor, o anofelino (Figura 1).

No hospedeiro humano (e em outros vertebrados) o parasito possui dois estágios: a esquizogonia pré-eritrocítica ou tecidual (assintomática), onde o parasito se localiza nas células hepáticas e está em baixa quantidade; e a esquizogonia eritrocítica (sintomática), onde o parasito se multiplica dentro das hemácias do hospedeiro e sua densidade aumenta. Em ambas as fases o parasito se multiplica assexuadamente (Ministério da Saúde 2005).

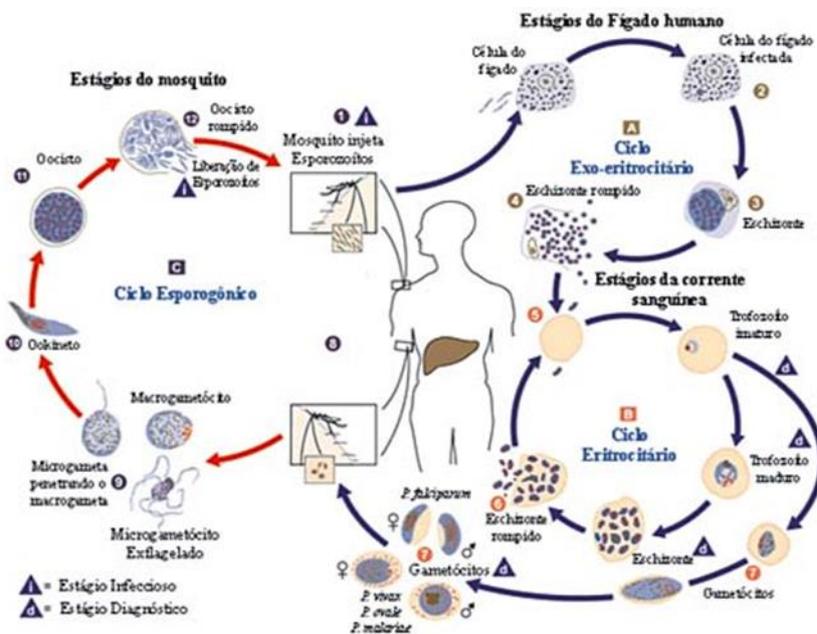


Figura 1 - Ciclo biológico da malária no hospedeiro humano e no vetor. Fonte: França et al. 2008

2.2.1. Ciclo Esquizogônico

Na fase pré-eritrocítica, o protozoário em sua forma esporozoíta é inoculado no hospedeiro e inicia o processo de infecção. Após a inoculação na pele, o esporozoíta pode permanecer algumas horas nesse local, entrar diretamente na circulação sanguínea ou na circulação linfática (Sinnis et al. 2012). Aqueles que migram para a circulação sanguínea, após alguns minutos atingem os hepatócitos. Nessas células, os esporozoítas se transmitem em esquizontes e iniciam um processo de reprodução assexuada. Após alguns

dias, esses hepatócitos se rompem e liberam os protozoários *Plasmodium sp.*, em sua forma merozoíta, na corrente sanguínea onde irão invadir as hemácias. A quantidade de merozoítas liberado no rompimento dos hepatócitos pode variar de acordo com a espécie de *Plasmodium sp.* O *P. vivax* libera cerca de 10.000, o *P. falciparum* cerca de 40.000 e o *P. malariae* aproximadamente 2.000 (Ministério da Saúde 2005).

A primeira etapa da fase eritrocítica (sanguínea) é a invasão da hemácia pelo parasito. As diferentes espécies de *Plasmodium sp.* possuem distintas preferências pelas hemácias do hospedeiro. *Plasmodium vivax* invade preferencialmente hemácias jovens, enquanto *P. malariae* invade as velhas. Por outro lado, *P. falciparum* invade tanto as hemácias jovens, como as velhas (Ministério da Saúde 2005). Dentro da hemácia, esse parasito iniciará um novo processo de reprodução assexuada que culminará na multiplicação dos merozoítas. O desenvolvimento do *Plasmodium sp.* na hemácia ocorre durante um período que pode variar de 48 a 72 horas. Durante essa etapa o parasito sofre uma série de modificações em sua morfologia, para que finalmente tome a forma de esquizonte. Esse esquizonte se dividirá, gerando novos merozoítas. Ao final desse processo a célula se rompe liberando essas formas evolutivas do plasmódio (Ministério da Saúde 2005).

Nesse contexto de liberação dos merozoítas na corrente sanguínea pela ruptura das células do sangue, ocorre também a liberação de toxinas do parasito que induzem a produção de citocinas inflamatórias no hospedeiro. Essas citocinas são responsáveis por desencadear uma série de eventos orgânicos denominados paroxismos maláricos (Boutlis et al. 2005). Eles se resumem basicamente em quatro períodos: o de frio, na qual a temperatura do corpo do hospedeiro humano eleva-se rapidamente; o de calor que se inicia após os calafrios e onde a temperatura corporal pode alcançar os 40° graus; o período de sudorese, onde a febre diminui, assim como a cefaleia e o mal-estar também; e por último o período de apirexia, quando a febre cessa e há uma melhora no quadro clínico do paciente.

A etapa final do *Plasmodium sp.* no homo sapiens se dá com a formação dos gametócitos, o que permite a reprodução sexuada do parasito. Esse processo ocorre com a diferenciação de alguns merozoítas em células

gaméticas, na fase eritrocítica do parasito. Esses gametócitos amadurecem, sem sofrer divisão celular, até o momento em que se tornam infectantes para os mosquitos. Os gametócitos possuem duas formas evolutivas distintas: o macrogametócito fêmea e o microgametócito macho.

2.2.2. Ciclo Esporogônico

Essa etapa do ciclo evolutivo do parasito se inicia com o mosquito anofelino, vetor da malária, picando o hospedeiro humano infectado com o plasmódio. É importante ressaltar que é preciso que o *Plasmodium* sp. seja encontrado na forma evolutiva de gametócito no hospedeiro humano e que essa célula gamética seja sugada pelo mosquito durante a picada.

Após ser ingerido pela probóscide do anofelino, o *Plasmodium* sp. migra para o estômago desse mosquito, onde ocorre o processo de diferenciação dos gametócitos em gametas. Após terem se diferenciado os gametas se fundem formando o zigoto. Seguindo seu desenvolvimento, o zigoto se diferencia em oocineto que possui capacidade de locomoção. Essa forma evolutiva migra para a parede do intestino médio do mosquito, onde se diferencia em oocisto, dentro dos quais se formarão os esporozoítas. O tempo de maturação dessa forma evolutiva situa-se em torno de 10 a 12 dias, dependendo da temperatura e da espécie do *Plasmodium* sp. A etapa final do ciclo esporogônico ocorre com a ruptura do oocisto e liberação dos esporozoítos, que migram para a glândula salivar do anofelino. Dessa estrutura do mosquito, os esporozoítas podem ser injetados no hospedeiro humano durante o repasto sanguíneo (Ministério da Saúde 2005).

2.3. Vetores

Seguindo na análise dos agentes do ciclo de infecção da malária, tem-se nas fêmeas do mosquito do gênero *Anopheles*, o anofelino vetor de transmissão dos plasmódios tanto do homem para o homem (antroponose), como do reservatório peri-antrópico/silvestre para o homem (zoonose). Existem dois subgêneros de *Anopheles* que transmitem a malária no Brasil, são eles *Nyssorhynchus* e *Kerteszia* (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994).

No Brasil, o principal vetor é o *Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi* (Root, 1926), que possui distribuição por todo o país e é o único anofelino no qual foram detectados os três tipos de plasmódios de importância epidemiológica no Brasil, *P. vivax*, *P. falciparum* e *P. malariae*. A região Amazônica é onde esse vetor ocorre em maior abundância e onde possui maior relevância epidemiológica (Deane 1986; Cerutti 2007). No estado do Rio de Janeiro o *An. darlingi* esteve presente até o fim da década de 1960 (Carvalho & Rachou 1950), mas atualmente se distribui por nove municípios de acordo com dados de 2009 do Centro de Estudos e Pesquisa em Antropozoonoses do estado do Rio de Janeiro. A paisagem preferencial do criadouro desse vetor ocorre em grandes corpos d'água e em florestas de interior continental, no entanto podem também ocorrer no litoral (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994).

Além do *An. darlingi*, existem duas outras espécies do subgênero *Nyssorhynchus*, que possuem relevância epidemiológica no estado do Rio de Janeiro. A primeira é *Anopheles aquasalis* (Curry, 1932), encontrado em coleções hídricas dotadas de significativa salinidade, sendo comum em todo o litoral atlântico brasileiro, presente em 29 municípios do estado, a maior parte deles litorâneo (I Encontro Macroregional de Malária do Rio de Janeiro 2009). Ressalta-se que essa espécie pode ainda ser encontrada em coleções hídricas afastadas até 150 km do litoral, desde que se situe em solo salino. É vetor potencial apenas em áreas onde apresenta alta densidade (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994, Florez-Mendoza 1994).

A outra espécie de *Nyssorhynchus* de relevância epidemiológica no estado do Rio de Janeiro é *Anopheles albitarsis* (Lynch-Arribáizaga, 1878). Esse anofelino possui a maior distribuição geográfica do Brasil e normalmente se encontra em áreas de planície e baixada. Seu criadouro pode ser em qualquer tipo de coleção hídrica, mesmo as artificiais, no entanto tem preferência pelos alagados em pastos de gramíneas (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994). No estado do Rio de Janeiro, o *An. albitarsis* está distribuído por quase todo território, tendo sido registrado em aproximadamente 70% dos municípios (I Encontro Macroregional de Malária do Rio de Janeiro 2009). É importante ressaltar que o *An. albitarsis* é um complexo de espécies, que

possui diversas espécies crípticas que só podem ser diferenciadas por análises moleculares.

No estado do Rio de Janeiro, o subgênero *Kerteszia* apresenta duas espécies de importância epidemiológica, a saber: *Anopheles cruzii* (Dyar & Knab, 1908) e *Anopheles bellator* (Dyar & Knab, 1906). Essas espécies possuem uma estreita relação com as bromélias de Mata Atlântica, pois sua reprodução está associada à água que fica depositada nas copos dessa epífita. Apesar de semelhantes, esses anofelinos possuem diferenças em sua preferência por habitat. Em relação a *An. cruzii*, sabe-se que possui preferência por bromélias protegidas da luz solar, como aquelas sombreadas pelas copas das árvores. Ocupando bromélias maiores, geralmente localizadas em ambientes mais abertos e expostos a luz solar, tem-se o *An. bellator* (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994). Ambas as espécies possuem sua distribuição bastante semelhante e restrita a aproximadamente 10% dos municípios do estado do Rio de Janeiro (I Encontro Macroregional de Malária do Rio de Janeiro 2009).

2.4. Epidemiologia da Malária no Brasil e seus determinantes

2.4.1. Malária Amazônica e seus determinantes

No Brasil a principal região endêmica para a malária é a Amazônia, concentrando 99,8% dos casos (Oliveira et al. 2010; Siqueira et al. 2016). Trata-se da maior bacia hidrográfica e floresta densa contínua do mundo com elevada biodiversidade. Com clima úmido e cálido, temperaturas altas, porém suportáveis, chuvas rápidas e concentradas (em geral a precipitação é superior a 1.500mm/ano) e cuja distribuição sazonal varia dado que a região é cortada pelo equador, a Amazônia constitui-se num ambiente altamente propício para a reprodução dos anofelinos. Ainda do ponto de vista ambiental cabe salientar que a temperatura média varia de 24°C a 27°C (Ab'Sáber 2003), no entanto pode variar muito ao longo dos dias e meses, podendo chegar a níveis acima dos 40° C.

Do ponto de vista sociodemográfico, a Amazônia tem sucessivos movimentos ou ciclos de ocupação humana gerando um contexto altamente favorável à transmissão da malária e ao mesmo tempo altamente desfavorável

ao seu controle ou eliminação. Pode-se dividir os perfis epidemiológicos da malária na Amazônia em dois grupos: o primeiro situa-se em áreas naturais com presença maciça de florestas e de baixa densidade populacional, como aldeias indígenas e comunidades ribeirinhas. O outro contexto se dá em áreas com grandes alterações ambientais promovidas pelo homem, como periferias urbanas, áreas de mineração ou regiões de expansão de agricultura (Angelo 2015).

Nesses distintos ciclos de ocupação humana do território, ao longo dos séculos, a ocupação da região Amazônica esteve relacionada a diferentes ciclos econômicos. O primeiro de grande expressão foi o ciclo da borracha, que se dividiu em duas etapas: antes da Primeira Guerra Mundial e durante a Segunda Guerra Mundial. Esse período foi responsável por um dos maiores fluxos migratórios no Brasil (Angelo 2015). É importante salientar que esses migrantes vêm de área não endêmica e por isso não possuem imunidade para a malária, estando mais susceptíveis a adoecer.

Ainda nesse contexto dos ciclos da borracha, um evento ocorrido no início do século XX (1907-1912) se mostra importante na história da Malária na região Amazônica. A construção da ferrovia Madeira-Mamoré, que ligaria a cidade de Porto Velho a cidade de Guarajá-Mirim, em Rondônia, com a finalidade de escoar a produção da borracha Amazônica, gerando um dos eventos mais severos em termos de saúde pública no país. Um contingente extraordinário de trabalhadores que estavam construindo a estrada adoeceram, sendo grande parte deles por malária (Benchimol & Silva 2008).

Mesmo com todo esse fluxo migratório apontado até aqui, a Amazônia da metade do século XX (1950-1960) era uma grande ilha, desconectada do Brasil, seja fisicamente (rodovias, ferrovias), seja em termos de fluxos socioeconômicos (Angelo 2015; Becker 2007). No período de 1970-1980, inicia-se um processo de ocupação mais intenso da região Amazônica, a partir do Programa de Integração Nacional, com profundas mudanças estruturais em sua composição (Becker 2007). De uma Amazônia extremamente extrativista, tem-se a transformação desse território em uma área com presença de empreendimentos, de indústrias e da agricultura em larga escala que virá a

transformar diversas dinâmicas regionais, em diferentes escalas, inclusive a dinâmica de transmissão da malária.

No período de 1980-1985, a malária mais que duplica na região Amazônica e esse aumento se concentra em apenas 20 municípios (Barata 1995). Os contextos de ocorrência da doença nesse espaço-tempo são principalmente assentamentos rurais e áreas de mineração. É oportuno observar a ligação da malária com localidades onde há grande alteração antrópica em curso.

A partir do início dos anos 90, a malária passa a estar presente em todos os estados da Amazônia Legal, região essa constituída pelo governo brasileiro como um instrumento jurídico-político com a finalidade planejar e promover o desenvolvimento social e econômico dos estados da região Amazônica. Analisando o contexto dessa malária, tem-se que continua associada aos assentamentos rurais e áreas de mineração.

Os assentamentos rurais possuem uma dinâmica de formação que propicia a malária de forma determinante. Ao se assentarem nas localidades, os habitantes desmatam a floresta para construir suas plantações e casas, normalmente localizadas próximos a água, local de reprodução dos anofelinos. Essas transformações ambientais favorecem a proliferação e manutenção dos mosquitos vetores (Castro & Singer 2007).

As áreas de mineração, principalmente as ilegais se caracterizam por habitações com baixa infraestrutura e com alterações ambientais de grande magnitude, dinâmica que é favorável a reprodução do vetor, pelo aumento do número de criadouros (Peiter 2005). Ademais, os garimpos possuem uma dinâmica de fluxo de garimpeiros que migram de um garimpo esgotado para outro com maiores quantidades de minerais preciosos e nesse fluxo podem levar consigo os parasitos da malária. Caso haja presença de vetor com capacidade de transmitir o parasito para outras pessoas, a malária pode ser introduzida ou reintroduzida (Angelo 2015).

Ainda pode-se observar no Brasil nesse período, a presença dos contextos malarígenos oriundos das centrais hidrelétricas, que em seu processo de construção geram grandes alterações ambientais e sociais. A malária está presente em diferentes fases da construção de um

empreendimento dessa categoria. Na fase de construção do empreendimento há um processo de desmatamento que pode gerar contextos malarígenos, assim como as migrações podem trazer o parasito de volta para áreas onde a malária foi eliminada (Couto 1996; Angelo 2015). Caso ainda haja o vetor nessas áreas, a malária pode ser reintroduzida.

Na fase de operação do empreendimento ocorre a construção de grandes lagos que são a energia potencial para a geração de energia elétrica pelas usinas. Esses grandes lagos são o criadouro ideal para a principal espécie de anofelino no Brasil, o *An. darlingi* (Couto 1996, Angelo 2015). A geração de energia a partir de centrais hidrelétricas faz parte da matriz energética do Brasil (Becker 2012) e é importante que a malária seja sempre pensada nesse contexto.

Durante a década de 90, há uma tendência a redução no número de casos em sete dos nove estados da Amazônia Legal, tendo sido registrado o crescimento apenas nos estados do Amazonas e Pará (Tauil 2010). Nesse período há uma reestruturação da Zona Franca de Manaus, que é um modelo de desenvolvimento econômico-regional implementado pelo governo brasileiro com a finalidade de viabilizar uma base econômica, visando a integração e soberania nacional. Nesse período, entra em vigor uma nova fase desse modelo, com uma nova política industrial e de comércio exterior, evidenciando a abertura da economia brasileira (http://www.suframa.gov.br/zfm_historia.cfm).

Esse processo aponta para um novo modelo de desenvolvimento na Amazônia, que irá modificar a estrutura sócio espacial de toda a região, onde se destaca o crescimento demográfico, principalmente nos centros urbanos, e pelo aumento do fluxo migratório. De acordo com o Censo 2000, 70% da população amazônica está presente em centros urbanos (Becker 2005).

Saraiva e colaboradores (2009) demonstram a expansão urbana da cidade de Manaus no período de 1986 à 2005 e a reintrodução da transmissão autóctone no perímetro urbano ao longo desse processo. Essa malária urbana ocorre nas áreas periféricas da cidade, onde há presença florestal maciça. Essas populações geram alterações ambientais que aumentam a densidade do vetor anofelino, como o desmatamento e a produção de corpos hídricos, esses últimos servindo como criadouros do mosquito vetor.

Segundo Becker (2007), atualmente a Amazônia Legal pode ser dividida em três macrorregiões (Figura 2), dentro das quais a malária possui diferentes determinantes e seu controle deve ser pensado de forma diferenciada em cada uma delas. A primeira macrorregião é a Amazônia Oriental (Meridional) que se caracteriza por ser a região de ocupação mais consolidada, onde há a agricultura de soja em grande escala, grandes áreas de mineração e pecuária extensiva. Os estados que compõem essa macrorregião são Tocantins, Mato Grosso, parte de Rondônia, uma grande parte do Maranhão, as regiões leste do Pará, do Amapá e uma pequena parte do Acre. Essa é uma macrorregião muito distinta do restante da Amazônia Legal, principalmente em termos ambientais, pois não se trata de bioma Amazônico e sim de Bioma Cerrado.



Figura 2 - Divisão da Amazônia Legal, segundo Becker (2007).

A outra macrorregião da Amazônia legal é a Central. Esse território é constituído por partes de três estados: as regiões oeste do Pará e do Amapá e a região leste do Amazonas. Essa macrorregião se caracteriza por ser um território de transição entre a Amazônia Oriental e a Ocidental. Se trata de uma frente de expansão do modelo de desenvolvimento adotado na macrorregião Oriental, com a expansão da agricultura de soja, da pecuária extensiva e da

exploração de minerais preciosos presentes na região (Becker 2007). É importante que se tenha em mente o contexto típico de malária presente aqui, que ocorre nos assentamentos e nos garimpos, já mencionados anteriormente.

A última macrorregião da Amazônia Legal é a ocidental que abrange os estados de Roraima, Amazonas e a parte oeste do Acre. Essa região se caracteriza por não ter sido afetada pelos eixos de integração e desenvolvimento do Brasil. É uma região de natureza muito conservada, onde o Bioma Amazônico se expressa de forma mais intensa. Socialmente a região se caracteriza pela presença do narcotráfico e das grandes fronteiras nacionais. Vale destacar que essa é a região com maior incidência de malária na Amazônia Legal.

Nesse sentido, destaca-se que a região Amazônica produziu em 2013 cerca de 178 mil casos de malária (Pina et al. 2014). O estado do Amazonas totalizou o maior número de casos da região com 77.334 casos, seguido do Acre, com 34.102 casos (Figura 3). O estado do Pará, com 24.736 casos foi o terceiro e o Amapá com 15.291 casos foi o quarto. Em seguida, todos com menos de 10.000 casos, Roraima com 8.576 casos, Maranhão (1.969), Mato Grosso (1.237) e Tocantins (34).

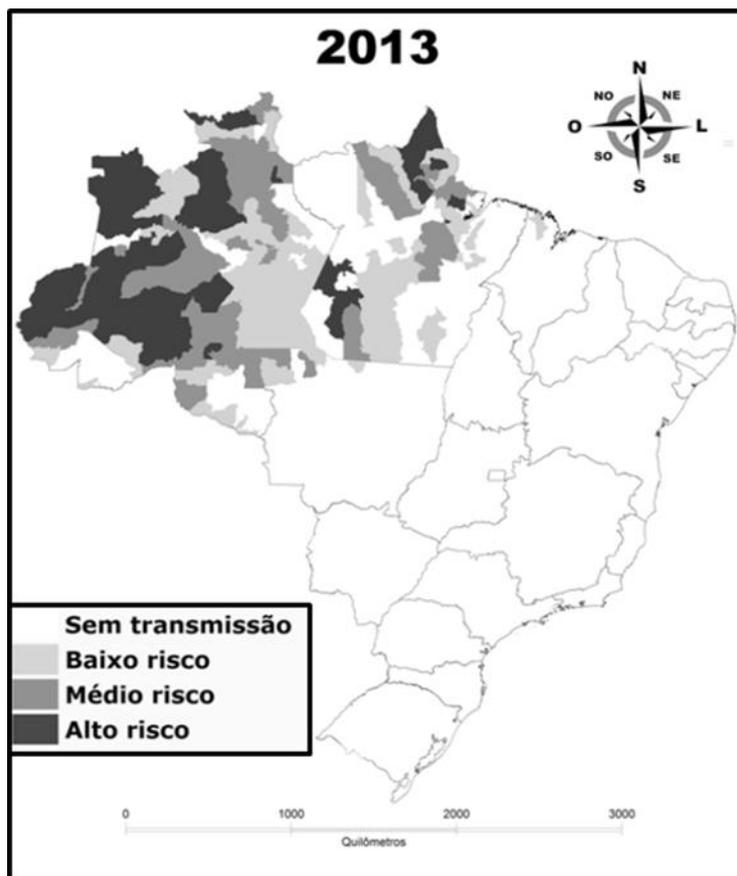


Figura 3 - Estratificação de áreas de risco para malária no Brasil no ano de 2013. Adaptado do Boletim Epidemiológico da Secretaria de Vigilância em Saúde – MS.

No último ano epidemiológico em 2015, a região Amazônica registrou 142.648 casos de malária confirmados por diagnóstico (Sistema de Informação em Vigilância Epidemiológica da Malária – SIVEP / Malária – Figura 4). Desse total, 137.954 casos foram autóctones, enquanto 4.697 foram importados de outro país (há uma pequena incongruência no somatório desses casos, onde há três casos a mais que o total para a região). Nota-se que de 2013 para 2015 houve uma redução de aproximadamente 20% no total de casos para a região, o que é uma porcentagem significativa, apontando para o sucesso dos esforços do país em tentar reduzir o impacto desse agravo sobre as populações amazônicas.

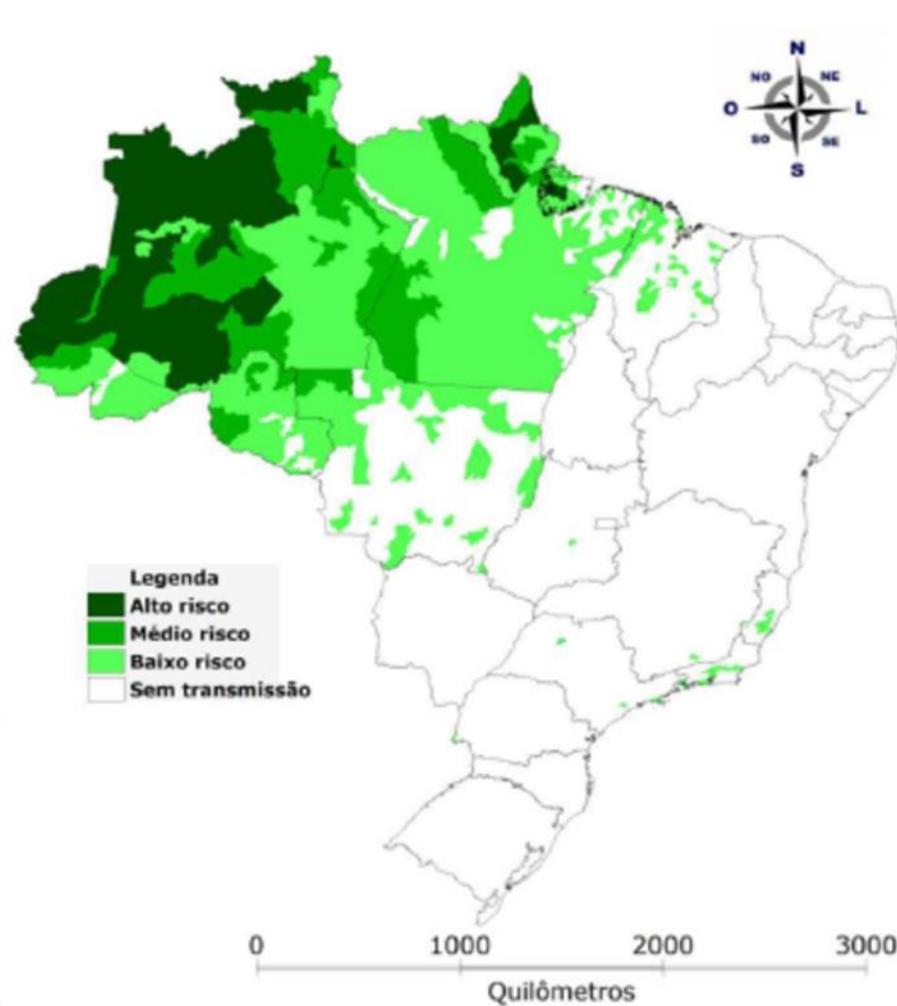


Figura 4 - Mapa de risco de malária por município de infecção, Brasil. Ministério da Saúde 2015.

Essa tendência acompanha um padrão temporal mais extenso na região, que demonstra uma queda no número de casos desde o ano de 2006 (Lapouble et al. 2015). Esse padrão de redução no número de casos possivelmente está relacionado aos esforços do Programa Nacional de Controle de Malária (PNCM) que vem adotando uma série de medidas para o controle da doença na região, dentro das quais destaca-se a criação da portaria 47 pela Secretaria de Vigilância em Saúde. Essa portaria versa sobre os instrumentos e procedimentos necessários para o licenciamento ambiental de assentamentos e empreendimentos na região Amazônica, obrigando-os a ter um plano de controle para a malária antes da instalação. Além disso, o PNCM implementou: “novos esquemas de tratamento para malária,

mosquiteiros impregnados com inseticidas de longa duração, a supervisão, controle de qualidade e monitoramento do desempenho dos diagnósticos, testes de diagnóstico rápidos em áreas de difícil acesso, sistema de detecção e alerta de epidemias”, dentre outras medidas (Lapouble et al. 2015).

Nesse sentido e para finalizar essa seção, salienta-se que a malária possui forte associação com a forma do uso e da ocupação da terra e o comportamento humano associado a ela, como descrito até aqui. Embora com tendência de queda na maior parte da Amazônia entre os anos 2000 e 2015 (PAHO 2017), a malária persiste em determinados espaços como garimpos, áreas de pecuária, áreas de extração de madeira, áreas agrícolas, assentamentos de colonização, nas estradas em construção e nas usinas hidroelétricas, atingindo primordialmente populações indígenas, migrantes e assentados rurais (Santos et al. 2009). É importante que se pense nesses contextos e em como eles atingem populações negligenciadas pelo poder público nacional. As políticas e programas que venham a ser construídas com finalidade do controle e/ou eliminação, não devem deixar de analisar o fato de que a malária não é uma doença sem perfil epidemiológico e deve haver foco nos grupos populacionais mais vulneráveis, como já vem sendo feito pelo Programa Nacional de Controle da malária (PNCM).

2.4.2. Malária Extra-Amazônica

A malária no Brasil atualmente é uma endemia típica da região Amazônica, como pode se ver até aqui. No entanto, não é o único contexto no qual a malária ocorre no Brasil. Na primeira metade do século XX, a malária estava presente em todo o território nacional e haviam outras duas regiões endêmicas no país para o paludismo, o Vale do São Francisco e a Baixada Fluminense do estado do Rio de Janeiro, na época capital do país, concentrando grande parte da elite política e intelectual da jovem república (Hochman et al. 2002).

Nesse período, o Instituto Oswaldo Cruz (IOC) iniciou um processo de reflexão sobre a saúde no país com a produção dos relatórios das expedições de Chagas, Neiva & Faria (1906), de Lutz & Machado (1915) e de Neiva & Penna (1916), que descrevem seus trabalhos expedicionários à região da

Baixada Fluminense, do Vale do São Francisco e aos estados do Piauí, Pernambuco, Bahia e Goiás. A síntese dessa reflexão aponta para um Brasil rural abandonado, entregue ao atraso e as doenças infecciosas, como a doença de Chagas, o bócio endêmico, a ancilostomose e também a malária.

2.4.2.1. Malária do Vale do São Francisco

O Vale do São Francisco é constituído por toda a área às margens do rio São Francisco e é composto principalmente pelos estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas (Figura 5). O vale é dividido em quatro sub-regiões, a saber: alto, médio, sub-médio e baixo São Francisco (Figura 6). O Alto São Francisco compreende a região que começa na Serra da Canastra, em Minas Gerais e abrange parte dos estados de Goiás, do Distrito Federal e uma parte do extremo sul da Bahia. O Médio São Francisco compreende a região que vai do extremo sul da Bahia até a Barragem de Sobradinho, também na Bahia. O Sub-médio São Francisco começa logo após a Represa de Sobradinho e se estende até a Barragem de Paulo Afonso, também na Bahia. O Baixo São Francisco se inicia após a Barragem de Paulo Afonso e termina em Alagoas, onde se encontra a foz desse rio (CBHSF 2004).



Figura 5 - Região do Vale do São Francisco. Fonte: <http://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/5/1343valesaofrancisco.jpg>



Figura 6 - Subdivisão da região do Vale do São Francisco. Fonte: <http://www.cibergeo.org/XSBGFA/eixo3/3.3/209/image002.jpg>

Segundo Lutz & Machado (1915) em seus relatos da viagem pelo rio São Francisco, a malária era predominante ao longo de todo o vale desse rio. Essa incursão promovida pela Inspetoria de Obras contra as Secas do Ministério da Viação e Obras Públicas em parceria com o Instituto Oswaldo Cruz, foi iniciada no município de Pirapora-MG e teve seu fim no município de Juazeiro-BA. Os povoados dessa região eram de baixa densidade populacional de forma geral, com vilas com cerca de 200 casas. Há alguns núcleos urbanos, no entanto a estrutura demográfica da época era diferente da que se tem nos dias de hoje, tendo as maiores cidades entre 10.000 e 25.000 habitantes, dentre elas Petrolina-PE, Juazeiro-BA, São Francisco-MG e Januária-MG. As principais atividades produtivas da região eram a agricultura, o extrativismo e as criações, nas pequenas vilas, o comércio e a indústria, nos núcleos urbanos. Essas cidades se localizavam sempre próximas ao rio São Francisco, onde após as cheias do rio se formavam grandes poças e lagos, que serviam de criadouros para os mosquitos anofelinos, principalmente o *An. darlingi*, na época conhecido como *Cellia argyritarsis* (Deane 1989). É importante destacar

que a malária dessa região, encontrada em quase todas as vilas e cidades visitadas, apresentava-se de forma leve, sem grandes complicações clínicas, sendo as epidemias e casos graves, raros.

Esse era o contexto da malária da região do Vale do São Francisco até o início da estruturação de políticas públicas voltadas para o combate as endemias rurais do país e a estruturação de diversas estruturas estatais com finalidade de melhorar a saúde pública nacional.

2.4.2.2. Malária da Baixada Fluminense

A outra região Extra-Amazônica que apresentava um contexto epidêmico para a malária no Brasil na primeira metade do século XX era a Baixada Fluminense do estado do Rio de Janeiro. É importante entender que o conceito de Baixada Fluminense é diverso (Santos 2007), podendo ser entendido de forma histórico-política (sentido restrito) ou de forma geográfica-ambiental (sentido amplo). O sentido restrito de Baixada Fluminense se remete a região ao norte do município do Rio de Janeiro e é composta pelos municípios de Nilópolis, Mesquita, São João de Meriti, Belford Roxo, Nova Iguaçu e Duque de Caxias. Quando se fala da malária na Baixada Fluminense do Rio de Janeiro, não é a essa regionalização a qual se está referindo. A malária do estado do Rio de Janeiro ocorreu na região que abrange toda a área de planície entre o litoral e a Serra do Mar, compreendendo toda a baixada do município de Campos dos Goytacazes até o município de Itaguaí (Figura 7).

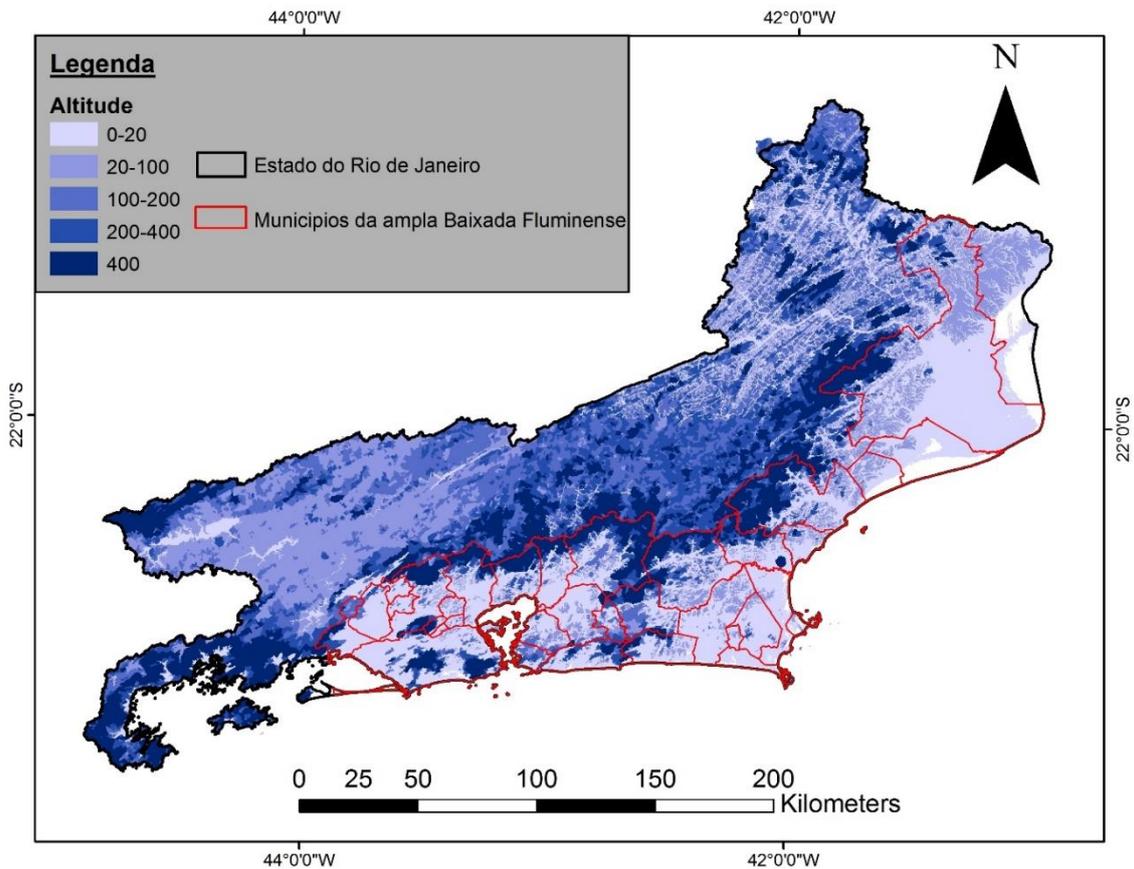


Figura 7 - Regionalização da baixada fluminense segundo os critérios geográficos e ambientais (geomorfológicos), sendo a região na qual ocorria a malária no estado do Rio de Janeiro antes das medidas de intervenção.

Essa região era, e ainda é, caracterizada por diversos tipos de relevo, sendo uma planície aluvionar com morros distribuídos por quase toda sua extensão. No início do século XX, as características da Baixada Fluminense eram bastante distintas das que se tem hoje em dia, tanto em aspectos ambientais, como sociais e econômicos. Havia e ainda há a presença de inúmeros rios, que ao desembocarem no mar dão origem a estuários. Os mangues eram abundantes ao longo do litoral, assim como era comum a presença de muitos pântanos nas regiões mais internas dessa baixada. Os primeiros naturalistas a descrever essa região no século XIX, destacam a dificuldade de navegação em diversos pontos dos rios pela presença de lamaçais (Fadel 2006). É notável a presença de extensas áreas florestadas, fator que influencia de forma determinante na pluviosidade da região. Essas chuvas possuem um papel importante na formação dos pântanos e lamaçais,

como aponta Fadel (2006). Além dessas questões, uma característica importante da baixada Fluminense é a fertilidade do solo, propício para o plantio de inúmeros produtos agrícolas como o café, a laranja, a mandioca, cana-de-açúcar, dentre outros.

Essa paisagem traçada até então (meados do século XIX), ainda não era tida como uma paisagem insalubre, apesar de já terem ocorrido alguns eventos epidêmicos na região. Um exemplo é o evento epidemiológico no início do século XIX que mudou a estrutura ocupacional da área a leste da Baía de Guanabara. Uma epidemia de febre assolou a região no ano de 1829, tendo ocorrido mais dois surtos nos anos de 1836 e 1839. O resultado em termos demográficos foi que a principal freguesia da região (Santo Antônio de Sá) passou de 19.136 habitantes em 1821, para cerca de 7.000 em 1845. Além da malária, a febre tifoide também foi responsável por esses eventos epidêmicos (Machado 1998).

Nesse sentido, alguns fatores foram determinantes para o estabelecimento da malária como um problema de saúde pública nessa região. O primeiro fator foi as construções das estradas de ferro, que tinham como finalidade o escoamento da produção dos produtos agrícolas, como o café e a cana de açúcar dessa região e de outras regiões para os portos litorâneos da capital. As estruturas dessas estradas passaram a impedir o escoamento das águas da baixada, que naturalmente já não ocorria de forma a impedir a formação dos pântanos, que por sua vez são criadouros naturais de diversas espécies de anofelinos, dentre os quais o *An. darlingi*, principal vetor da malária, presente na área naquela época (Fadel 2006).

Outro fator determinante para o aumento da malária da região é o extração das florestas. Inicialmente o desmatamento ocorria para a utilização da madeira para diversos fins. Em seguida foram as plantações da região, que precediam um desmatamento de extensas áreas. Esse desequilíbrio ambiental (desmatamento) também favorece a proliferação do *An. darlingi*, pelo menos no momento inicial do desmatamento (Penna 1921).

A substituição do transporte fluvial pelo transporte ferroviário, veio a reduzir as ações de saneamento, limpeza e desobstrução dos rios, fator que aumentava a acumulação de água e a formação de pântanos, sendo outro fator

a aumentar o potencial malarígeno na região. Por último, a exaustão dos solos causado pelas monoculturas da região, gerou um empobrecimento das populações que permaneceram nas antigas áreas agrícolas. Essas populações estariam extremamente expostas a malária, naquele tempo (Penna 1921; Fadel 2006).

Sendo assim, a região da baixada fluminense passa a ser uma área com alta endemicidade para a malária, registrando diversos episódios epidêmicos ao longo da primeira metade do século XX. Em 1907, Arthur Neiva e Carlos Chagas iniciam um projeto de profilaxia contra a malária na região noroeste da baixada fluminense (também a margem da Serra do Mar), visto que a maior parte dos 4.000 trabalhadores, que participavam da adução das águas dos rios Xerém, Mantiqueira e seus afluentes para o abastecimento do Rio de Janeiro (capital do Brasil) estavam infectados com o plasmódio (Benchimol et al. 2008).

Mesmo com esses esforços, um estudo epidemiológico foi feito durante a década de 1920 pela Fundação Rockefeller nos municípios de Magé (hoje em dia o mesmo território abriga Magé e Guapimirim), Sant'Anna de Japuyba (futura Cachoeiras de Macacu) e em dois vilarejos de Itaboraí (Porto das Caixas e Itamby), todos situados na região que se estende do platô da Serra do Mar até a área de baixada ao leste da Baía de Guanabara. Os resultados revelaram que havia 40% de prevalência de *P. vivax* na população e 51% das crianças menores de um ano de idade estavam infectadas. Ressalta-se no estudo o fato do vilarejo de Itamby ter registrado alta incidência de *P. falciparum*, responsável pela forma grave da malária.

Esse era o contexto da malária na região da baixada fluminense até esse período, a partir do qual diversas estruturas e ações serão construídas com o intuito de reduzir não só a incidência de malária, como de outras doenças infecciosas, nessa e em outras regiões do país.

2.4.2.3. Marcos das políticas públicas para o controle e erradicação da malária Extra-Amazônica

A primeira iniciativa para melhorar as condições de vida e saúde das populações do Brasil se dá com a criação da Liga Pró-Saneamento do Brasil, liderada por Belissário Penna, um dos missionários do IOC nas expedições

pelos rincões do país. Essa liga tem como objetivo principal a criação de um órgão de saúde pública de âmbito federal que organizasse ações de saúde pública em todo o território nacional, como parte de um projeto nacionalista que visava a modernização do Brasil na primeira república.

Como resultado dessa intensa campanha política, em 1919 foram criados o Serviço de Profilaxia Rural e o Departamento Nacional de Saúde Pública, que foram unificados e deram início ao processo de interiorização dos serviços de saúde no país para o combate das endemias rurais, dentre elas a malária, modificando a ênfase da saúde pública apenas às regiões urbanas de maior relevância econômica. A principal ação desse processo foi a instalação de postos de Profilaxia Rural que visavam estabelecer medidas de prevenção da saúde da população, principalmente com relação as doenças infecciosas, dentre elas a malária.

Fortalecendo essa política, em 1923 foi firmado um convênio com a Fundação Rockefeller que teve como objetivo a cooperação médico-sanitária para erradicação das endemias do país. Dentro dessa pactuação, ressalta-se a formação de 70 médicos brasileiros na Universidade John Hopkins, que fortaleceu a mão de obra brasileira para lidar com as questões sanitárias relativas às endemias tropicais (Varga 2007).

Essa tendência se torna ainda mais forte na década de 1930 com a criação do Ministério da Educação e Saúde Pública. Nesse período a saúde do país como um todo, e não só dos núcleos urbanos, começava a ser considerada fundamental para o desenvolvimento do Brasil (Mello 2007), fruto das campanhas sanitaristas capitaneadas por Belissário Penna.

Em 1936, ocorre a aprovação de uma reforma no Ministério da Educação e Saúde Pública que redefine alguns princípios de atuação do mesmo, inclusive seu nome é modificado para Ministério da Educação e Saúde. Essa reforma visava melhorar os processos administrativos e de gestão dessa pasta, com o objetivo de centralizar e verticalizar esses processos. Essa reforma viria a criar ao longo do tempo as Delegacias Federais de Saúde, os Serviços Nacionais (dentre os quais o de malária) e a Conferência Nacional de Saúde. Nesse período, destaca-se a campanha de combate ao *Anopheles gambiae* no Nordeste brasileiro, que foi responsável pela criação do primeiro

serviço com essa finalidade, o Serviço de Malária do Nordeste, extinto logo após a eliminação do mosquito (Mello 2007).

Dentro da construção de estruturas para o combate e controle da malária, destaca-se o Serviço Nacional de Malária (SNM), criado em 1941, com o objetivo de organizar e executar o plano nacional de combate à malária, o Serviço Especial de Saúde Pública em 1943, que era uma parceria entre Brasil e Estados Unidos com finalidade de sanear regiões estratégicas e formar profissionais para a saúde pública, e a criação do Instituto de Malariologia, em 1946, voltado para pesquisa e investigação científica. Essas estruturas foram fundamentais no combate e controle da malária em várias regiões do país.

No ano de 1953, ocorre a criação do Ministério da Saúde, que conferiu um novo estatuto as questões de saúde pública no país, questão que se consolidará com a estruturação do Departamento Nacional de Endemias Rurais (1956), que foi responsável pelo combate as endemias rurais brasileiras na época, inclusive a malária.

De forma geral, as medidas de controle adotadas por essa estrutura pública constituída na primeira república estavam voltadas para o saneamento e a drenagem de rios estratégicos e a aplicação de larvicidas nos criadouros dos mosquitos, como ocorreu nas obras de drenagem de rios da baixada fluminense, como os rios Guapiaçu e Macacu, no ano de 1933 (Machado 1998). No caso desses rios, após as medidas de intervenção houve notável redução dos casos (Fundação Rockefeller 1928).

Passadas aproximadamente duas décadas da execução dessas medidas, Carvalho e Rachou fizeram um estudo que apontou as principais áreas endêmicas do estado do Rio de Janeiro. Em suas análises, a região da baixada fluminense continuava a ser considerada de grande endemicidade para a malária, mesmo após as medidas de intervenção. Sendo assim, no ano de 1947 o Serviço Nacional de Malária incorporou o processo de intervenção de aplicação intradomiciliar de inseticida (DDT) contra os vetores da malária em todo o estado, incluindo a região da baixada fluminense.

A mesma estratégia de combate ao mosquito com aplicação de inseticida intradomiciliar foi utilizada na região do vale do São Francisco, nos estados da Bahia, Alagoas e Sergipe, e no estado de Minas Gerais, a partir de

1950. Conjuntamente com a aplicação dessa estratégia, foram utilizadas as antigas técnicas de saneamento ambiental hidrográfico e ações antilarvárias (Mello 2007; Varga 2007).

No ano de 1965, o governo brasileiro intensificou as ações de controle da malária a fim de erradicá-la do país. As estratégias se focavam na borrifação intradomiciliar do DDT e no uso de drogas antimaláricas para acabar com as fontes de infecção da doença. Esses esforços acabaram por eliminar a transmissão da doença em alguns estados das regiões Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste, restando apenas alguns focos isolados da doença na região Extra-Amazônica (Braz et al. 2003).

Desse período para frente, alguns surtos foram identificados na região Extra-Amazônica brasileira. Segundo Pina e colaboradores (2014) os estados de Santa Catarina (84 casos – 1996 a 2001), Minas Gerais (471 casos – 1980 à 1992), São Paulo (9 e 10 casos – 1981 e 1984, respectivamente), Ceará (402 casos – 2002) e Piauí (109, 26, 5 e 14 casos – 2004, 2010, 2011 e 2013, respectivamente) registraram surtos, sejam de malária autóctone não introduzida ou introduzida. Em um debate entre Tauil, Deane, Sabroza e Ribeiro publicado na revista “Cadernos de Saúde Pública”, publicado em 1985, Tauil já afirmava que diversas áreas na região Extra-Amazônica devem manter a vigilância epidemiológica ativa e aponta algumas regiões estratégicas como o Recôncavo Baiano, o Espírito Santo, a região da Baixada Fluminense (político-administrativa) no estado do Rio de Janeiro, assim como alguns lugares no Vale do São Francisco como importantes de serem vigiados (Tauil et al. 1985).

2.4.2.4. Atual conjuntura epidemiológica da malária Extra-Amazônica

Fora da região amazônica, existem atualmente três tipos de casos de malária: 1) casos importados, que são aqueles na qual a infecção ocorreu fora da área em que o diagnóstico foi feito; 2) os casos autóctones não introduzidos, que são aqueles em que o local de infecção se encontra na mesma área em que o diagnóstico foi feito e no qual existe um ciclo de infecção estabelecido; 3) os casos introduzidos (secundários), que são aqueles oriundos de uma primo infecção originada por um caso importado. Ressalta-se que nesse último caso é necessário que a área possua receptividade para a malária, que se configura

com a presença do vetor anofelino com capacidade de transmissão do parasita (Pina-Costa et al. 2014; Lorenz et al. 2015).

Lorenz e colaboradores (2015) fizeram uma análise ampla sobre a distribuição espacial e temporal dos casos de malária Extra-Amazônica no período de 2007 à 2014. Os tipos de caso foram divididos em duas categorias: 1) casos importados e 2) casos autóctones e introduzidos. Essa última categoria não foi desagregada porque o banco de dados do SINAN não possui uma variável que os distinga. Sendo assim, registrou-se na região um total de 6.092 casos de malária Extra-Amazônica no país nesse período, dos quais 5.416 (88,9% do total) foram importados (Figura 8) e 676 (11,1%) foram autóctones/introduzidos (Figura 9). A distribuição temporal mostra que ao longo do período houve uma redução na incidência tanto nos casos importados como nos casos autóctones/introduzidos.

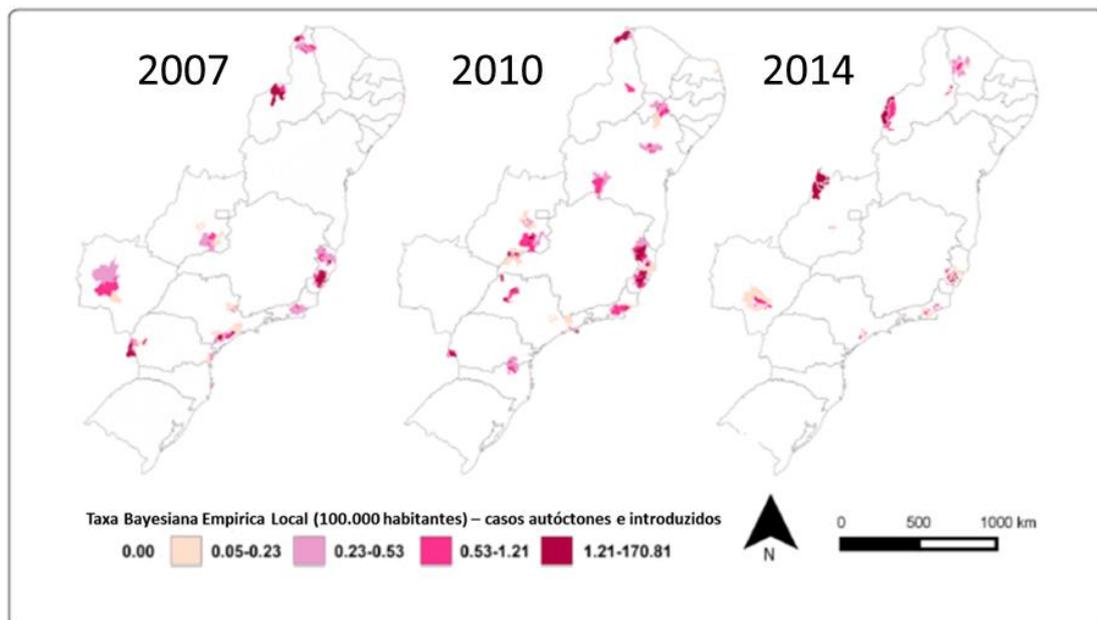


Figura 8 - Distribuição espacial da taxa Bayesiana Empírica Local de casos autóctones e introduzidos de malária na região Extra-Amazônica no período de 2007 a 2014. Fonte: Lorenz et al. 2015.

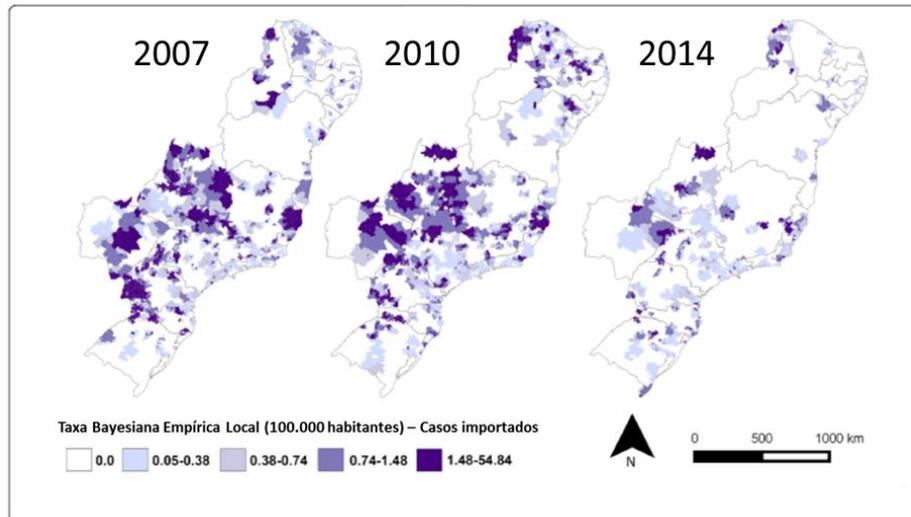


Figura 9 - Distribuição espacial da taxa Bayesiana Empírica Local de casos importados de malária na região Extra-Amazônica no período de 2007 a 2014. Fonte: Lorenz et al. 2015.

2.4.3. Atual conjuntura epidemiológica da malária no estado do Rio de Janeiro

Atualmente, o estado do Rio de Janeiro é considerado detentor apenas de focos residuais de malária. Em um estudo de Miguel e colaboradores (2014), foram identificados 808 casos confirmados de malária no estado no período de 2002 a 2010, sendo 773 importados e 35 autóctones/introduzidos (95,7 e 4,3% do total de casos, respectivamente). Ressalta-se que os bancos de dados, tanto das secretarias de saúde, como do SINAN, não permitem a distinção entre as categorias autóctone e introduzidos. Essa distinção se mostra importante para a vigilância epidemiológica dos casos.

A caracterização epidemiológica desses perfis de malária no estado do Rio de Janeiro pode ser dividida em três categorias. A primeira categoria engloba os casos autóctones não introduzidos, típicos de vales montanhosos cercados pelo bioma de Mata Atlântica. Em 2012, 26 municípios que possuem Mata Atlântica em seu território detectaram casos de malária. A transmissão desse agravo nesse contexto está associada aos vetores do subgênero *Kerteszia*, os quais possuem as bromélias como criadouros (Pina-Costa et al. 2014).

Outro contexto de ocorrência da doença é chamado de malária importada. Nesse perfil epidemiológico do agravo, o caso é diagnosticado fora

do território no qual houve a infecção. Sendo assim, ele não possui um contexto ambiental específico de ocorrência e está relacionado com o local de destino do paciente infectado. Esse tipo de contexto da malária gera um problema em termos de vigilância e diagnóstico. Por possuir baixo número de registros, essas regiões estão sujeitas a negligenciar os casos de malária ocorridos em seu território, seja pela pouca experiência dos técnicos em diagnosticá-la, seja pelo enfraquecimento do trabalho da vigilância epidemiológica (Limongi et al. 2008; Costa et al. 2010). Essa questão fica evidente quando se compara a letalidade por malária em área amazônica e Extra-Amazônica. Enquanto na primeira ela é de 0,018%, na segunda chega a 1,27%, mostrando que a letalidade na região Extra-Amazônica é mais de 70 vezes superior à da região Amazônica (Oliveira et al. 2010).

O último perfil de ocorrência da malária no estado do Rio de Janeiro combina fatores da malária autóctone não introduzida com fatores da malária importada. Esse contexto é de autoctonia, no entanto está associado a casos secundários, que tiveram como primo-infecção um ou mais casos de malária importada. Para que haja casos secundários é preciso que o território seja receptivo para a malária e essa receptividade territorial está associada a presença do vetor e de condições ambientais favoráveis a transmissão de malária (WHO 2007a). O estado do Rio de Janeiro, como visto em uma seção anterior, foi endêmico para a malária até aproximadamente metade do século XX (Hochman et al. 2002) e atualmente ainda possui diversas espécies do subgênero *Nyssorhynchus*, o que torna certas áreas desse território receptivas para a malária.

A WHO (2007) classifica os diferentes tipos de foco de infecção de malária de acordo com sua temporalidade (residual ou novo) e de acordo com a presença da transmissão (não-ativo, ativo ou potencial). Sendo assim, pode haver quatro classes de foco: (1) residual não ativo, no qual não há transmissão e nem casos autóctones, no entanto há a possibilidade de restabelecimento da doença; (2) residual ativo, onde a transmissão é restrita, no entanto não foi interrompida; (3) potencial novo, onde apesar de não haver transmissão, existe a presença de casos importados e a reativação do foco é possível e (4) novo ativo, que pode ser de primeiro grau, onde existem apenas

novos casos introduzidos, ou pode ser de segundo grau, onde a malária está estabelecida através da presença de casos autóctones. A região do estado do Rio de Janeiro que se estende da Serra do Mar ao leste da Baía de Guanabara tem o potencial para abrigar os quatro tipos de foco.

O Programa Nacional de Controle da Malária (PNCM) e a OMS (2007) tem como um de seus objetivos a redução da incidência da malária em áreas de focos residuais assim como evitar a reintrodução da doença em áreas previamente indenes. A conjuntura do estado e da região específica em questão aponta para a importância da continuidade da vigilância epidemiológica, tanto dos casos humanos como da vigilância entomológica (Ministério da Saúde 2009).

2.5. Vetores de transformação espacial: empreendimentos industriais

Com o processo de globalização, há novos padrões migratórios mundiais, todos se processando com extrema rapidez. Junto com essas pessoas que viajam e circulam pelo mundo, têm se agentes etiológicos de doenças infecciosas circulando. Os processos de crescimento de alguns países em desenvolvimento, produzem um processo de urbanização acelerado e desorganizado, que gera diversos problemas de saúde de igual grandeza (Susser et al. 1998).

A relevância da região em questão não se dá apenas pela endemicidade pretérita de malária e pela presença de focos residuais e potenciais no presente. A presença de grandes empreendimentos, como o Comperj da Petrobrás no município de Itaboraí, aponta para um alto fluxo migratório em todo o estado devido a esses atratores. A presença de um empreendimento dessa magnitude altera a estrutura e dinâmica social, econômica, ambiental e cultural da região. O processo de urbanização com seus aspectos de adensamento populacional, migração, crescimento das edificações, aumento dos fluxos (pessoas, energia, mercadorias e informação) e surgimento de forças político-econômicas de caráter global alteram constantemente as estruturas dos territórios nos quais eles estão presentes (Silveira, 1999). Esses fatores podem acarretar numa mudança nos padrões epidemiológicos da malária residual dessa região.

Perguntas

Existem algumas questões principais levantadas pelo presente projeto:

- 1) Qual o perfil epidemiológico de malária no estado do Rio de Janeiro no período de 2007 a 2015? (Estudo descritivo)
- 2) Quais são os determinantes da malária importada no estado do Rio de Janeiro?

Hipótese nula (H0): que o padrão da distribuição da malária importada seja aleatória no estado.

Hipótese (H1): que o padrão de distribuição da malária importada no estado seja influenciado por empreendimentos e empresas, atratores populacionais segundo nosso modelo.

- 3) Quais são as áreas mais receptivas para a malária relativa ao subgênero *Nyssorhynchus*, no estado do Rio de Janeiro?

Hipótese nula (H0): o padrão de distribuição das áreas receptivas é aleatório.

Hipótese (H1): o padrão de distribuição das áreas receptivas é semelhante aquelas que historicamente foram endêmicas para a malária, pois as condições climáticas e geomorfológicas (componentes de nosso modelo), não se alteraram significativamente ao longo do tempo.

- 4) Quais os determinantes da comunidade de anofelinos do subgênero *Nycssorhynchus* em um município de receptividade muito alta (Cachoeiras de Macacu), segundo nosso modelo, no estado do Rio de Janeiro?

Hipótese nula (H0): a distribuição das espécies de anofelinos encontradas possui um padrão aleatório.

Hipótese (H1): a distribuição das espécies de anofelinos possui relação com a composição da paisagem de seu entorno.

OBJETIVO GERAL

Analisar a receptividade territorial e o perfil epidemiológico da malária importada do estado do Rio de Janeiro, assim como seus determinantes para a avaliação do risco de reintrodução da doença.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Identificar as áreas do estado com casos confirmados de malária (autóctone) e malária importada (alóctone) no período 2007-2015 e correlacionar essa informação com a presença de grandes empreendimentos, empresas e com migração;

b) Modelar espacialmente a receptividade territorial para malária no estado do Rio de Janeiro com base em indicadores ambientais para fortalecimento da vigilância entomológica;

c) Testar um método de detecção de potenciais criadouros de *Anopheles* subgênero *Nyssorhynchus* por sensoriamento remoto, em escala local, para o fortalecimento da Vigilância Entomológica

d) Analisar a composição da comunidade dos vetores de malária no município de Cachoeiras de Macacu, em uma área com alta receptividade para a malária em nosso modelo.

e) Correlacionar essa composição de espécies de anofelinos com a composição da paisagem no entorno dos pontos amostrais para entender se há fatores associados que influenciem na distribuição dos anofelinos.

3. METODOLOGIA

3.1. Arcabouço teórico

Para analisar as transformações que vem ocorrendo no território do estado do Rio de Janeiro e sua influência no potencial malarígeno da região, utilizaremos distintos olhares para captar diferentes dimensões do processo que analisamos. O primeiro olhar é o da geografia da saúde, uma sub-área da geografia, que entende que os processos de saúde e doença (principalmente as endêmicas, como a malária), resultam da organização socioambiental do espaço (Faria & Bortolozzi 2009).

Dentro da Geografia da Saúde, o modelo que iremos utilizar é o da Ecologia Humana (Meade & Earickson 2000), onde são consideradas as perspectivas do ambiente (natural, social e construído), da população (gênero, idade, dentre outros) e do comportamento (crenças, organização social e tecnologia).

Outro modelo teórico que procura compreender a relação entre a atividade humana e a produção de doenças transmitidas por vetores é a “Teoria dos focos naturais de doenças” (Pavlovsky 1966). Essa teoria identifica paisagens onde se encontram nichos de agentes infecciosos, que ao serem frequentados por humanos, se tornariam contextos de transmissão dessas doenças infecto-parasitárias.

O modelo do “Complexo Patogênico” (Sorre 1955) também compõe esse arcabouço, e enfatiza que conjuntamente com os aspectos biofísicos do meio enfatizados por Pavlovsky, as dimensões socioculturais e econômicas participam de forma decisiva na produção das doenças.

A geografia crítica de Milton Santos aborda os aspectos sociais do espaço a partir da perspectiva histórica, utilizando categorias analíticas por ele criadas como as formações e os sistemas de objetos e de ações (Santos 2002). Esse marco permite emoldurar a problemática da relação território, ambiente e desenvolvimento na perspectiva de países em desenvolvimento, como o Brasil, onde o processo de modernização é desigual e incompleto. Os benefícios do desenvolvimento em estruturas sociais marcadas historicamente

por grandes inequidades, concentração de renda e poder, produz injustiças sociais e ambientais.

A perspectiva da ecologia da paisagem será utilizada para analisar os resultados dos estudos entomológicos, tendo em vista que o espaço será entendido como “um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo essa heterogeneidade presente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa dada escala de observação” (Metzger 2001).

3.2. Escalas do estudo

Esse estudo é composto por quatro etapas, divididas em duas escalas:

A) Escala do Estado do Rio de Janeiro

A primeira etapa dessa escala do estudo se constitui de uma análise de correlação ecológica, onde buscou-se fazer uma descrição do perfil epidemiológico da malária importada no estado do Rio de Janeiro e em seguida correlacioná-lo com os determinantes que selecionamos.

A segunda etapa é relativa a uma modelagem de nicho do principal subgênero de anofelino responsável pela ocorrência de malária introduzida na região Extra-Amazônica, o *Nyssorhynchus*. Essa modelagem foi feita na escala do estado do Rio de Janeiro.

B) Escala do Município de Cachoeiras de Macacu

A primeira etapa dessa escala é relativa a uma metodologia de detecção de potenciais criadouros do subgênero *Nyssorhynchus* por sensoriamento remoto, em escala local. Esse estudo teve como escala o município de Cachoeiras de Macacu, uma área com endemicidade pretérita no estado e que possuiu diversas áreas com alta receptividade de acordo com o modelo da segunda etapa desse estudo.

A segunda etapa está relacionada a um estudo de ecologia da paisagem e entomológico de levantamento e análise sobre a composição da comunidade de vetores com potencial de transmissão na área em algumas coleções hídricas detectadas por sensoriamento remoto no município de Cachoeiras de Macacu. Foi feita uma seleção de alguns potenciais criadouros situados em

diferentes contextos paisagísticos para saber quais os determinantes da distribuição dos anofelinos da região.

3.3. Área de estudo

A) Primeira escala: Estado do Rio de Janeiro

O estado do Rio de Janeiro é composto por 92 municípios e sua capital é o município do Rio de Janeiro. É dividido em seis mesorregiões, a saber: metropolitana, baixada litorânea, centro fluminense, noroeste fluminense, norte fluminense e sul fluminense (Figura 10). Sua população foi estimada em 15.989.929 de habitantes e seu território abrange 43.780 Km². Faz fronteira com os estados do Espírito Santo, de São Paulo e de Minas Gerais (IBGE 2010).

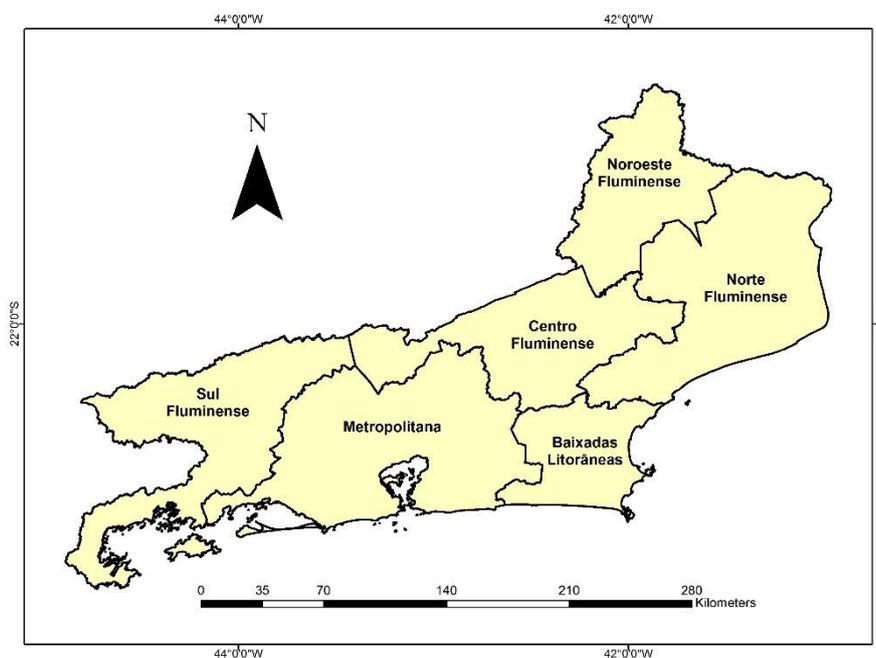


Figura 10 - Mesorregiões do estado do Rio de Janeiro.

A história do Rio de Janeiro está intimamente ligada com a sua posição de capital da colônia, capital do Império e da república entre 1763 a 1960, período em que era o principal centro econômico e cultural do país. Sua história, assim como sua infraestrutura (possui um dos principais portos do país) e seus recursos naturais conectam esse estado com as grandes redes econômicas internacionais, o que o torna uma metrópole nacional e internacional (IBGE 2007). Sua economia é a segunda maior do país,

impulsionada principalmente pela indústria de petróleo (INEA 2010). O aeroporto internacional é um dos principais do país e permite um grande fluxo de pessoas, fator que é importante para a dinâmica da malária importada.

A geomorfologia do estado é muito diversa, apresentando montanhas escarpadas, morros isolados e planícies (Figura 11). O território do estado do Rio de Janeiro é dividido pela escarpa da Serra do Mar, formando duas principais regiões hidrológicas, a Norte e a Sul/Sudeste (INEA 2010). Essa escarpa impediu o processo de desmatamento da vegetação dessa região por causa da inclinação do terreno, pouco propício a edificação de estruturas antrópicas.

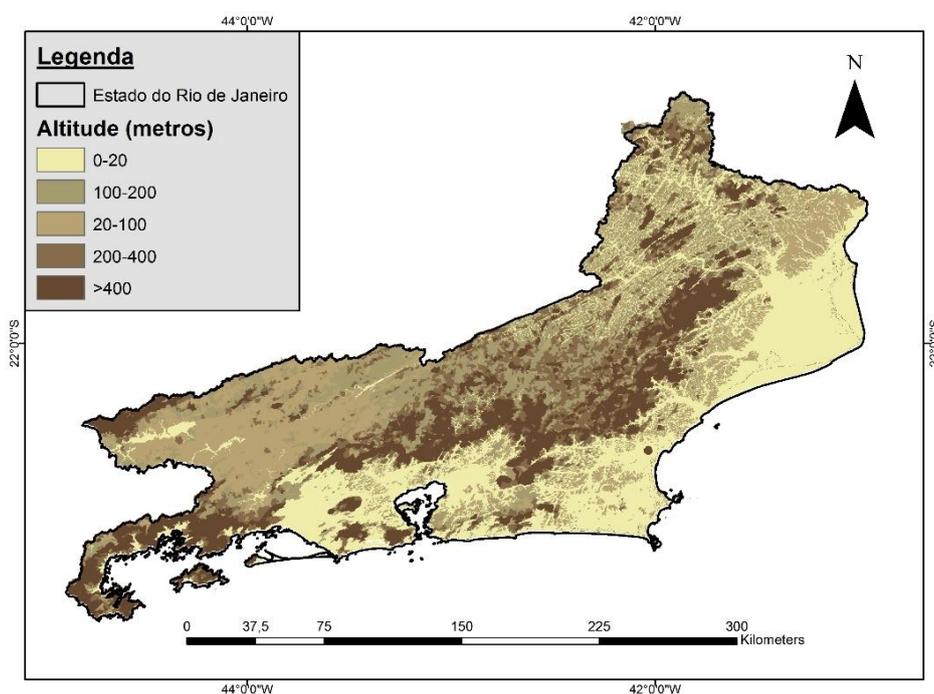


Figura 11 - Relevos do estado do Rio de Janeiro. Fonte: INEA 2010.

A Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro é composta de seis fitofisionomias distintas. São elas: ombrófila densa, ombrófila mista, estacional semidecidual, formações pioneiras, savana estépica e savana (Costa et al. 2009, Figura 12). Dentre elas, duas se destacam pela quantidade de área que ocupam. A Floresta Estacional Semidecidual possui extensão original de 2.056.746 hectares, enquanto a Floresta Ombrófila Densa possui 1.803.224 hectares (Albuquerque et al. 2013). Ressalta-se que de sua extensão original

restam apenas 10% no caso da primeira e 34,8% no caso da segunda (INEA 2010).

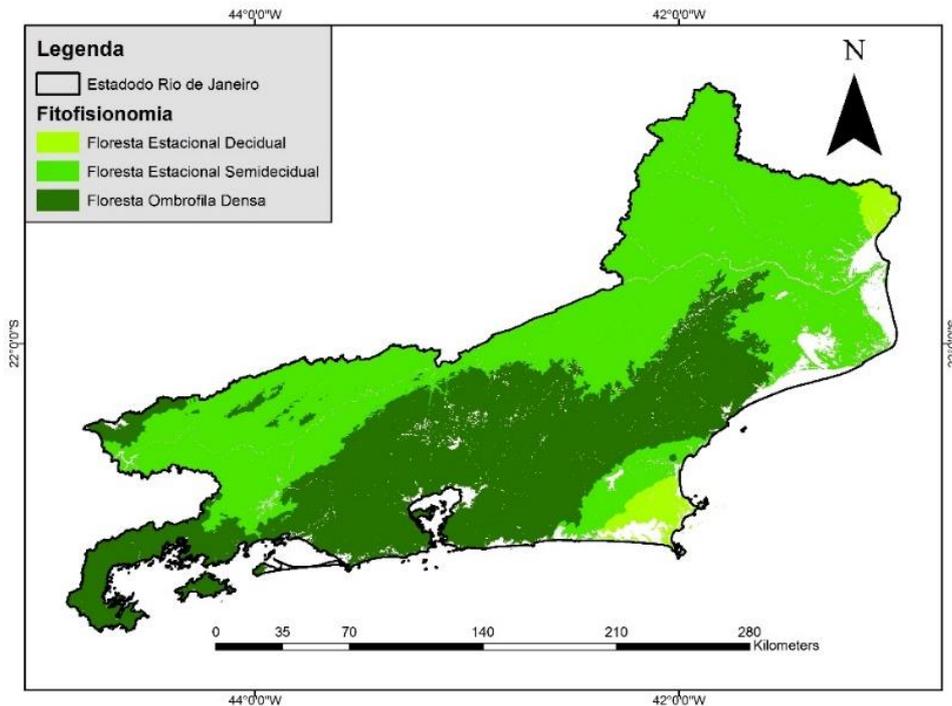


Figura 12 - Fitofisionomias da Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro. A distribuição em questão é a potencial, não o que restou nos dias atuais. Fonte: INEA 2010.

Originalmente o estado era coberto quase que integralmente por esse bioma, no entanto atualmente o total de florestas nesse território varia de 19,6% à 20,3%, a depender da referência utilizada (Fundação S.O.S. Mata Atlântica e INPE 2009 ou Fidalgo *et al.* 2009, respectivamente). É importante destacar que a maior parte dessa vegetação se encontra esparsa e fragmentada, com exceção do grande remanescente florestal situado na Serra do Mar e dos remanescentes ao sul do estado, na região da costa verde (Costa *et al.* 2009, Figura 13).

Nessa perspectiva, percebe-se que a “Malária de Mata Atlântica”, também conhecida como “Malária de Bromélia”, está restrita a partes específicas do território do estado do Rio de Janeiro, visto que restam poucos remanescentes florestais atlânticos.

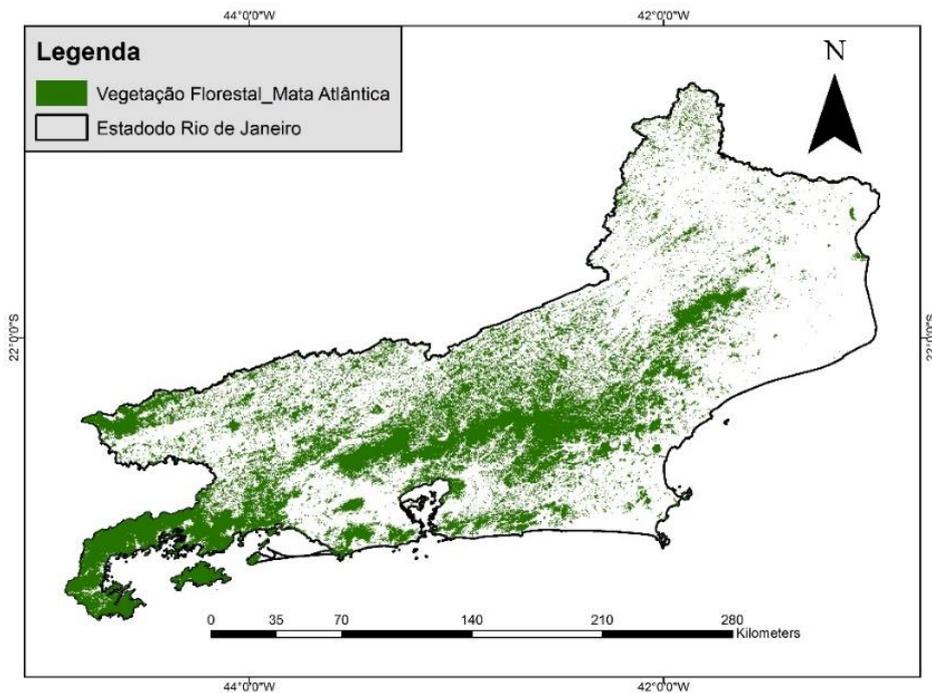


Figura 13 - Vegetação florestal remanescente do Bioma Mata Atlântica do Rio de Janeiro. Ano de referência: 2010.

É importante destacar que as estruturas geográficas, vegetação e geomorfologia, influenciam a hidrologia do estado do Rio de Janeiro. Os altos níveis de precipitação estão concentrados ao longo da escarpa de Serra do Mar (INEA 2010). As regiões litorâneas, noroeste e central, contêm os maiores corpos de água do estado, porém as terras adjacentes à escarpa de Serra do Mar têm muitas coleções de água menores. Ressalta-se que ambos os contextos são propícios à presença de criadouros de anofelinos transmissores do plasmódio. É importante que haja vigilância nesses territórios para se evitar a emergência de surtos ou reintrodução da doença.

B) Segunda escala: Município de Cachoeiras de Macacu

O município de Cachoeiras de Macacu está localizado na base da Serra do Mar, na região de Baixada Litorânea e faz fronteira com os municípios de Rio Bonito, Guapimirim, Itaboraí, Nova Friburgo e Teresópolis. Sua população foi estimada em 54.273 habitantes, seu território abrange 953,8 km² e sua densidade demográfica é de 56,90 habitantes/km² (CENSO IBGE 2010).

Esse município foi dividido pelo IBGE em 108 setores censitários, com um número médio de habitantes por setor de 502,5. O tamanho dos setores tem grande variação, sendo os maiores núcleos populacionais restritos a algumas regiões específicas (Figura 14). Ainda que existam alguns núcleos populacionais mais adensados, o município possui de forma geral características de ruralidade, sem muitas edificações verticais, grande quantidade de áreas agropecuárias e muitas áreas florestais, inclusive unidades de conservação (Figura 15).

Outra característica importante do município é a presença de diversas condições ambientais para a presença do vetor anofelino transmissor da malária. O primeiro deles é a grande disponibilidade hídrica presente em seu território. Existem dois rios principais, o Guapiaçu e o Macacu, nos quais desaguam inúmeros afluentes (Figura 16). Essa disponibilidade hídrica possui estreita relação com a presença de vegetação florestal, que retém a água da chuva liberando-a aos poucos, fator que possibilita a perenidade dos rios, e com a geomorfologia do terreno (Machado 2003). Esse município se caracteriza por apresentar uma transição da baixada fluminense para a Serra do Mar, apresentando em seu território áreas com características destas duas feições geomorfológicas. As áreas de baixada são denominadas planícies aluvionares, por nesse tipo de relevo ocorrer a acumulação de sedimentos provenientes do arraste de outras áreas, no caso da Serra do Mar, sendo assim naturalmente uma região de acumulação de águas dos rios. Todos esses fatores reunidos apontam para uma área com provável presença de anofelinos transmissores da malária, já que essas são as condições propícias para sua ocorrência.

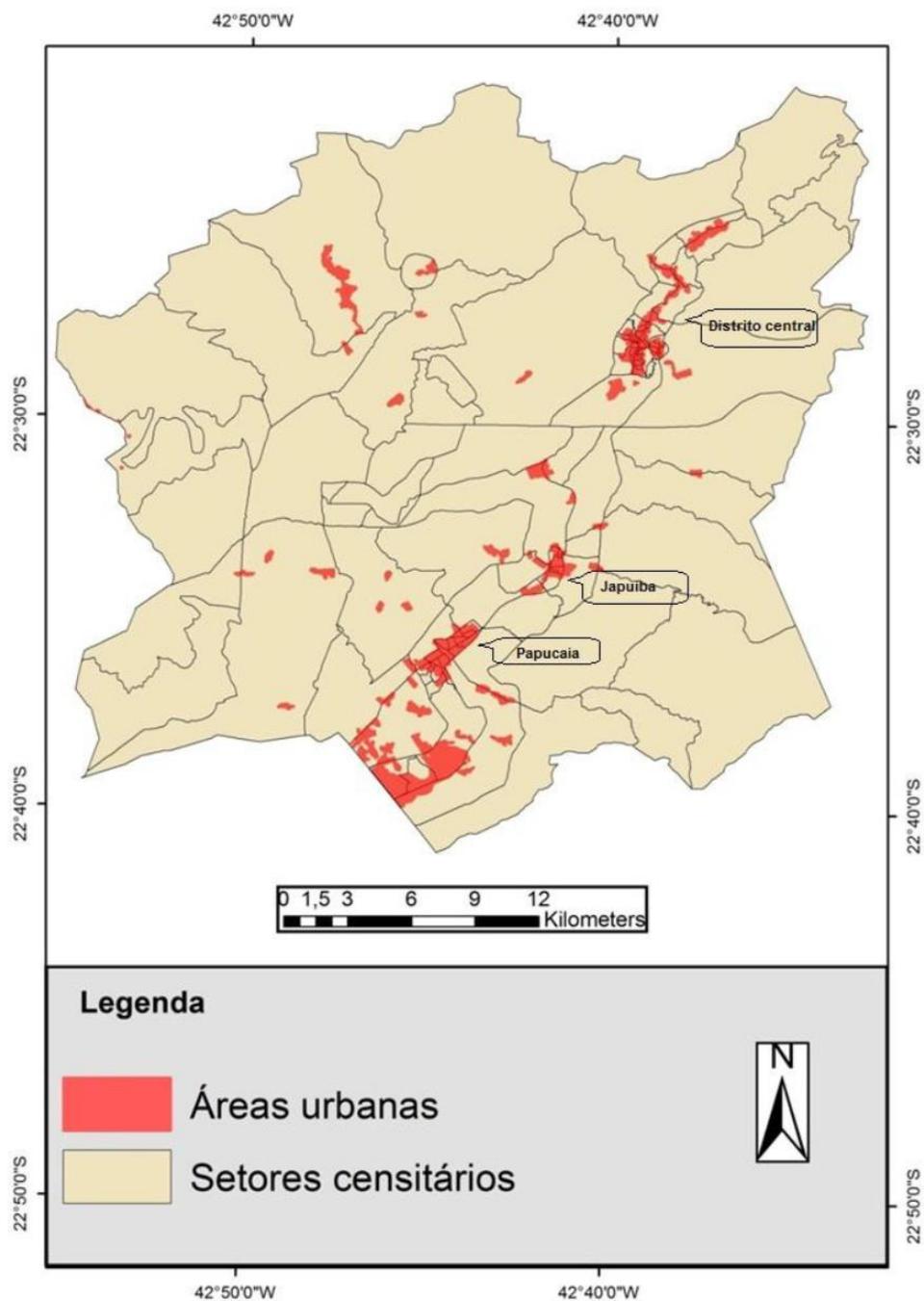


Figura 14 - Setores censitários do município de Cachoeiras e Macacu e seus principais núcleos urbanos, 2010. Fonte: Albuquerque 2013.

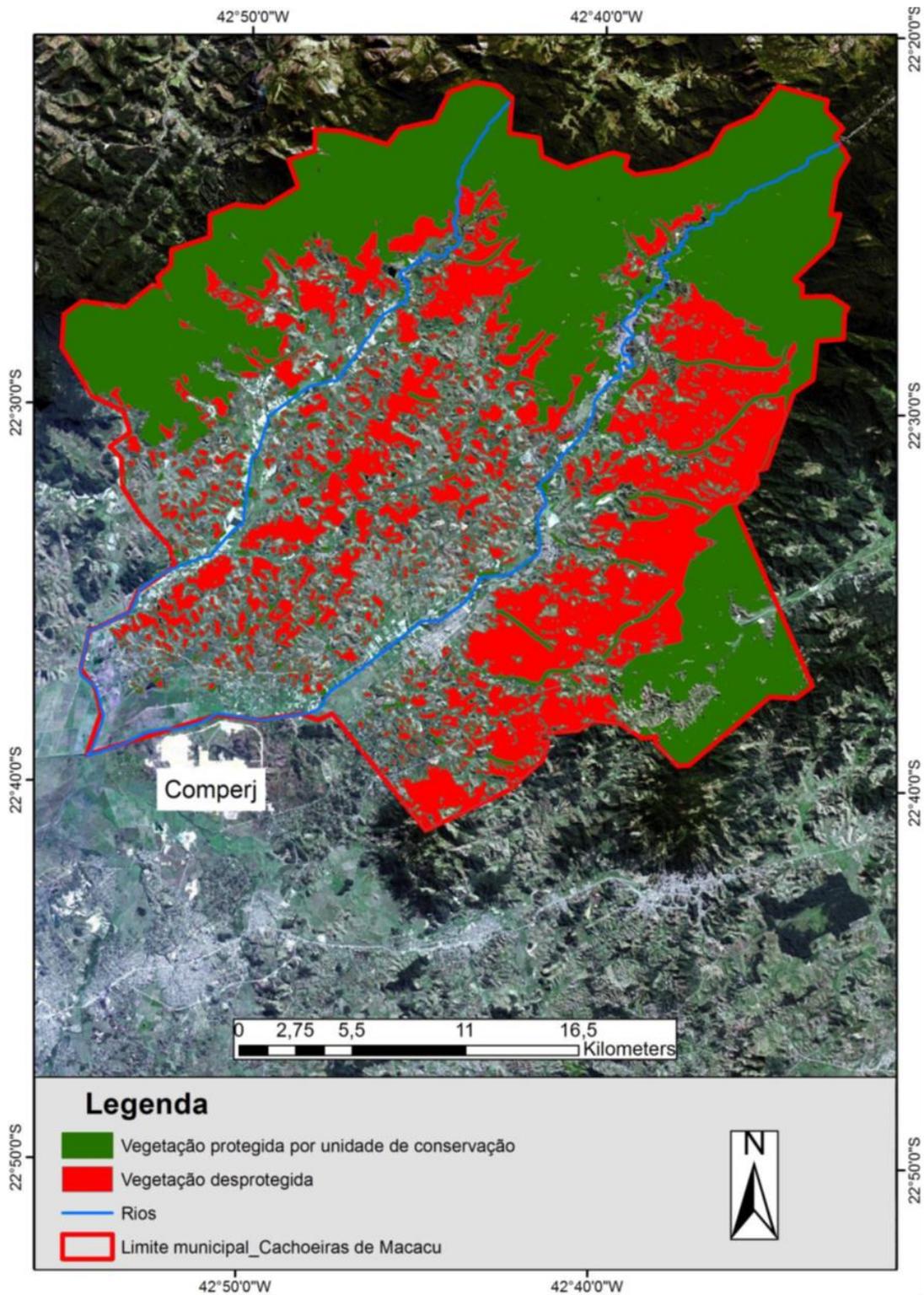


Figura 15 - Vegetação florestal situada dentro e fora de unidades de conservação no município de Cachoeiras de Macacu, RJ - 2010. Fonte: Albuquerque 2013.

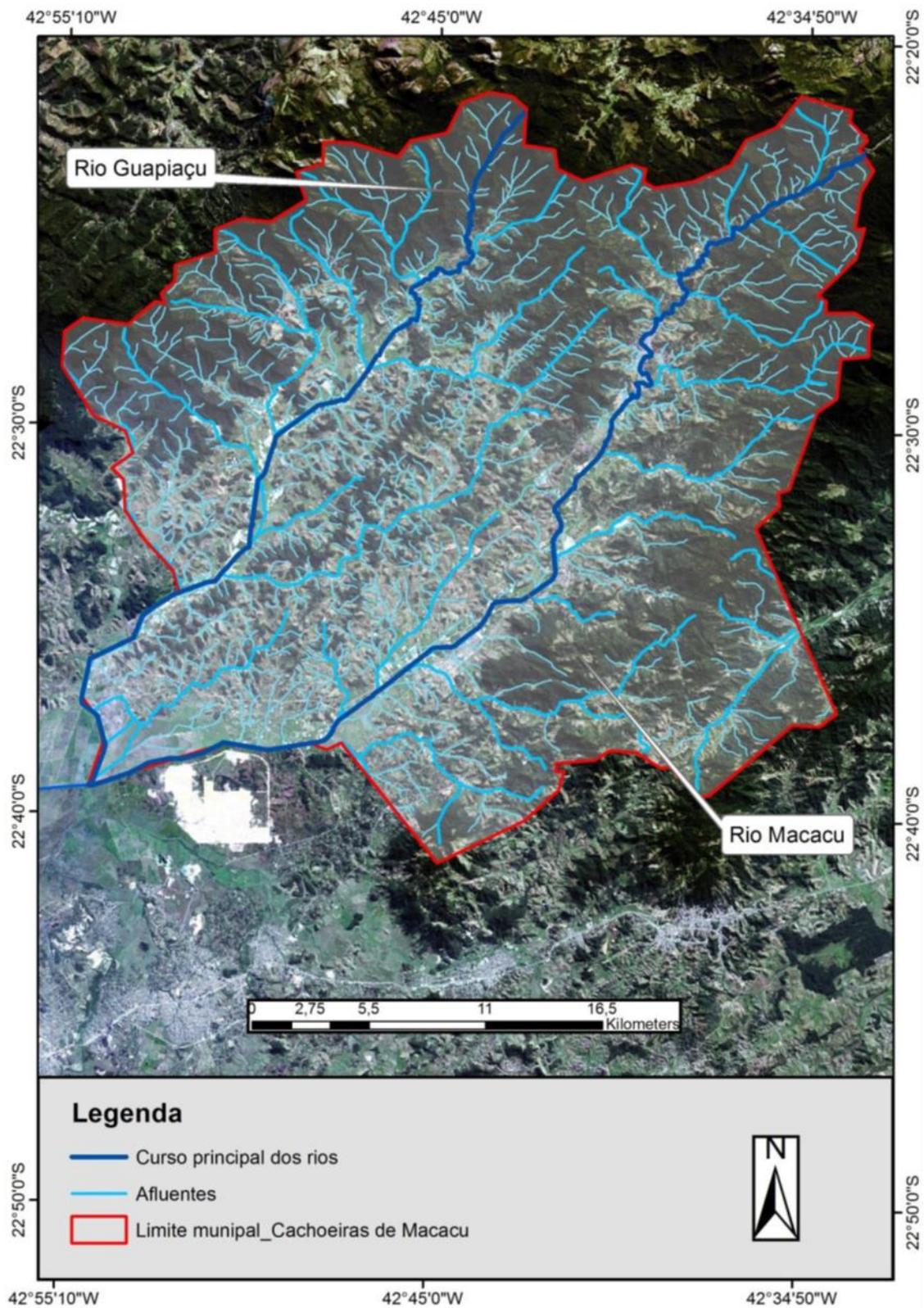


Figura 16 - Recursos hídricos do município de Cachoeiras de Macacu. Rio Guapiaçu, Rio Macacu e seus afluentes - 2010. Fonte: Albuquerque 2013.

3.4. Estudo de correlação ecológica

Dados de notificação de malária, de migração e da presença de grandes empreendimentos nos municípios do estado do Rio de Janeiro.

Essa etapa consistiu na realização de um estudo retrospectivo com base em dados secundários disponíveis no Banco de Dados de Notificação de Malária do estado do Rio de Janeiro. O período de análise compreendeu o intervalo de 2007 a 2015. Os dados foram formatados em um banco de dados unificado, com o qual foram feitas as análises. As principais variáveis utilizadas foram o número de casos, espécie parasitária, município de residência, local provável de infecção, classificação (autóctone ou importado), sexo e idade. Dados pessoais de identificação dos pacientes não foram utilizados. É importante destacar que nem todos os casos confirmados por diagnóstico foram utilizados pela razão de falta de informação relevante para a análise em questão. As informações indisponíveis foram de distinto caráter, desde indefinição se o caso era autóctone ou não, passando pelo não preenchimento do município de residência, entre outros. Cada caso foi analisado na seção de resultados específica.

Os dados de mobilidade foram extraídos do Censo Demográfico do IBGE 2010, especificamente dos resultados da amostra sobre nupcialidade, fecundidade e migração. O banco que utilizamos foi o de migração, que trata dos diferentes movimentos migratórios da população, com base em informações sobre o local de nascimento, o tempo de moradia na residência atual e o local de moradia anterior. Extraímos os dados dessa base relativo as migrações para o Rio de Janeiro nos últimos 10 e 5 anos.

Os dados relativos aos grandes empreendimentos foram provenientes de um conjunto de indicadores e índices produzidos pelo Instituto Estadual do Ambiente do estado do Rio de Janeiro (INEA-RJ). Eles se constituem em um sistema de informações geográficas dispostos em camadas de informações sobre diversos temas (social, econômico e jurídico-institucional) associados ao ambiente. No caso dos grandes empreendimentos, foram considerados no estudo os empreendimentos de alta e média magnitude, de acordo com a Resolução CONAMA nº 1/86 e Lei estadual nº 1.356/88. A magnitude é calculada de acordo com o resultado do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o

Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) de cada empreendimento. Em nosso estudo os grandes empreendimentos são considerados atratores populacionais de trabalhadores que se originam de diferentes partes do país e do mundo, e esses respectivos trabalhadores podem vir de áreas endêmicas para a malária trazendo o parasito.

Ao final do processo, as diferentes camadas de informação (dados de malária, de migração e de empreendimentos) foram correlacionados entre si por regressão linear, em que a variável dependente foram os dados de malária, e a migração, as empresas e os grandes empreendimentos foram as variáveis independentes.

3.5. Dados e indicadores ambientais para a modelagem de receptividade

Os dados utilizados nessa etapa foram provenientes de uma das bases utilizada na etapa anterior (INEA 2010), no entanto o conjunto de informações extraída foi distinta. Foram utilizados os dados referentes ao uso e cobertura do solo.

O estudo foi feito com base em quatro camadas de informação:

1) Geomorfológica; 2) Pluviosidade; 3) Temperatura; e 4) Vegetação (Figura 17). As características do modelo dos criadouros dos mosquitos anofelinos transmissores da malária foram baseadas na literatura, como no estudo de Dambach e colaboradores (2009). Todas essas camadas de informação balanceadas no modelo de receptividade resultaram no índice sobre a probabilidade da presença de criadouros potenciais para as larvas de anofelinos no estado do Rio de Janeiro (Barve et al. 2011; WHO 2016).

O modelo utilizado para se fazer a análise de receptividade territorial foi o Processo de Análise Hierárquica (PAH). Esse método é uma análise multicritério que consiste em classificar e atribuir pesos a cada uma das camadas de informações do modelo de estudo. Primeiro, cada camada foi classificada em categorias relativas a distribuição de seus dados. A camada geomorfológica foi classificada em seis classes, tendo como base o nível do mar: 0-20m, 20-100m, 100-200m, 200-400m, 400m e áreas arenosas. A camada sobre a pluviosidade foi classificada em cinco classes, sendo a métrica

medida em milímetros cúbicos: 812-1000, 1000-1300, 1300-1500, 1500-1700 e 1700-2834. A camada de temperatura foi classificada em cinco classes, sendo medida em graus centígrados (°C): 9.19-15, 15-17, 17-19, 19-21 e 21-23.15. A vegetação foi classificada em três classes: a vegetação em si, uma área de 200 m no entorno das áreas florestais e as demais áreas não florestadas (Figura 18).

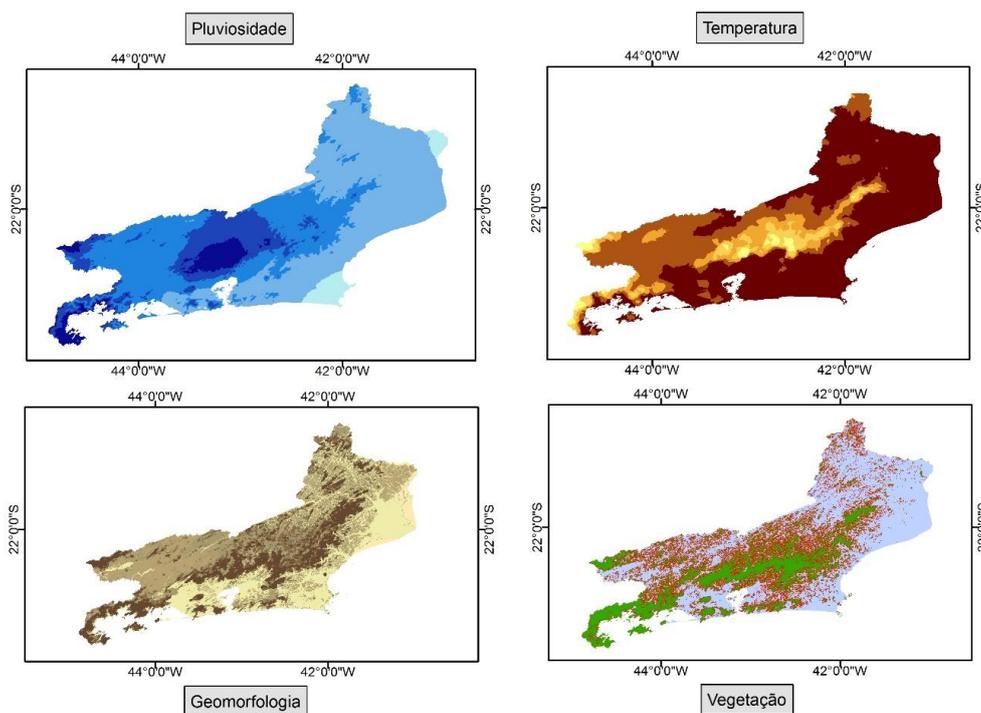


Figura 17 - As quatro camadas de informação que compõem o modelo PAH (pluviosidade, temperatura, geomorfologia e vegetação).

Tabela 1 - Pesos das camadas do modelo PAH

Camada de informação	Influência no modelo (%)	Classes/categorias	Peso no modelo
Temperatura (°C)	20	9.15 - 15.0	1
		15.1 - 17.0	2
		17.1-19.0	3
		19.1 - 21.0	4
		21.1 - 23.15	5
Pluviosidade (mm)	20	812 - 1000	1
		1001 - 1300	2
		1301 - 1500	3
		1501 - 1700	4
		1700 - 2834	5
Geomorfologia (metros)	45	Áreas arenosas	5
		0 - 20	5
		21 - 100	4
		101 - 200	3
		201 - 400	2
Vegetação	15	> 401	1
		200m adjacentes a vegetação (Buffer)	5
		Cobertura vegetal	2
		Outras áreas	1

A etapa seguinte à classificação das camadas foi uma entrevista com dois entomologistas experientes em vetores de doenças infecciosas, inclusive a malária. Eles atribuíram pesos para cada uma das camadas de informação para que o modelo pudesse ser construído (tabela 1). A camada geomorfológica recebeu o maior peso no modelo porque representa o componente mais estrutural do modelo de receptividade territorial, o qual influencia todas as outras camadas. A geomorfologia praticamente não se modifica ao longo do tempo histórico, o que torna as condições ideais para a presença do mosquito no passado, as mesmas do presente. Os componentes do clima, temperatura e pluviosidade, receberam o mesmo peso por terem influência um sobre o outro. Eles são determinantes de grande escala que variam de acordo com latitude, longitude, altitude e proximidade dos oceanos (Gage et al. 2008). O componente de vegetação do modelo foi considerado por influenciar na escala microclimática, por sua influência no ciclo hidrológico e na presença de corpos hídricos em suas adjacências (Bonan 2008; Machado 2003).

O processamento do modelo foi feito no programa de geoprocessamento ArcGIS 10.0 (ESRI). Foi utilizada a ferramenta de análise espacial (Spatial Analyst Tool), onde foi feita uma sobreposição ponderada (Weighted Overlay) para modelar o processo de análise hierárquica. Essa ferramenta permite sobrepor diversas camadas de informações usando escalas e pesos de medida em comum, de acordo com sua importância no modelo.

Depois de finalizar o modelo PAH, foi feita uma análise sobre a quantidade da classe de mais alta receptividade em cada um dos municípios do estado do Rio de Janeiro nos quais havia a presença dessa classe. A camada de informação sobre os municípios foi obtida no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foi utilizado o ArcGIS 10.0, especificamente a ferramenta de cruzamento de bases de dados (Intersect) para computar a interseção entre as bases de dados.

3.6. Sensoriamento remoto para a detecção de potenciais criadouros de anofelinos em escala local.

Essa metodologia foi construída com o intuito de ser uma ferramenta para a vigilância entomológica, com base nas técnicas de sensoriamento remoto, que é um dos componentes do geoprocessamento. A etapa inicial se deu com a construção de uma imagem com resolução espacial de 5 metros. O processo para essa construção se deu com a fusão de dois sensores do Satélite AlôS (Figura 18).

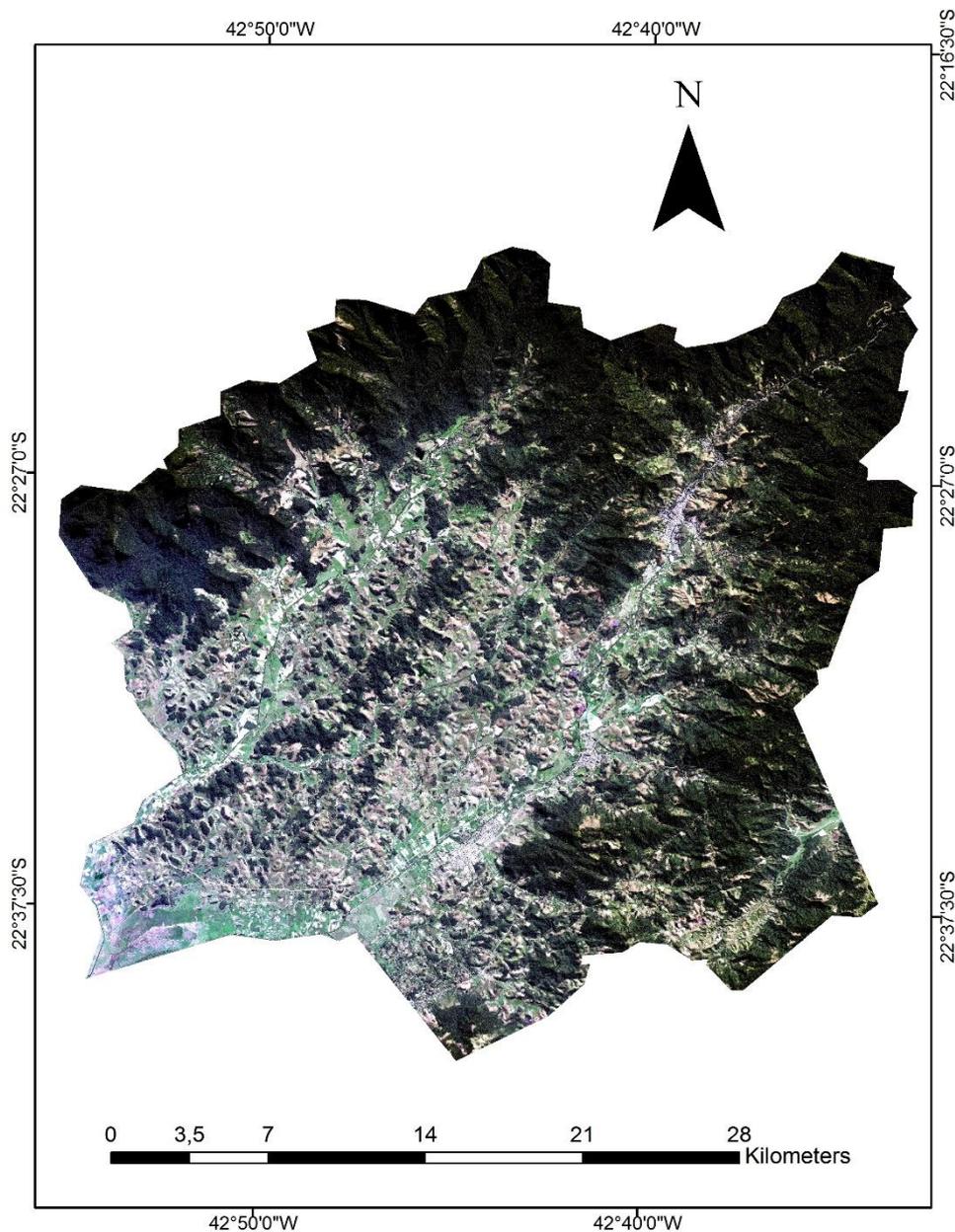


Figura 18 - Imagem de satélite fruto do fusionamento de duas imagens do satélite ALOS, referentes ao ano de 2009. Município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro.

Com a imagem pronta, passamos para a etapa de identificação dos corpos hídricos no município de Cachoeiras de Macacu. Para executar essa tarefa fizemos o processamento das bandas espectrais da imagem com o índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index), que normalmente é utilizado para a detecção de distintos tipos de vegetação, mas que pode se aplicar a detecção de umidade de uma forma geral, como no caso de corpos hídricos (Polidorio et al. 2004). O cálculo do modelo de álgebra de bandas espectrais para a geração do NDVI é:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Infravermelho proximal} - \text{vermelho}}{\text{Infravermelho proximal} + \text{vermelho}}$$

Como resultado dessa equação obtivemos a seguinte imagem, onde os corpos hídricos são representados pelas áreas mais escuras no mapa:

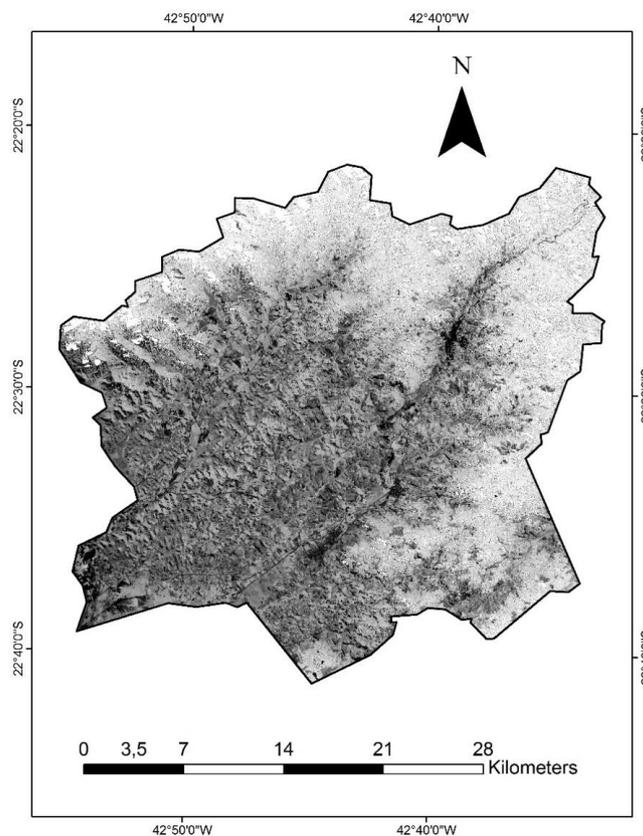


Figura 19 - Imagem NDVI fruto da álgebra de bandas espectrais

Com o NDVI finalizado, iniciamos o processo de demarcação de todos os corpos hídricos do município. Essa etapa poderia ser feita de duas formas, por classificação automática do NDVI, onde através de uma ferramenta detectaríamos todos os corpos hídricos com base numa amostragem, que seria usado como base para a busca das demais unidades de referência amostral. A outra forma de se fazer, a qual foi utilizada por nós, foi a classificação manual, onde criamos uma camada de informação referente aos corpos hídricos, e tendo a imagem gerada pelo NDVI como referência, demarcamos todos eles manualmente.

3.7. Estudo entomológico e de ecologia da paisagem

Essa etapa do estudo foi desenvolvida em parceria com o pesquisador Jeronimo Alencar e seu aluno Jean Jules Ricardo, ambos do Instituto Oswaldo Cruz - Fiocruz. O trabalho foi uma parceria entre nós, sendo a minha contribuição feita com o desenho do estudo, com o trabalho de campo e com a análise dos resultados e sua discussão. A primeira etapa do trabalho foi concluída com a defesa da dissertação do Aluno Jean.

Sendo assim, esse estudo entomológico no município de Cachoeiras de Macacu se caracterizou pela coleta das formas imaturas dos vetores anofelinos transmissores da malária. O estudo foi realizado em quatro células amostrais, cada uma contendo quatro áreas, totalizando 16 áreas amostrais no município inteiro. Os bairros amostrados foram: Gleba Nova Ribeira, Japuiba, Papucaia e Guapiaçu (especificamente na Reserva Ecológica de Guapiaçu – REGUA). Essas áreas foram identificadas como CM, Jap, Papu e Regua, respectivamente. É importante destacar que a escolha dos quatro bairros para o estudo foi feita com base em suas diferentes composições ambientais e urbanas, tendo formado ao final um gradiente de áreas, que vai da área mais florestal para a mais antrópica (Figura 20).

Ao longo do trabalho foram realizadas quatro amostragens nas 16 áreas, tendo a primeira o caráter de piloto. Essa amostragem foi realizada no âmbito de fazer contato com os moradores das áreas amostrais, reconhecer e testar a positividade dos reservatórios para a presença de formas imaturas de

anofelinos do subgênero *Nyssorhynchus*. A primeira coleta foi realizada do dia 27 de outubro a dia 06 de novembro de 2015 (primavera). A segunda coleta ocorreu de 18 a 28 de janeiro de 2016 (verão). A terceira foi de 25 de abril a 5 de maio de 2016 (outono). A quarta e última coleta entomológica ocorreu no período de 25 de julho a 04 de agosto de 2016 (inverno). Destaca-se que as amostragens foram feitas ao longo das quatro estações do ano, para que se pudesse entender a influência desses diferentes momentos sobre a composição de espécies de anofelinos nas áreas.

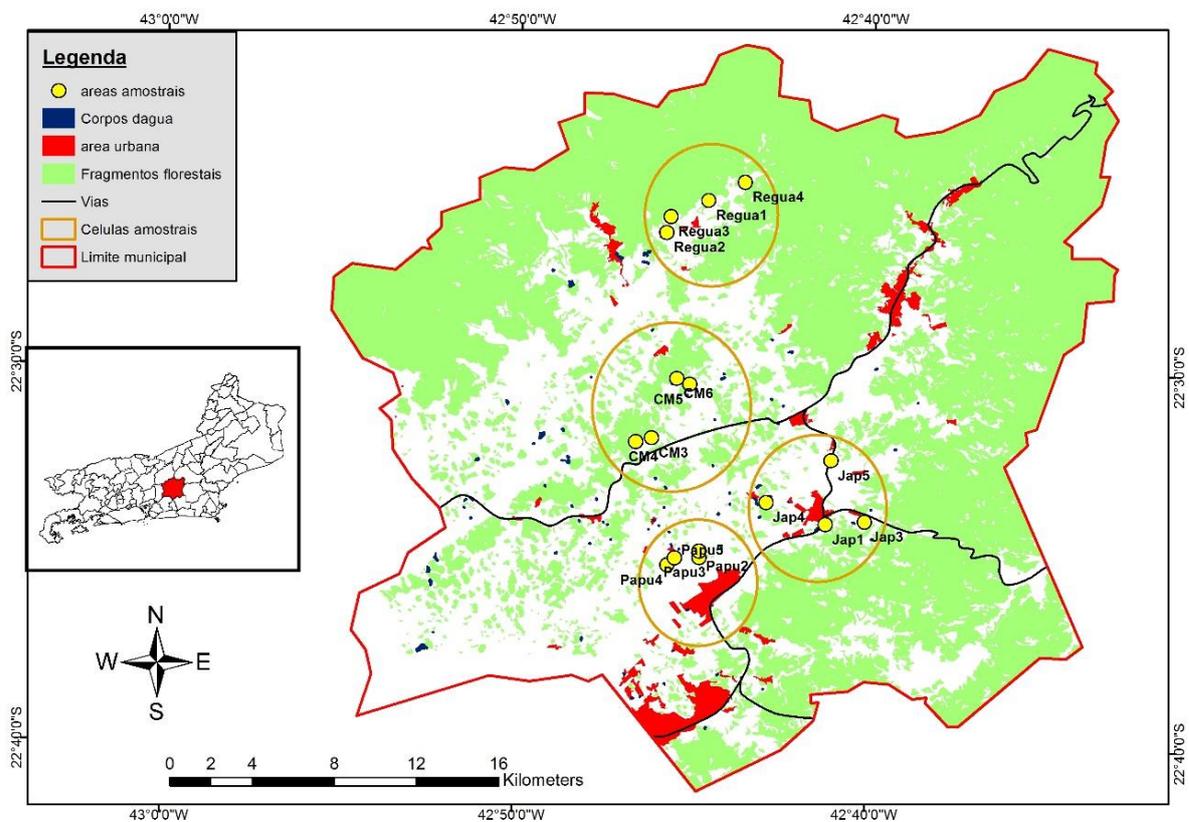


Figura 20 - Localização das células e pontos amostrais no município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, fruto da metodologia de seleção de potenciais criadouros de anofelinos por sensoriamento remoto. Fonte: Ricardo 2016.

Coleta de formas imaturas

A investigação entomológica consistiu na busca por mosquitos anofelinos nos diferentes tipos de nichos que esse gênero apresenta. Sabe-se que o subgênero *Nyssorhynchus* possui ecologia reprodutiva associada a

corpos d'água continentais, enquanto o subgênero *Kertszia* possui ecologia reprodutiva associada a bromélias de Mata Atlântica. Nossa pesquisa se focou nos *Nyssorhynchus* (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994).

Foram pesquisadas todas as 16 coleções hídricas selecionadas na área de estudo do município de Cachoeiras de Macacu, ao longo de cada uma das quatro campanhas em cada uma das estações do ano. Nessas coleções, a amostragem foi feita com as conchas entomológicas, seguindo as recomendações da Ata da SESDEC/RJ obtida na 16ª Reunião de Avaliação do PNCD e Oficina para implantação do sistema de informações Vetores-malária nos estados da região Extra-Amazônica, realizada no Rio de Janeiro em 2007. A metodologia das conchadas para a pesquisa larvária de criadouros de anofelinos potenciais envolve a realização de nove conchadas a cada cinco metros. Também foi adotado o critério sobre a quantidade de conchadas em relação às dimensões dos criadouros: os criadouros com 50 metros de perímetro: amostra completamente com um ponto a cada cinco metros = 5 pontos (45 conchadas); criadouros com até 100 metros: um ponto a cada dez metros = 10 pontos (90 conchadas); mais de 100 metros, faz-se 10 pontos aproximadamente equidistantes entre si de forma a amostrar a variabilidade completa possível do criadouro. O horário das coletas variou entre 8:00 e 16:00 (Figura 21).

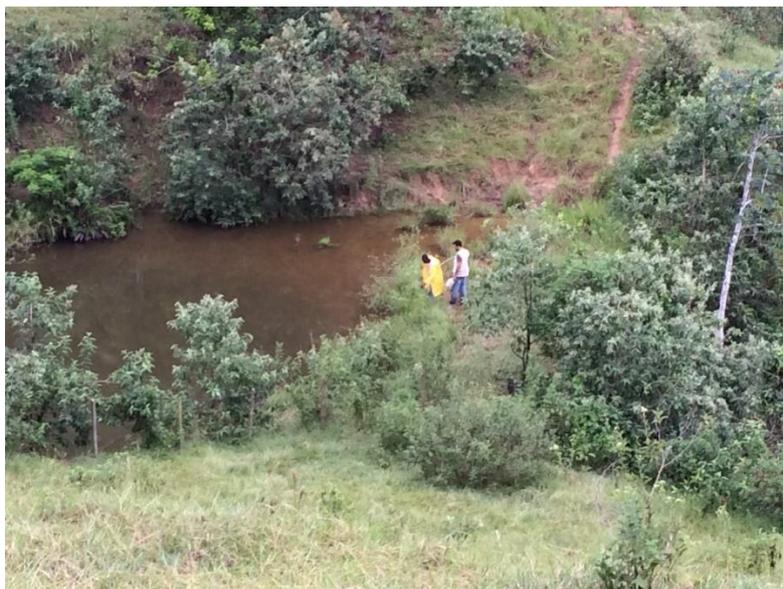


Figura 21 - Registro dos estudantes Hermano Albuquerque e Jean Jules fazendo trabalho de campo de coleta dos vetores anofelinos nos potenciais criadouros detectados por sensoriamento remoto. Cachoeiras de Macacu RJ 2016.

As formas imaturas encontradas foram acondicionadas em tubos de vidro com álcool a 70% e enviadas para leitura em microscópica para a identificação no Laboratório de Diptera do Instituto Oswaldo Cruz / Fiocruz. Após essa identificação preliminar, as larvas foram enviadas para o Centro de Estudos e Pesquisa em Antropozoonoses do Estado do Rio de Janeiro (CEPA) para expedição de laudo confirmatório.

O levantamento dos criadouros dos mosquitos vetores das espécies de *Plasmodium* foi feito em uma parceria com a Secretaria de Saúde do Estado do Rio de Janeiro.

Para entender as diferentes composições da comunidade dos vetores anofelinos nos diferentes sítios de amostragem utilizamos o Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) usando a matriz de distância Bray-Curtis das abundâncias de cada espécie por área amostrada (JONGMAN et al., 1995). Fizemos correlações da composição das espécies de anofelinos com a estrutura da paisagem do arredor da área amostral para tentar buscar a correlação com fatores ambientais.

Ecologia da paisagem

Para concretizar essa etapa, fizemos uma análise da paisagem nos arredores dos pontos amostrais para entender como era estruturado esse contexto. Para esse fim, utilizamos a base de dados do INEA 2010, denominada “Estado do Ambiente”, da qual retiramos os dados relativos ao uso do solo. Foram quatro classes que fizeram parte das nossas análises: florestas, vegetação em estágio secundário de regeneração, áreas agrícolas e de pasto e várzea, pois são características que nos indicaram os diferentes graus de antropização das áreas.

Foram utilizadas diferentes buffers para se entender os arredores dos pontos amostrais. Essas escalas foram calculadas com base em diferentes raios no entorno dos pontos amostrais. Três raios foram definidos para esse fim. O primeiro foi de 250 metros, o segundo de 500 metros e o terceiro de 1.000 metros, sempre no entorno dos pontos amostrais. Na circunferência formada por esse raio, calculamos as quantidades de uso e cobertura das quatro classes mencionadas (Figuras 22 e 23).

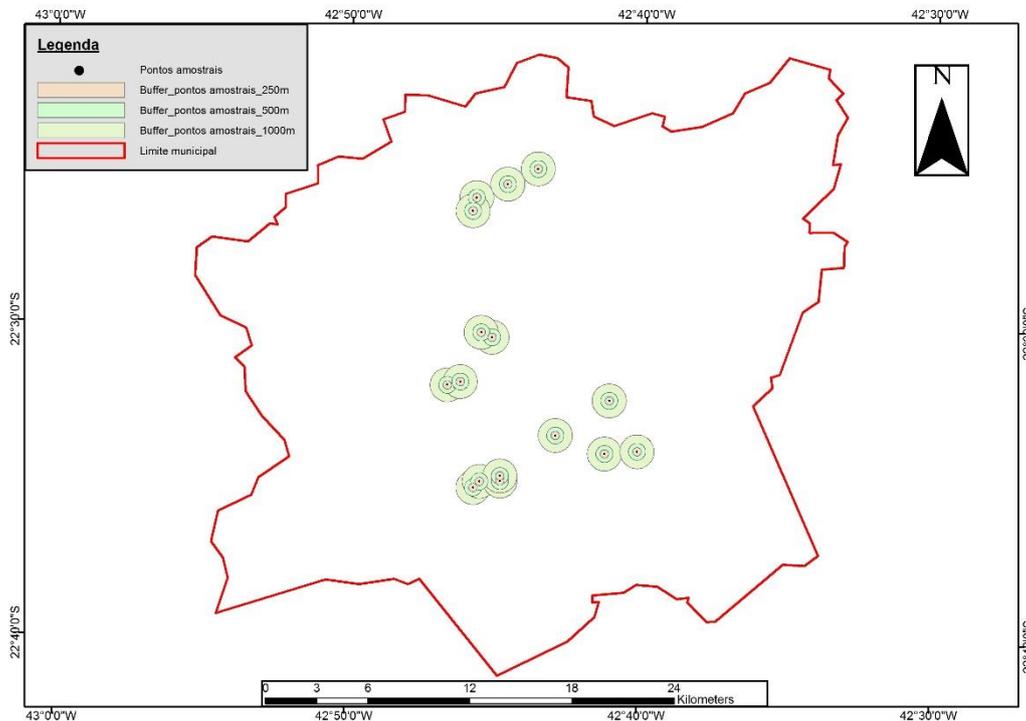


Figura 22 - Áreas amostrais e suas distintas áreas de influência.

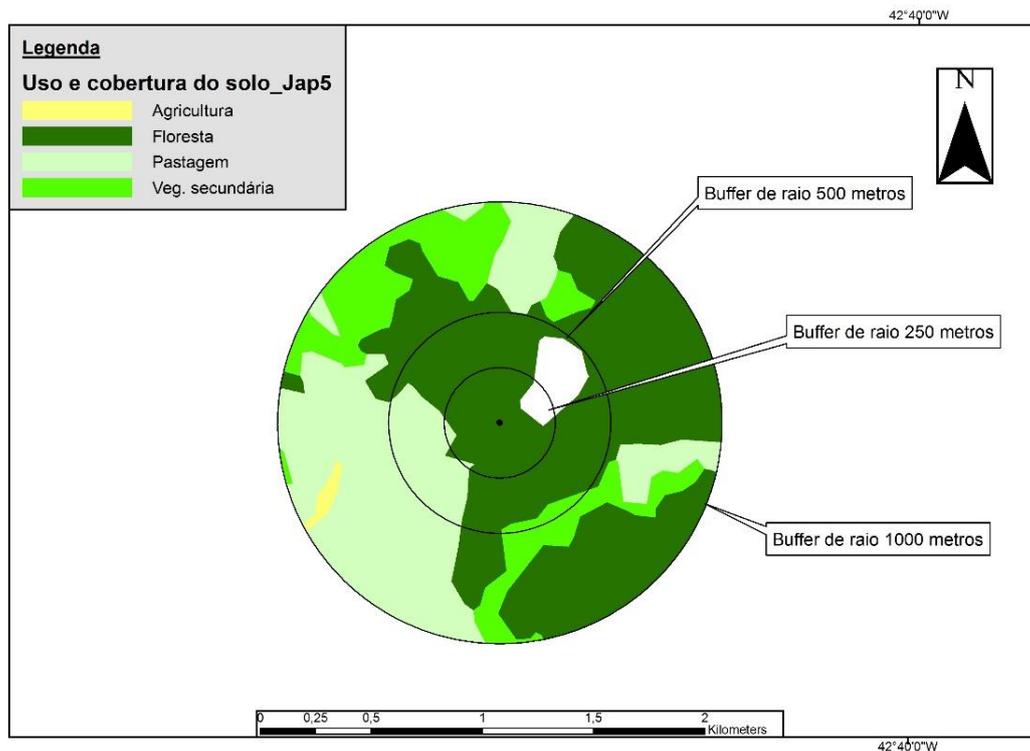


Figura 23 - Ponto amostral Jap5 e seu respectivo uso e cobertura do solo dentro dos diferentes raios de influência.

Após a construção dessas bases de dados relativas as paisagens nos entornos dos pontos amostrais, partimos para a análise da estrutura da comunidade de anofelinos em cada ponto amostral. A partir dos imaturos coletados e identificados em cada um dos pontos, fizemos um escalonamento multidimensional para reduzir a complexidade dos dados e colocá-los em apenas três dimensões, quantidade passível de ser analisada. O tipo de escalonamento multidimensional utilizado foi o Proxscal do software SPSS 23, que se utiliza de um algoritmo que minimiza a perda da realidade dos dados, conhecido como Stress da análise. A medida utilizada foi a de Qui-quadrado, mais indicada para dados de contagem, como os que utilizamos com os anofelinos em cada ponto amostral. O resultado do escalonamento foram dois eixos, cada um contendo métricas sobre cada um dos pontos amostrais, métricas essas relativas a composição da comunidade de anofelinos.

Com os resultados da estrutura da paisagem e da comunidade de anofelinos de cada ponto amostral, fizemos uma regressão linear entre a composição da paisagem (variáveis independentes – uso e ocupação do solo referente a áreas de agricultura, floresta, vegetação secundária e áreas de

pasto) de cada ponto amostral e sua respectiva estrutura de comunidade de anofelinos (variável dependente), para saber se haveria alguma relação entre essas variáveis. Além disso fizemos também uma regressão relacionando a abundância total de anofelinos em cada área e sua respectiva composição da paisagem nas mesmas três escalas (250, 500 e 1.000 metros de raio).

3.8. Análise dos dados

Os dados foram processados e analisados em dois programas: para as análises espaciais e construção dos mapas utilizou-se o ArcGis 10.0. Para as análises de estatística descritiva e regressões lineares utilizou-se o SPSS 23.0. O programa Excel 2016 foi utilizado para a construções dos demais gráficos e tabelas.

3.9. Aspectos éticos

Esse projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz) de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 466/2012, com o CAAE: 30606614.2.0000.5248, após a deliberação do Comitê na 198ª Reunião.

4. RESULTADOS

4.1. Casos totais de malária

Como resultado do estudo retrospectivo realizado, obteve-se o total de 2.239 casos notificados de pacientes com suspeita de malária no estado do Rio de Janeiro no período de 2007 a 2015. Desse total, 923 (41,2%) foram casos positivos identificados por diagnóstico de gota espessa. A distribuição dos casos por ano se encontra na tabela 2 e na figura 24. Os anos com maiores números de casos foram 2012 (142 casos – 15,4% do total) e 2010 (127 casos – 13,8% do total), enquanto os anos com menores números foram 2014 (66 casos – 7,2% do total) e 2015 (76 casos – 8,2% do total). A incidência parasitária anual (IPA) do estado também está na tabela 2, no entanto esse não parece ser um bom indicador para a estratificação epidemiológica de risco de malária quando está incluso no banco de dados, casos importados da doença. Isso será interpretado na discussão. Como alternativa a esse indicador, construímos um que possui como denominador a migração de contingentes populacionais para o estado do Rio de Janeiro. Será apresentado nas próximas sessões dos resultados.

Tabela 2 - Número de casos de malária por ano no estado do Rio de Janeiro, período de 2007 a 2015.

Ano	Frequência	Porcentagem (%)	IPA
2007	96	10,4	0,00609677
2008	85	9,2	0,00535944
2009	93	10,1	0,00582375
2010	127	13,8	0,00790096
2011	119	12,9	0,00735681
2012	142	15,4	0,00872558
2013	119	12,9	0,00726976
2014	66	7,2	0,00400943
2015	76	8,2	0,00459214
Total	923	100,0	

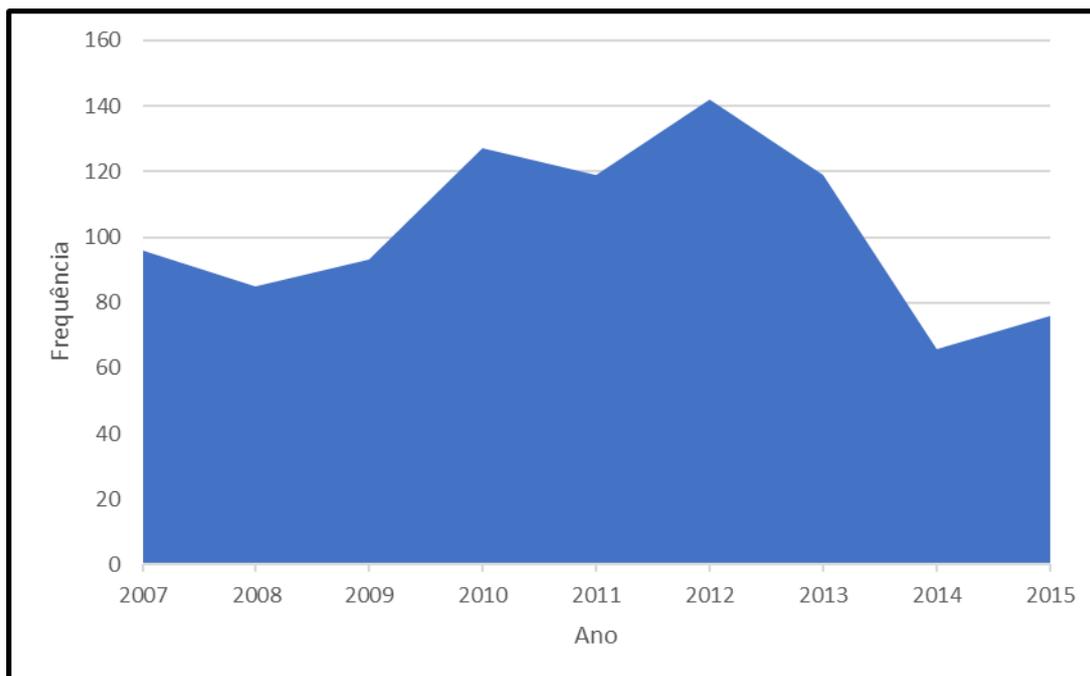


Figura 24 - Número de casos de malária por ano no estado do Rio de Janeiro. Período de 2007 a 2015.

4.2. Casos de malária importada

Para identificarmos os casos de malária importada dentro do banco de dados, tivemos que excluir os casos classificados como autóctones (incluí os introduzidos, visto que ambos possuem a mesma classificação no banco). Constaram como autóctones do município de residência um total de 69 casos de malária, além dos casos definidos como indeterminados, pela falta de uma investigação epidemiológica mais aprofundada. Todas essas classes foram retiradas para que o banco ficasse apenas com os casos de malária importada. Ao final da limpeza do banco obtivemos um total de 736 casos de malária importada no estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015 (Figura 25, Tabela 3). Os anos com maior frequência de casos foram 2012 (131 – 17,8%) e 2011 (90 – 12,2%). Já os anos com menor número de casos foram 2015 (61 - 8,3%) e 2014 (56 – 7,6%).

Tabela 3 - Número de casos de malária importada, por ano, no estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015.

Ano	Frequência	Porcentagem
2007	78	10,6
2008	77	10,5
2009	85	11,5
2010	77	10,5
2011	90	12,2
2012	131	17,8
2013	81	11,0
2014	56	7,6
2015	61	8,3
Total	736	100,0

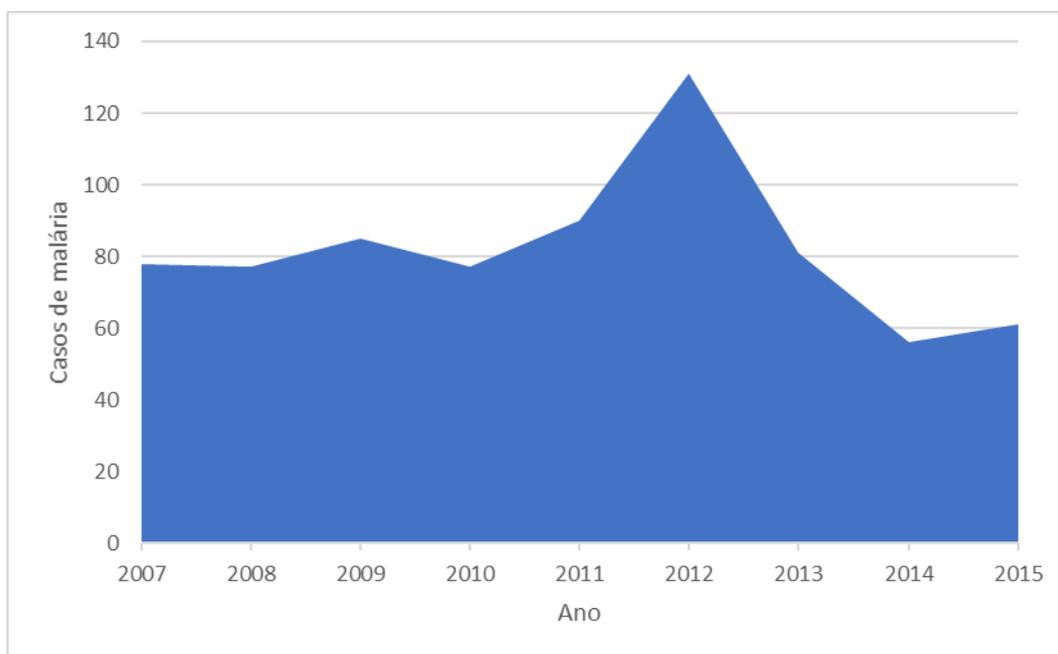


Figura 25 - Casos de malária importada, por ano, no estado do Rio de Janeiro, período de 2007 a 2015.

O perfil dos pacientes que se infectaram com o plasmódio em áreas endêmicas no Brasil e em outros países e tiveram a doença detectada pelo sistema de saúde do estado do Rio de Janeiro, qualificando o caso como sendo de malária importada, foi predominantemente de homens (565 casos – 76,5%), sendo as mulheres aproximadamente 1/4 dos casos (171 casos – 23,2%). O número de homens, de mulheres e o número total de casos em cada faixa etária (Tabela 4, Figura 26). A idade mínima de um paciente infectado pelo *Plasmodium sp* foi de um ano e a máxima de 85 anos. A média foi de 36,7 anos, com desvio padrão de 13,6 anos.

Tabela 4 - Frequência de casos de malária importada, por sexo, no estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015.

Grupo etário	Masculino	% do total	Feminino	% do total	total
0-10	12	1,7	9	1,2	21
11-20.	31	4,3	21	2,8	52
21-30	135	18,3	50	6,7	185
31-40	170	23,1	37	5,0	207
41-50	117	15,8	26	3,6	143
51-60	78	10,6	23	3,3	101
61-70	18	2,4	3	0,5	21
71-80	2	0,3	2	0,3	4
81-90	1	0,1	0	0	1

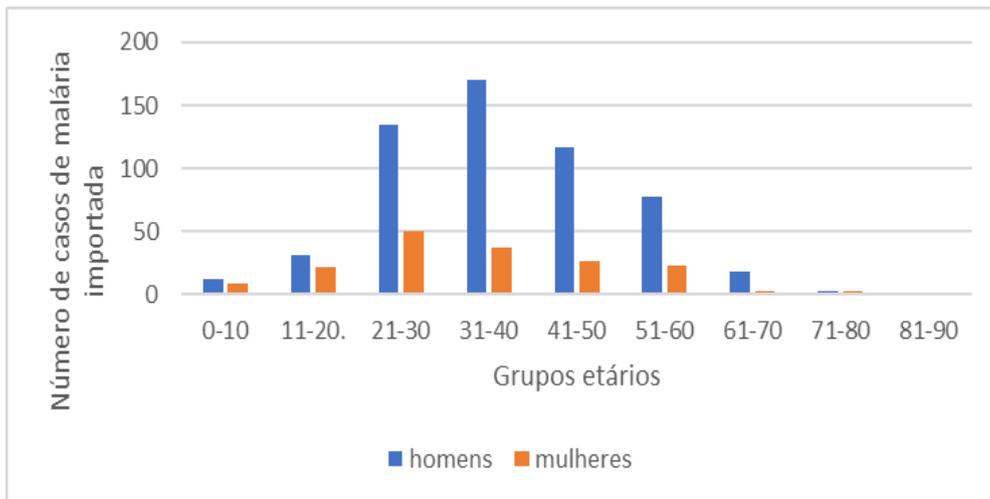


Figura 26 - Proporção de casos de malária importada no estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015, em homens e mulheres, por grupo etário.

A análise do perfil das atividades que os pacientes diagnosticados com malária provavelmente estavam desenvolvendo ao se infectarem com o agente etiológico da doença está apresentada na tabela e no gráfico a seguir (Tabela 5, Fig. 27). Destaca-se a atividade “viajante” como uma categoria de atividade onde há grande concentração dos casos de malária importada no estado do Rio de Janeiro no período analisado (266 casos - 36,1% do total). O turismo é a segunda classe de atividade com maior número de casos da malária importada no estado (44 casos - 6% do total). Uma limitação do banco de dados é o grande número de casos na classe “outros”, que impossibilita uma análise mais aprofundada sobre esse parâmetro, visto que mais de 40% dos casos estão inclusos nessa classe.

Tabela 5 - Frequência e porcentagem do tipo de atividades que provavelmente os pacientes com malária importada estavam desenvolvendo ao se infectarem com o *Plasmodium*. Período 2007-2015.

Nome atividade	Frequência	Porcentagem (%)
Não preenchido	7	0,9
Agricultura	10	1,4
Pecuária	5	0,7
Doméstica	7	1
Turismo	44	6
Garimpagem	10	1,4
Exploração vegetal	10	1,4
Caça/pesca	4	0,5
Construtor de estrada/barragem	17	2,3
Mineração	11	1,5
Viajante	266	36,1
Outros	316	42,9
Ignorado	29	3,9
Total	736	100

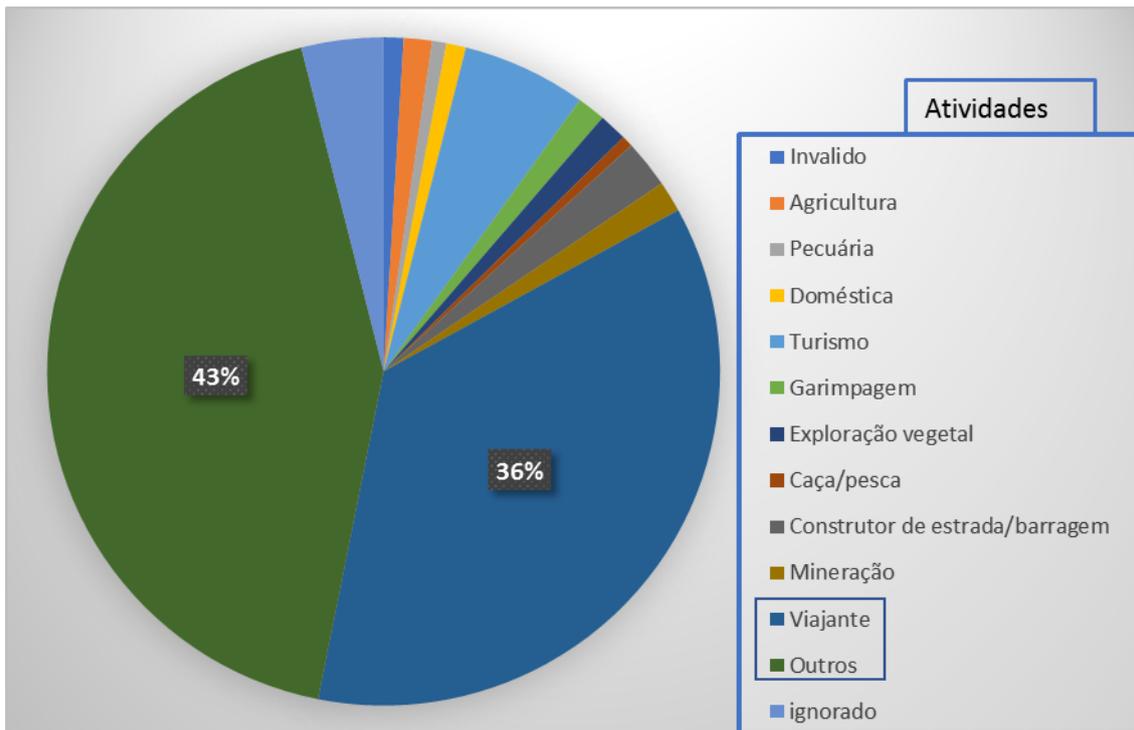


Figura 27 - Proporção das atividades que provavelmente os pacientes com malária estavam desenvolvendo ao se infectarem com o *Plasmodium sp.* Período 2007-2015.

Outra perspectiva desse perfil epidemiológico é a espécie parasitária presente no diagnóstico (Tabela 6, Fig. 28). A espécie mais encontrada pelo diagnóstico de gota espessa foi o *Plasmodium falciparum*, que foi encontrado em 361 testes e representou 49% de todos os casos de malária importada no estado do Rio de Janeiro no período analisado. A segunda espécie mais predominante foi o *P. vivax*, detectado em 279 testes, o que representa 37,9% do total. O total de casos sem informação para esse parâmetro no banco de dados foi de 65, totalizando 8,8% do total de casos de malária importada no estado. A figura e tabela a seguir mostram as proporções e frequências de todos os casos de malária analisados no período.

Tabela 6 - Frequência e proporção das espécies parasitárias encontradas no teste diagnóstico de gota espessa dos pacientes com malária importada no estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015.

Espécie parasitária	Frequência	Porcentagem (%)
Casos sem preenchimento	65	8,8
<i>P. falciparum</i>	361	49
<i>P. falciparum</i> com gametócitos	3	0,4
<i>P. vivax</i>	279	37,9
<i>P. falciparum</i> + <i>P. vivax</i>	13	1,8
<i>P. vivax</i> com gametócitos	2	0,3
Gametócitos	4	0,5
<i>P. malariae</i>	3	0,4
<i>P. ovale</i>	6	0,8
Total	736	100

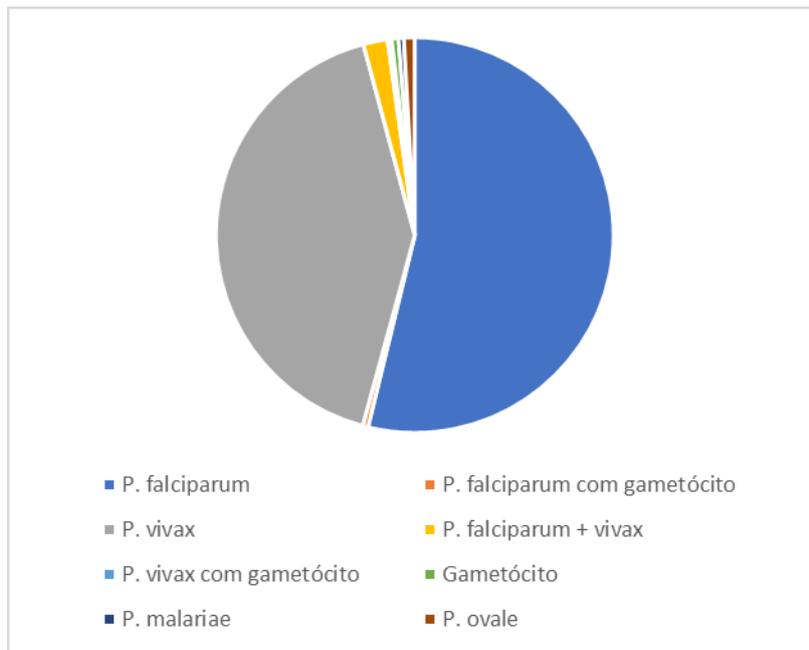


Figura 28 - Proporção das espécies parasitárias encontradas no teste diagnóstico de gota espessa dos pacientes com malária importada no estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015.

Ainda analisando a perspectiva dos parasitos encontrados nos pacientes, tem-se que a maior parte das amostras se encontra na classe de “uma cruz” (uma +), seguida pela classe “duas cruces” (duas +). A categorização das classes é feita da seguinte forma: se a quantidade de parasitos por mm^3 for menor que 200, é classificado como “uma cruz”; se for maior ou igual a 200 mm^3 e menor ou igual a 300 mm^3 , preencher “duas cruces”; se a densidade parasitária for maior ou igual a 301 mm^3 e menor ou igual a 500 mm^3 , preencher com “três cruces”. Se maior ou igual a 501 mm^3 e menor ou igual a 10.000 mm^3 preencher com “quatro cruces”; se maior ou igual à 10001 mm^3 e menor ou igual a 100000 mm^3 , preencher quatro cruces (Tabela 7, Fig. 29).

Tabela 7 - Frequência e porcentagem de casos em cada classe relativa a densidade parasitária em cada amostra de paciente diagnosticado com malária importada no estado do Rio de Janeiro.

Classes	Frequência	Porcentagem (%)
Não preenchido	65	8,8
Menor que meia +	33	4,5
Meia +	64	8,7
Uma +	303	41,2
Duas +	189	25,7
Três +	66	9
Quatro+	16	2,2
Total	736	100

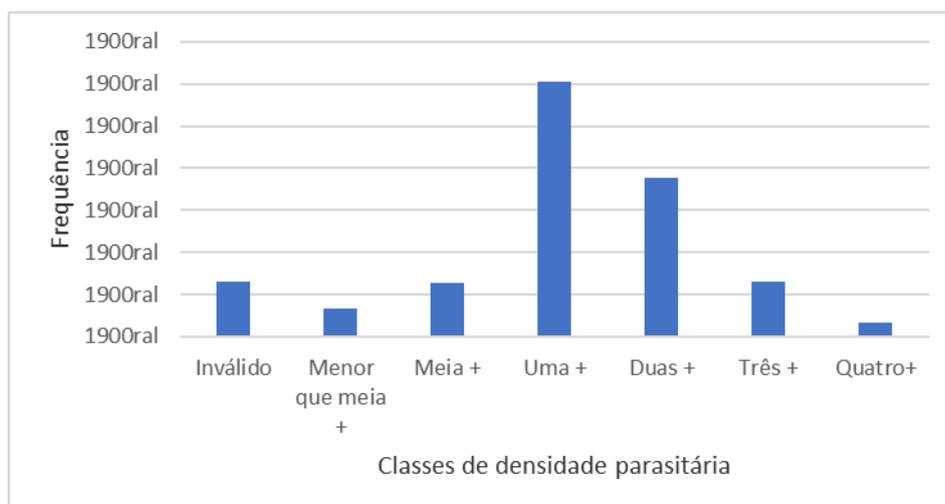


Figura 29 - Frequência de casos em cada classe de densidade parasitária, no período de 2007 a 2015.

Uma análise que se mostra crucial para esse trabalho é sobre a origem dos casos importados que são detectados pelo sistema de saúde do estado do Rio de Janeiro. Destaca-se que do total de 695 casos de malária importada, 384 (55,3%) são provenientes de fora do país, enquanto 352 (44,7%) são oriundos do Brasil (Fig. 29). Dos casos provenientes do Brasil, os estados que

mais contribuíram com a importação são Amazonas (126), Rondônia (64) e Pará (40), todos estados da Amazônia Legal (Tabela 8). Fora da Amazônia legal, o estado de Mato Grosso do Sul (4 casos), Minas Gerais (1), Piauí (1), Paraná (1) e São Paulo (1). A tabela com os casos totais se encontra a seguir, assim como o mapa com a carga de importação proveniente de cada estado para o estado do Rio de Janeiro (Tabela 8, Fig. 29).

Tabela 8 - Número total de casos importados para o estado do Rio de Janeiro e o respectivo estado de origem, no período de 2007 a 2015.

Estados	Frequência	Porcentagem
Outros países	384	55,3
AC	19	2,7
AM	126	18,1
AP	20	2,9
MA	15	2,2
MG	1	0,1
MS	4	0,6
MT	4	0,6
PA	40	5,8
PI	1	0,1
PR	1	0,1
RO	64	9,2
RR	8	1,2
SP	1	0,1
TO	7	1,0
Total	695	100,0

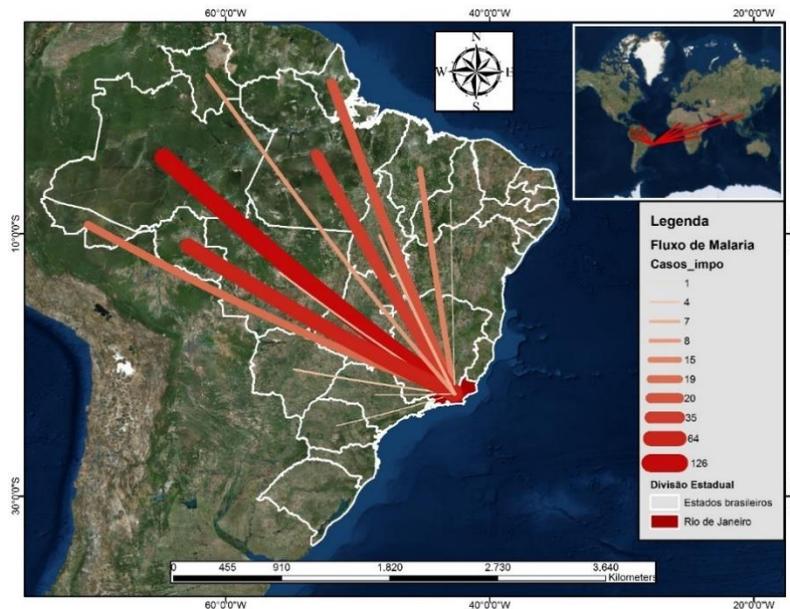


Figura 30 - Mapa com a carga de importação proveniente de cada estado para o estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015.

Quando analisamos o município de origem dos casos observamos que foram provenientes de 78 municípios diferentes. Dos 352 casos de malária importada provenientes do Brasil para o estado do Rio de Janeiro, 154 tiveram apenas cinco municípios como origem, o que representa 43,7% do total de casos (Fig. 31). Os cinco municípios que concentram os 154 casos foram Manaus (Amazonas, 81 casos), Porto Velho (Rondônia, 43 casos), São Luis (Maranhão, 10 casos), Belém (Pará, 10 casos) e São Gabriel da Cachoeira (Amazonas, 10 casos).

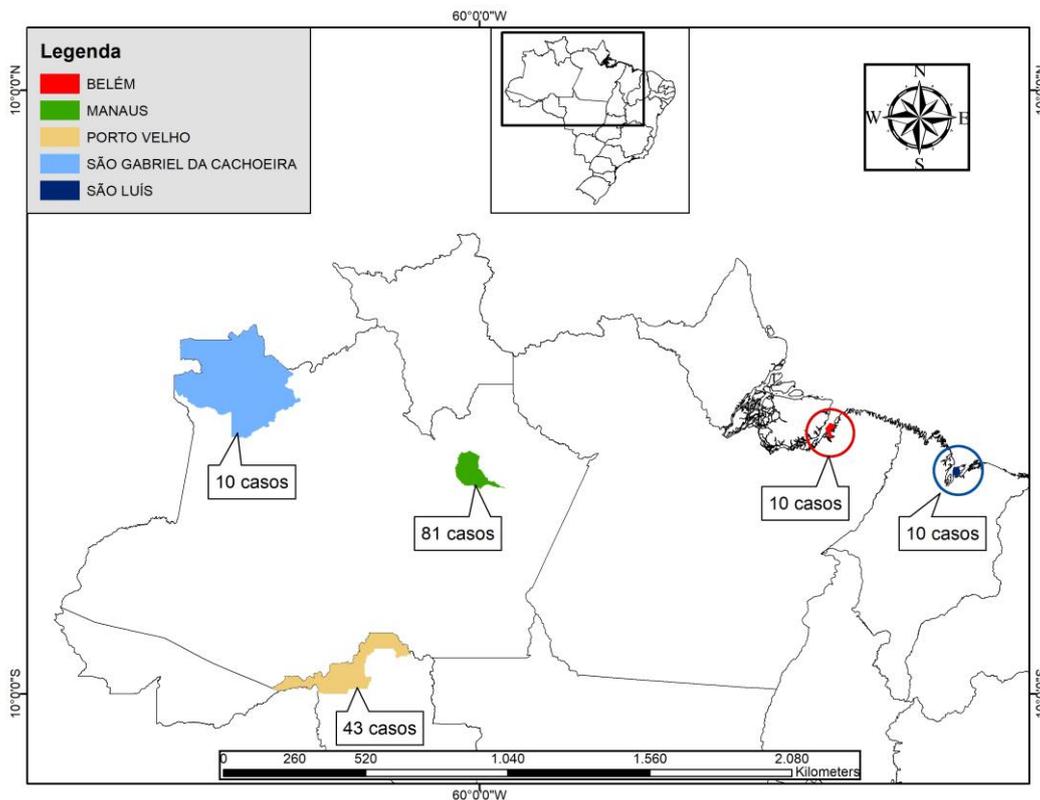


Figura 31 - Os cinco municípios que exportaram o maior número de casos de malária para o estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015.

Sobre o destino dos casos de malária importada dentro do estado do Rio de Janeiro, analisamos o município de residência de cada paciente. No total 592 pacientes com malária importada de outros estados ou países tinham municípios do estado do Rio de Janeiro como residência. Desse total 402 (68%) moravam no município do Rio de Janeiro, capital do estado. Os outros 190 casos estão distribuídos em 41 municípios ao longo desse território, sendo os municípios de Macaé (25 casos), Niterói (23), São Gonçalo (17) e Duque de Caxias (17) aqueles com o maior número de casos, retirando-se o município do Rio de Janeiro.

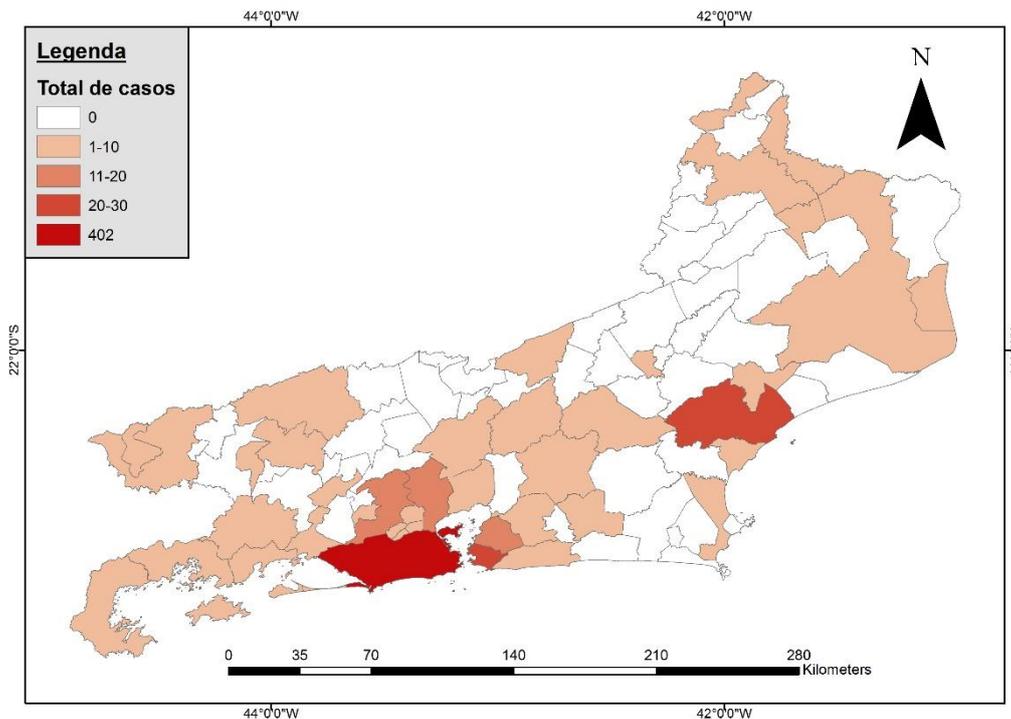


Figura 32 - Mapa com a distribuição dos casos de malária importada no estado do Rio de Janeiro por município de residência. Período de 2007 a 2015.

4.1. Migração

Nossa análise sobre migração no estado do Rio de Janeiro visa identificar a mobilidade populacional, que representa a mudança no lugar de residência (Vinuesa et al. 1997), no caso, aquelas pessoas saem de seu estado de origem e que chegam ao estado do Rio de Janeiro. Acredita-se que esse processo possa estar relacionado com a malária importada no estado. A variável utilizada para entender esse processo foi extraída do censo demográfico 2010, do grupo de variáveis “características gerais da população”. A variável específica utilizada foi “pessoas de 5 anos ou mais de idade que não residiam na Unidade da Federação em 31.07.2005”, sendo a unidade da federação utilizada, o estado do Rio de Janeiro.

Sendo assim, o total de migrantes que vieram de outros países ou estados para o Rio de Janeiro foi de 332.328 pessoas. Desse total, 313.034 pessoas (94,3%) migraram internamente no país, ou seja, vieram de algum outro estado para o do Rio de Janeiro. Desse total 42.618 migrantes nacionais não tiveram a origem definida. Os estados que mais contribuíram com a migração no estado do Rio de Janeiro foram Minas Gerais (46.868 pessoas –

14,1% do total), São Paulo (41.098 pessoas – 12,3% do total), Bahia (27.028 pessoas – 8,1%) e o Ceará (25.819 pessoas – 7,7%). Na figura abaixo a relação do número de migrantes por estado brasileiro. Do exterior, observou-se a imigração de 18.945 pessoas (5,7%).

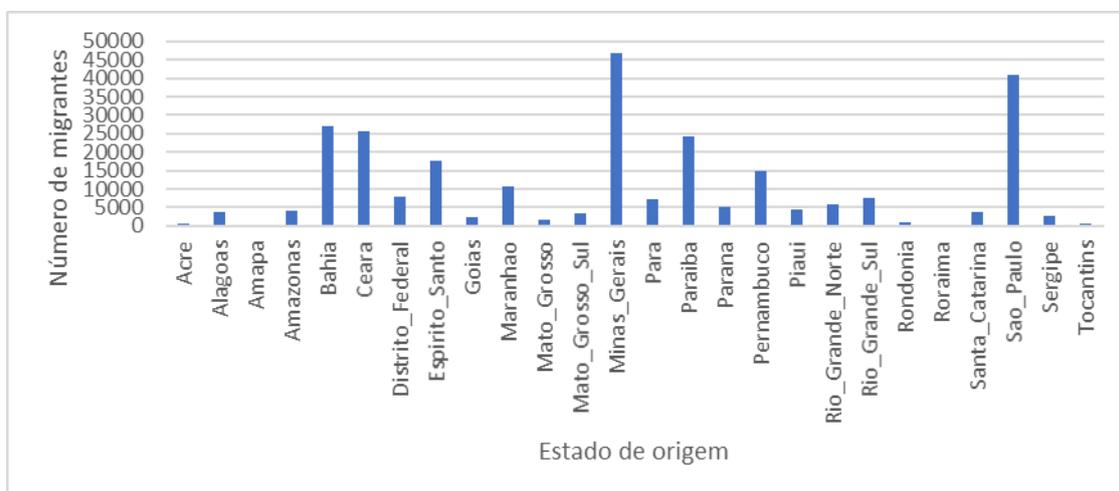


Figura 33 - Número de pessoas de 5 anos ou mais de idade, por estado, que não residiam no estado do Rio de Janeiro em 31.07.2005. Fonte: Censo 2010.

Passando a analisar os municípios do estado do Rio de Janeiro para os quais os migrantes se destinaram, verificamos que o município do Rio de Janeiro obteve um número muito mais expressivo de migrantes que os demais municípios analisados (157.721 pessoas – 47,5% do total). Nesse sentido, analisaremos ele separadamente dos demais, para que sua magnitude não influencie na análise sobre os contingentes migratórios dos demais municípios.

A análise dos migrantes do município do Rio de Janeiro mostra que a maioria deles origina-se dos estados do Ceará (19.003 migrantes – 12%), da Paraíba (17.643 migrantes - 11,1%), de São Paulo (17.522 migrantes – 11,1%), de Minas Gerais (14.723 migrantes – 9,3%) e da Bahia (13.014 migrantes – 8,2%). A regiões nordeste e a região sudeste, na qual o próprio município está inserido, se mostram aquelas com maior número de migrantes (Figura 33).

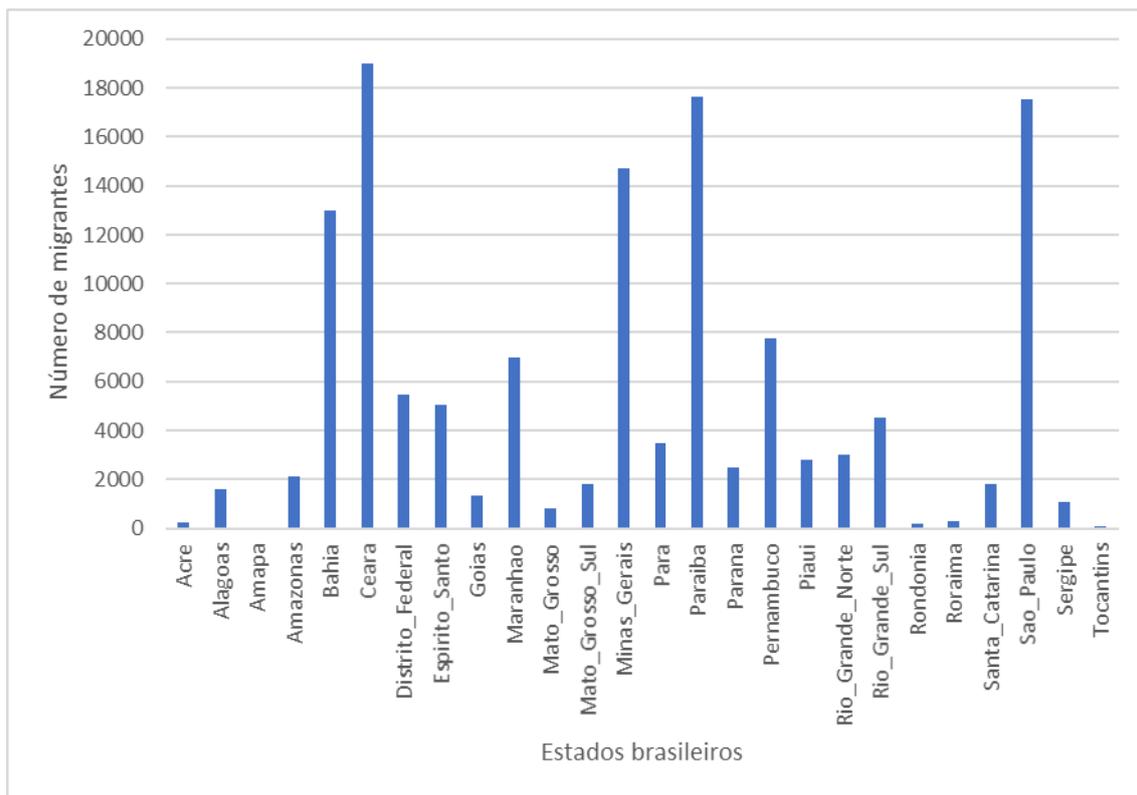


Figura 34 - Migrantes que tiveram como destino o município do Rio de Janeiro, por estado de origem, excluindo-se os estrangeiros e sem origem definida. Fonte: Censo 2010.

Retirando-se o município do Rio de Janeiro e analisando os demais com relação a migração, observa-se uma alta concentração de migrantes nos municípios de Macaé (13.972 migrantes), Niterói (13.153 migrantes), São Gonçalo (12.341 migrantes), Duque de Caxias (10.815 migrantes) e Nova Iguaçu (8.563 migrantes), que juntos somam 58.844 ou 17,7% do total de migrantes para o estado do Rio de Janeiro. Destaca-se que com exceção de Macaé, todos os municípios entre os cinco que mais apresentaram migrantes são da região metropolitana do estado Rio de Janeiro.

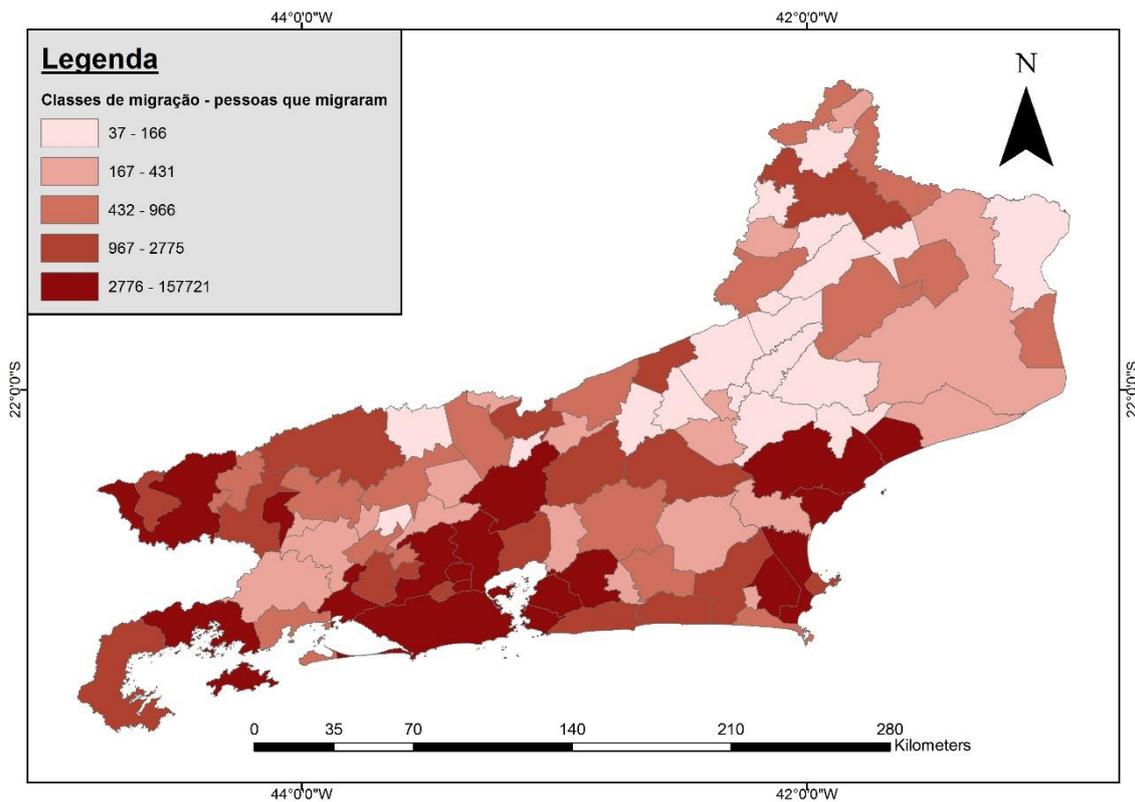


Figura 35 - Mapa com a distribuição por município das pessoas de 5 anos ou mais de idade, que não residiam no estado do Rio de Janeiro em 31/07/2005, do Brasil e do exterior, dividido em 5 classes. Fonte: Censo IBGE 2010.

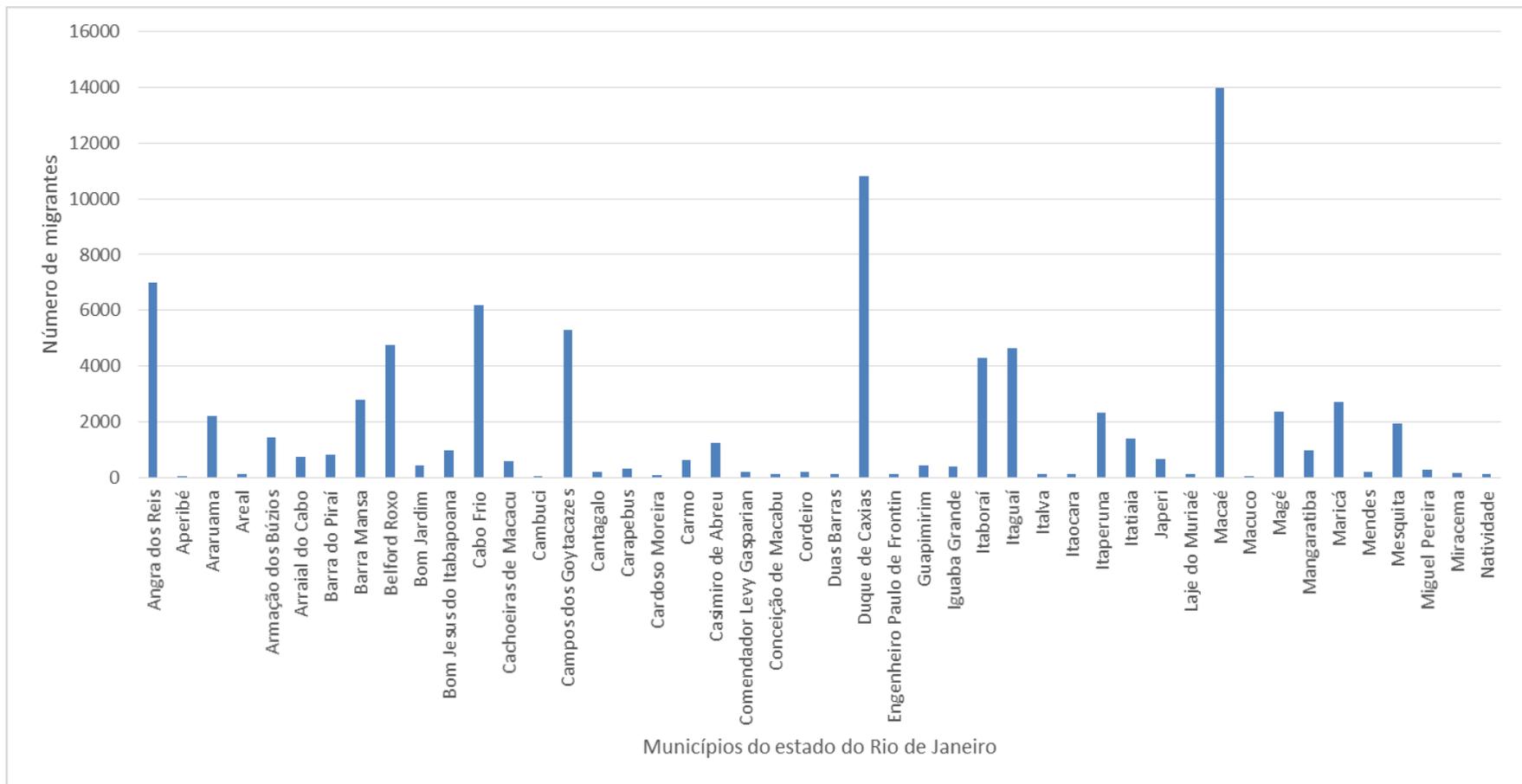


Figura 36 - Municípios do estado do Rio de Janeiro de destino das pessoas de 5 anos ou mais de idade que não residiam no estado em 31.07.2005, tanto brasileiros como estrangeiros. Fonte: Censo IBGE 2010.

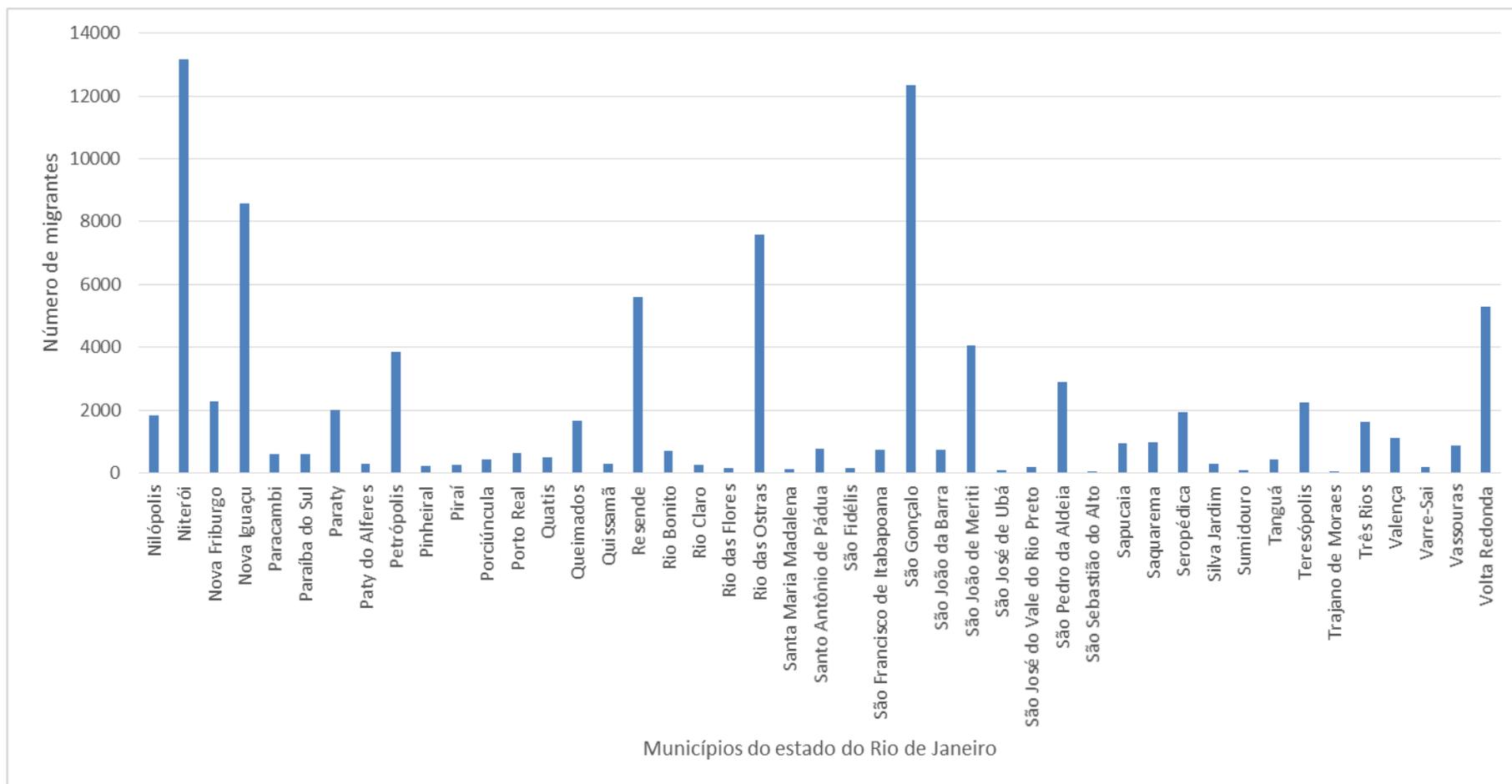


Figura 37 - Municípios do estado do Rio de Janeiro de destino das pessoas de 5 anos ou mais de idade, que não residiam no estado em 31/07/2005, tanto brasileiros como estrangeiros. Fonte: Censo IBGE 2010.

4.2. Empresas

Essa variável representa as unidades jurídicas, seja uma firma ou uma razão social, que engloba um conjunto de atividades econômicas exercidas em uma ou mais unidades locais, cuja principal receita provem de uma atividade industrial (<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pia-empresa/variaveis>). Se uma empresa possui diversas sedes (unidades locais) no mesmo município, então será contabilizada apenas uma nessa estatística. Ressalta-se que a base de dados disponibilizou o número de empresas por município, no intervalo de tempo de 2006 a 2014.

Sendo assim, fez-se a média do número de empresas ao longo do período compreendido entre 2006-2014 em cada município do estado do Rio de Janeiro. Somando as médias de todos os municípios nesse período, tem-se um total de 365.021 empresas no estado. Os municípios que mais possuem empresas no estado do Rio de Janeiro são: Rio de Janeiro (180.454 empresas – 49,4% do total), Niterói (15.886 empresas – 4,3%), Duque de Caxias (12.076 empresas – 3,3%), São Gonçalo (11.388 empresas – 3,1%). Nota-se que o município do Rio de Janeiro possui um número empresas extremamente superior aos demais municípios, sendo assim construiremos o gráfico retirando esse município para que sua magnitude não subestime os valores dos demais.

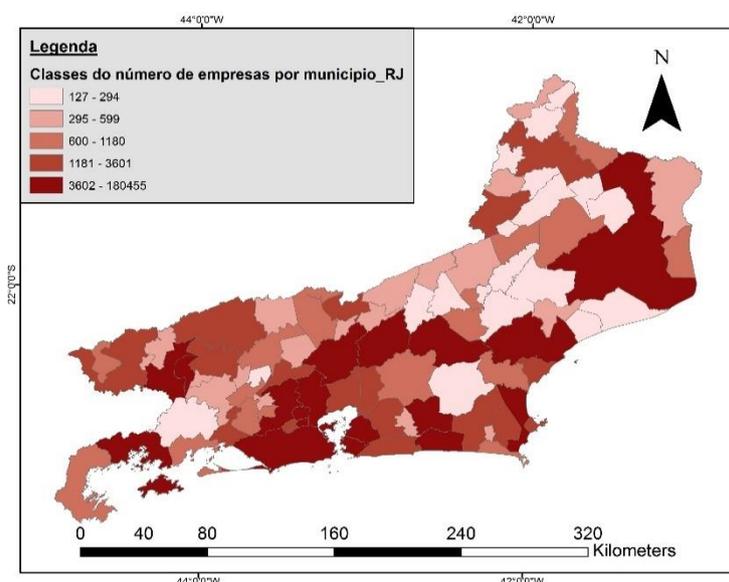


Figura 38 - Mapa com as classes de empresas por município do estado do Rio de Janeiro. Fonte: CEMPRE – IBGE.

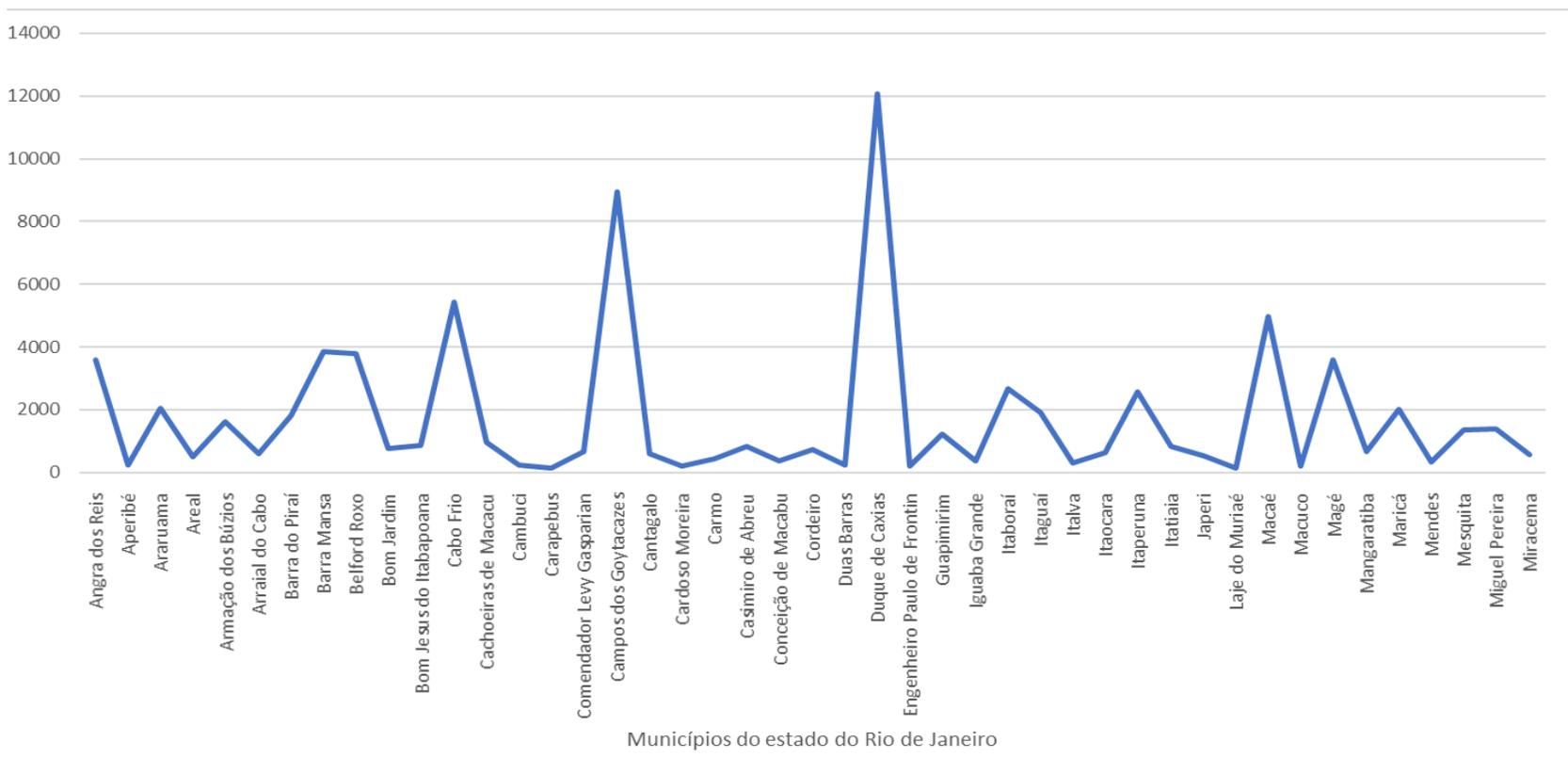


Figura 39 - Número médio de empresas nos municípios do estado do Rio de Janeiro no período de 2006-2014. Fonte: CEMPRE – IBGE.

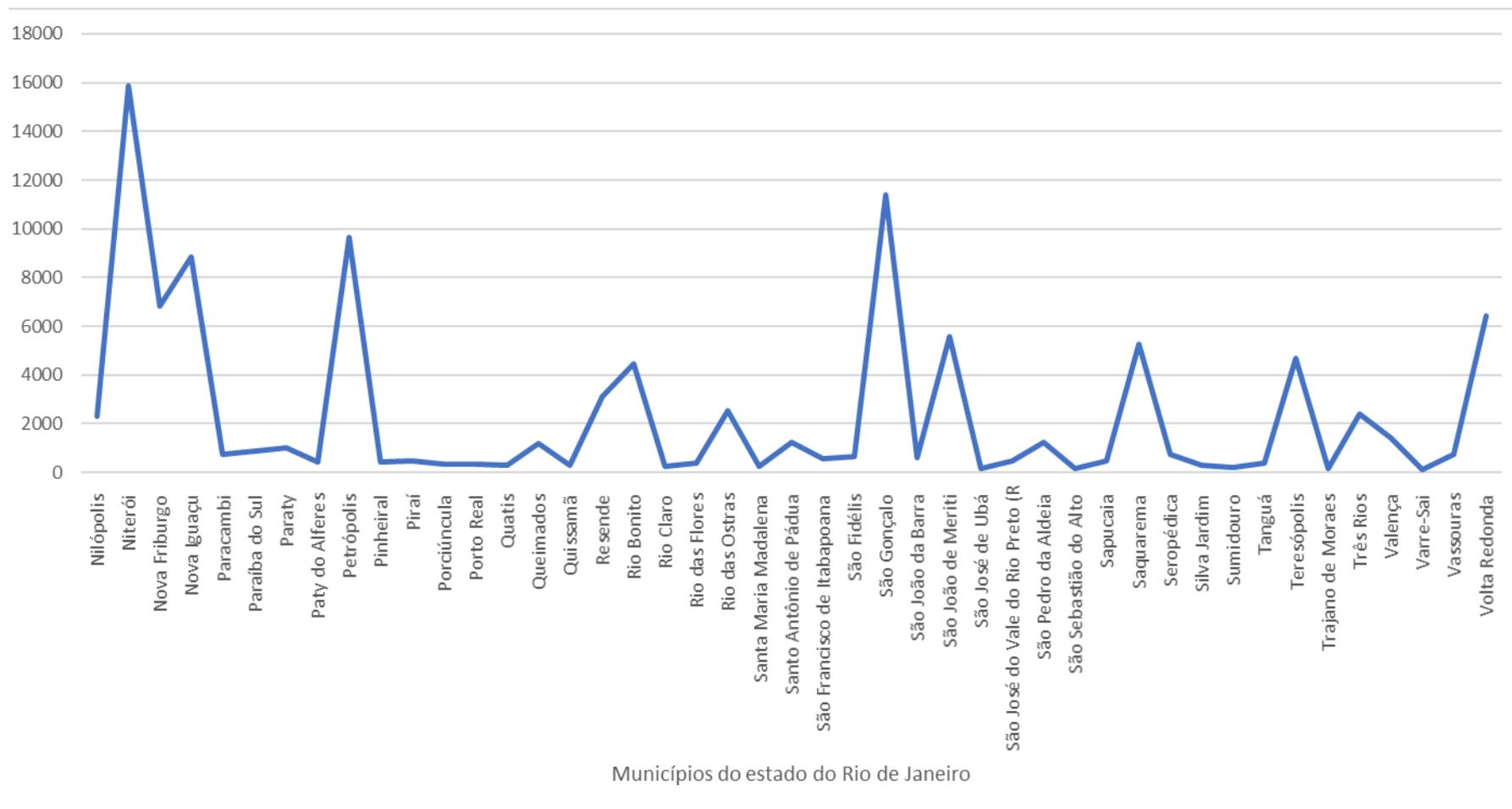


Figura 40 - Número médio de empresas nos municípios do estado do Rio de Janeiro no período de 2006-2014. Fonte: CEMPRE – IBGE.

4.3. Grandes empreendimentos

Os grandes empreendimentos deste estudo são aqueles de alta e média magnitude, de acordo com a Resolução CONAMA nº 1/86 e Lei estadual nº 1.356/88. Os grandes empreendimentos são aqueles que possuem potencial de causar grandes impactos ambientais e sociais nos territórios nos quais eles serão implantados. Para nosso estudo, esses grandes empreendimentos são entendidos como atratores populacionais de trabalhadores que se originam de diferentes partes do país e do mundo. Nesse sentido o estado do Rio de Janeiro possui um total de 38 grandes empreendimentos. Os municípios que mais apresentam empreendimentos são Rio de Janeiro (9 – 23,6%), Macaé (8 - 21%), Duque de Caxias (5 – 13,1%) e Itaboraí (3 – 7,8%). Destaca-se que desses quatro municípios supracitados, três se encontram na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro.

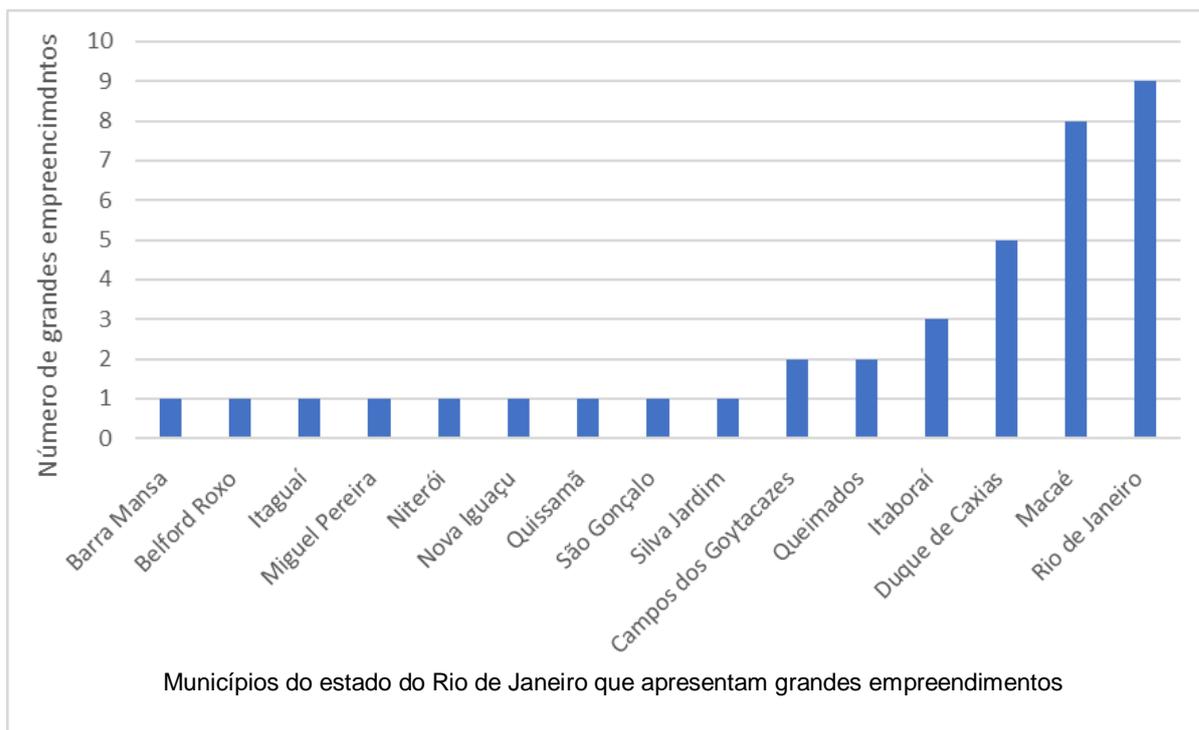


Figura 41 - Municípios que apresentam grandes empreendimentos no estado do Rio de Janeiro. Fonte: INEA 2010.

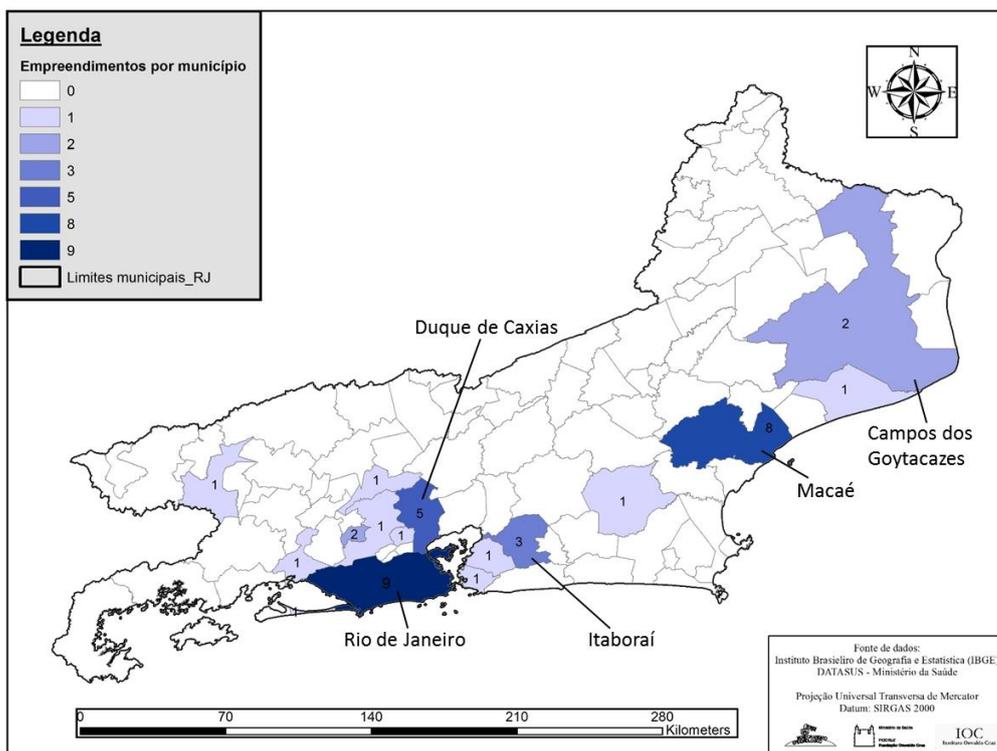


Figura 42 - Mapa com a distribuição de grandes empreendimentos por municípios, no estado do Rio de Janeiro. Fonte: INEA 2010.

4.4. Regressão linear entre a malária importada, migração, empresas e empreendimentos do estado do Rio de Janeiro.

Nessa análise buscou-se entender se há alguma relação entre a variável resposta (casos de malária importada) e as variáveis de explicação (migração, empresas e empreendimentos). Todas as variáveis estão agregadas por município.

Utilizou-se um modelo de regressão linear executado pelo programa SPSS 23, no qual o resultado foi significativo ($p < 0,0001$) e o poder de explicação do modelo foi de 99,3% ($R^2 = 0,993$). Sendo assim, pode-se dizer que a presença de malária importada em um determinado município do estado do Rio de Janeiro não possui um padrão aleatório de distribuição e possui alta probabilidade de estar associado a presença das variáveis resposta migração, empresas e grandes empreendimentos.

Tabela 9 - Tabela de sumarização do modelo de regressão envolvendo a variável dependente malária importada e as variáveis independentes migração, empresas e grandes empreendimentos do estado do Rio de Janeiro.

Sumarização do modelo^b

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Estatísticas de mudança					Durbin-Watson
					Mudança de R quadrado	Mudança F	gl1	gl2	Sig. Mudança F	
1	0,997 ^a	0,993	0,993	3,456	,993	4437,415	3	88	,000	2,005

a. Preditores: (Constante), migra_tota, Grand_empreend, Media_empresa

b. Variável Dependente: Total

Tabela 10 - Tabela de sumarização do modelo da análise de variância da regressão entre a variável dependente malária importada e as variáveis independentes migração, empresas e grandes empreendimentos do estado do Rio de Janeiro.

ANOVA^a

Modelo		Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
1	Regressão	159033,326	3	53011,109	4437,415	,000 ^b
	Resíduo	1051,283	88	11,946		
	Total	160084,609	91			

a. Variável Dependente: Total

b. Preditores: (Constante), migra_tota, Grand_empreend, Media_empresa

É importante destacar que apesar do alto poder de explicação do modelo, as variáveis não possuem no gráfico de dispersão um padrão aleatório de dispersão (Figura 40). É importante que essa questão seja analisada de forma mais profunda.

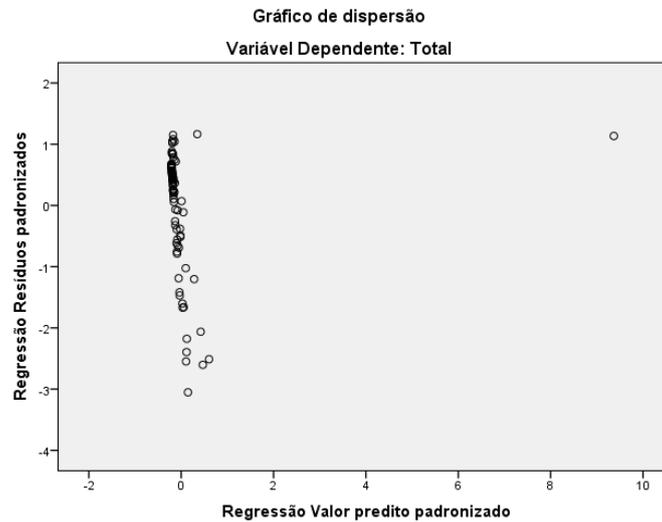


Figura 43 - Gráfico de dispersão dos resíduos do modelo de regressão.

Apesar dessa questão, é importante ressaltar que a regressão entre os resíduos padronizados, na qual se correlacionam as probabilidades cumulativas esperadas com as probabilidades cumulativas observadas, obteve um resultado satisfatório com os pontos de interseção entre as variáveis se concentrando ao longo da reta, o que nos aponta a normalidade dos dados.

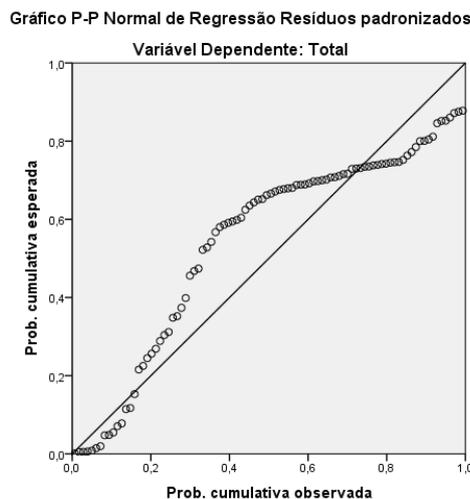


Figura 44 - Gráfico de probabilidade normal dos resíduos da regressão.

4.5. Modelo de receptividade territorial para malária no estado do Rio de Janeiro

O modelo em questão foi construído para ter cinco classes qualitativas de receptividade: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa (Fig. 42). A receptividade de cada área está relacionada a presença de indicadores ambientais que favorecem a presença dos vetores anofelinos do subgênero *Nyssorrhynchus*. Os indicadores são temperatura, pluviosidade, geomorfologia e vegetação.

A classe de receptividade com maior presença no território do estado do Rio de Janeiro foi a “alta”, com cobertura de 17.557,98 Km², que representa 41,6% do território total do estado. Essa classe possui estreita relação com as condições ideais dos indicadores ligados a pluviosidade, temperatura e geomorfologia, sem que haja a presença do indicador vegetação. A classe de receptividade com a menor cobertura no estado é a muito baixa, ou seja, áreas onde a probabilidade da presença dos anofelinos vetores da malária do subgênero *Nyssorrhynchus* é muito baixa. A extensão dessa classe no estado do Rio de Janeiro foi de 0.35 Km², que representa 0,08% do território (Tabela11).

Tabela 11 - Classes de receptividade territorial para a presença de criadouros do subgênero *Anopheles Nyssorrhynchus* no estado do Rio de Janeiro.

Classe de receptividade	Área coberta (Km ²)	Proporção de área coberta (%)
Muito baixa	0,35	0,08
Baixa	7936,9	18,82
Média	16189,52	38,3
Alta	17557,98	41,62
Muito alta	497,14	1,18
Total	42181,89	100

A classe de receptividade mais importante no nosso modelo é a “muito alta”, pois essa classe representa as condições ambientais e climatológicas ideais para a presença dos habitats larvais (criadouros) dos mosquitos *Anopheles Nyssorrhynchus*. Essa classe de receptividade cobre 497,14 Km² ou 1,18% do território do estado do Rio de Janeiro.

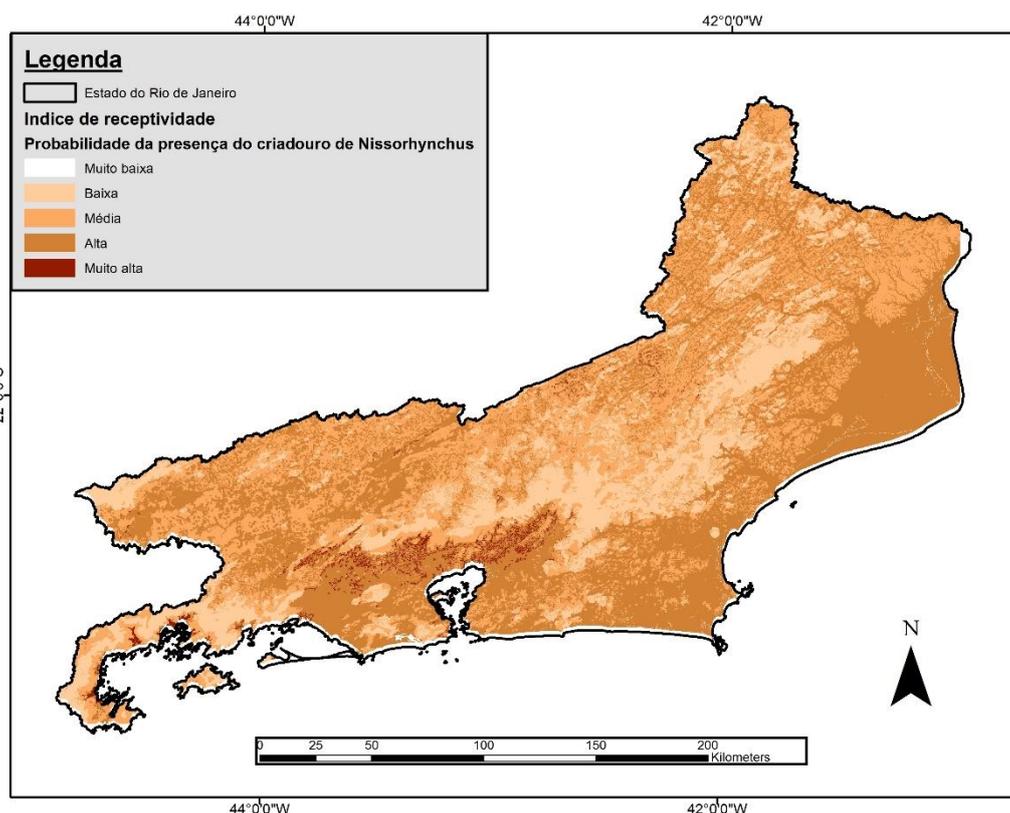


Figura 45 - Mapa com as classes de receptividade territorial para a malária no estado do Rio de Janeiro.

O estado do Rio de Janeiro possui no total 92 municípios, dos quais 41 possuem a classe de receptividade “muito alta” em seus territórios (Tabela 12). Destaca-se que 11 municípios possuem mais do que 10 Km² da classe “muito alta”. Os municípios que apresentam as maiores proporções de cobertura dessa classe são Duque de Caxias (66,71 Km²), Cachoeiras de Macacu (61,07 Km²), Guapimirim (54,31 Km²) e Magé (49,64 Km²). Em relação a proporção territorial ocupada por essa classe nos municípios do estado, Japeri (25,91%), Guapimirim (15,04%), Duque de Caxias (14,25%) e Magé (12,77%) são aqueles com maiores proporções. Todos esses municípios, tanto com relação a quantidade total de área ocupada, como de proporção de área ocupada, se situam na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro, a qual possui uma população de mais de 12.000.000 habitantes, de acordo com estimativas do IBGE.

Alguns municípios dentre os 41 apresentam a classe de receptividade “muito baixa”, como Santa Maria Madalena (0,001 Km²), Miracema (0,01 Km²) e Itaperuna (0,06 Km²).

É importante ressaltar que o estado do Rio de Janeiro possui uma área total de 43.780 Km², mas no nosso modelo esse mesmo estado possui área total de 42.182 Km². As proporções de receptividade foram calculadas com base na área total do modelo.

4.6. Modelo de identificação de potenciais criadouros do subgênero *Anopheles Nyssorrhynchus* por sensoriamento remoto, no município de Cachoeiras de Macacu.

O resultado dessa etapa foi a identificação de todos os corpos hídricos do município de Cachoeiras de Macacu, os quais consideramos potenciais criadouros do subgênero *Anopheles Nyssorrhynchus* (Figura 43).

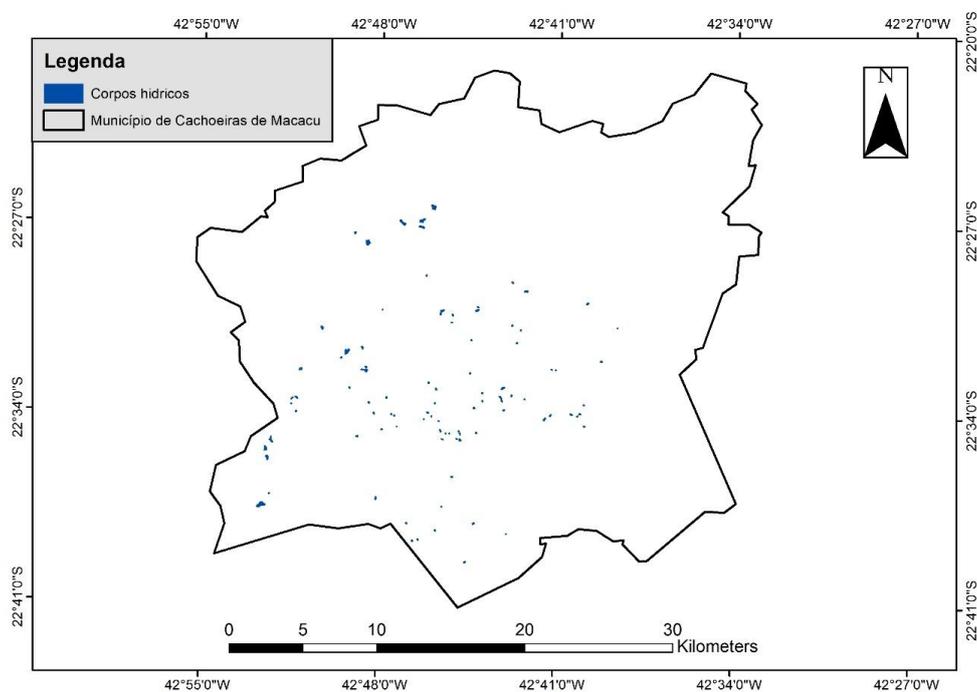


Figura 46 - Corpos hídricos do município de Cachoeiras de Macacu, análise do sensoriamento remoto e classificação manual de objeto.

Foram contabilizados no total 103 corpos hídricos no território do município de Cachoeiras de Macacu. A distribuição deles se deu por todo o território, com exceção das áreas com alto declive como as sudeste, nordeste e noroeste do município. O tamanho dessas coleções hídricas também variou muito (de 150.728 m² a 503 m²) e tinham como finalidade desde a criação de peixes em propriedades privadas, passando por fins industriais e até lagos naturais sem alterações antrópicas.

Nesse sentido, após a etapa de classificação de potenciais criadouros de anofelinos vetores da malária no município de Cachoeiras de Macacu, foi feita a seleção de algumas dessas áreas para a averiguação da presença ou ausência de formas imaturas desses vetores. Com base no uso do solo, selecionamos áreas com diferentes perfis demográficos-ambientais, para poder correlacionar com possíveis determinantes da presença dos anofelinos na região. O produto final desse processo está exposto no mapa a seguir:

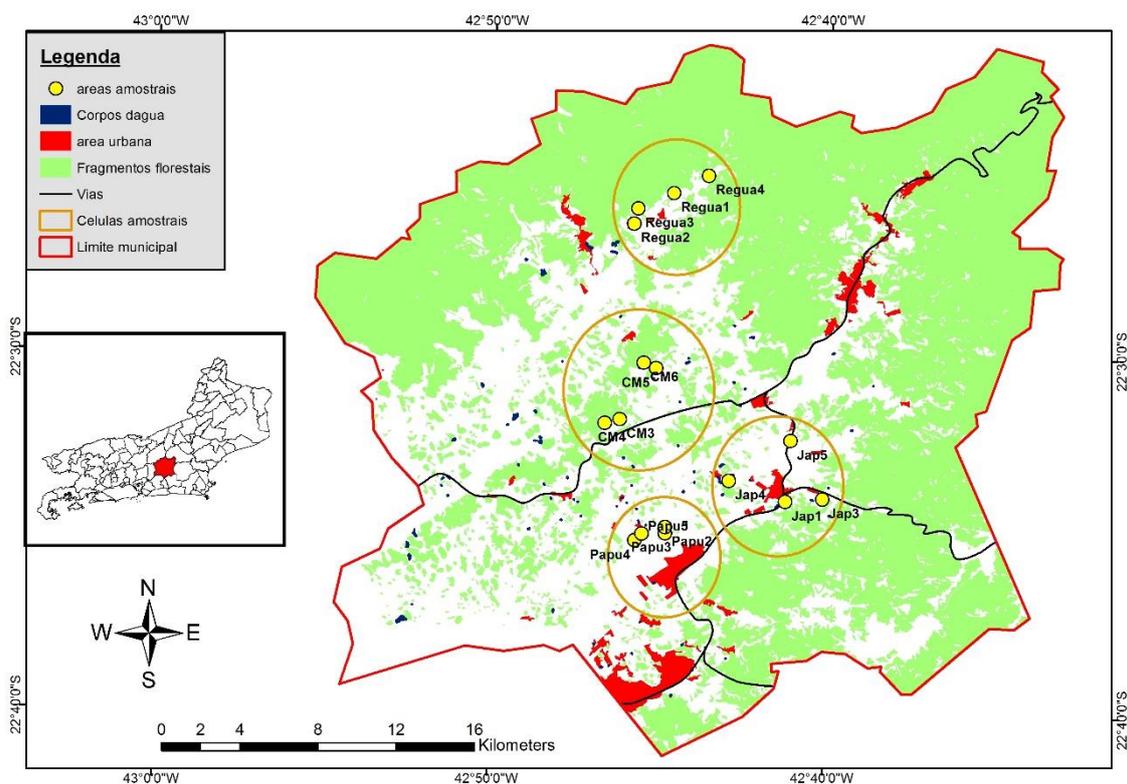


Figura 47 - Localização das células e pontos amostrais de coletas de anofelinos no município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, fruto da metodologia de seleção de potenciais criadouros de anofelinos por sensoriamento remoto. Fonte: Ricardo 2016.

No total selecionamos 16 corpos hídricos, cercados por diferentes perfis socioambientais (em um gradiente de antropização) e com diferentes tamanhos. O tamanho dos corpos hídricos variou de 1069,5 m² à 150.728,7 m², sendo a área média de 17.654,8 m².

As áreas foram selecionadas de acordo com seu grau de antropização, formando um gradiente que se inicia em áreas extremamente naturais (as áreas da Régua), até áreas de alto grau de antropização (como Papucaia). Há áreas industriais, de moradia, de pastagem de gado, de produção agrícola, de proteção ambiental, de forma a abarcar quase todos os tipos de paisagem existentes no município. Isso será importante nas análises sobre os determinantes da distribuição das espécies do subgênero de anofelinos *Nyssorrhynchus*. Nessas áreas foram feitas coletas desse subgênero.

4.7. Estudo entomológico: Ecologia da paisagem de imaturos de *Anopheles* do subgênero *Nyssorrhynchus*

No total foram realizadas quatro coletas de imaturos no município de Cachoeiras de Macacu das quais duas, pois a primeira teve caráter de piloto e a última ainda não teve a identificação das espécies concluída.

Sendo assim, nesse estudo foram coletados um total de 3.932 formas imaturas de anofelinos do subgênero *Nyssorrhynchus*. No mês de janeiro de 2016, foram coletadas um total de 562 larvas e em abril e início de maio 3.370 larvas (Tabela 12 e 13). Foi feito um teste T para amostras pareadas, visto que as amostras não são independentes, por terem sido coletadas nos mesmos pontos amostrais. Esse teste foi feito para saber se as coletas pertencem a populações de dados distintas e podem ser consideradas grupos de dados diferentes. Sendo assim, o resultado foi significativo ($p < 0,05$) e a hipótese nula foi rejeitada, indicando que realmente os grupos de dados são distintos entre si.

Tabela 12 - Número total de formas imaturas de anofelinos coletadas no município de Cachoeiras de Macacu, abril e maio de 2016.

Localidade amostral	Data de coleta	Número total de formas imaturas	An.									Total	
			<i>rangeli</i>	<i>evansae</i>	<i>albitarsis</i>	<i>triannulatus</i>	<i>braziliensis</i>	<i>strodei/rondoni</i>	<i>aquasalis</i>	<i>argyritarsis</i>	<i>oswaldoi</i>		
Régua1	25/04/2016	228	1	5	0	0	0	0	0	0	0	8	14
Regua2	26/04/2016	41	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0	5
Regua3	04/05/2016	87	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	14
Regua4	26/04/2016	13	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Papu2	03/05/2016	327	0	0	5	3	4	0	1	1	0	0	14
Papu3	03/05/2016	41	0	0	12	4	0	0	0	0	0	0	16
Papu4	03/05/2016	248	0	1	19	2	1	0	0	3	0	0	26
Papu5	03/05/2016	330	0	1	69	0	8	0	0	0	0	0	78
CM3	27/04/2016	224	0	0	34	4	4	0	0	0	0	2	44
CM4	27/04/2016	116	0	0	13	0	16	0	0	1	0	0	30
CM5	26/04/2016	254	0	0	8	0	0	16	0	0	1	0	25
CM6	26/04/2016	93	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	3
Jap1	04/05/2016	530	0	5	14	5	3	4	0	0	1	0	32
Jap3	28/04/2016	293	0	6	44	6	0	0	1	0	0	0	57
Jap4	27/04/2016	335	0	0	17	4	9	1	0	0	4	0	35
Jap5	28/04/2016	210	0	6	29	1	6	0	0	1	1	0	44
Total		3370	2	25	282	29	54	21	2	6	18	0	439

Tabela 13 - Número total de formas imaturas de anofelinos coletados no município de Cachoeiras em Janeiro de 2016.

Localidade amostral	Data coleta	Imaturos coletados	<i>An. rangeli</i>	<i>An. evansae</i>	<i>An. albitarsis</i>	<i>An. triannulatus</i>	<i>An. braziliensis</i>	<i>An. oswaldoi</i>	Total
Regua1	18/01/2016	48	2	3	2	0	1	4	12
Regua2	25/01/2016	40	1	1	1	0	1	0	4
Regua3	27/01/2016	43	0	0	0	0	0	0	0
Regua4	27/01/2016	4	0	0	0	0	0	0	0
Papu2	21/01/2016	72	0	2	0	0	0	0	2
Papu3	21/01/2016	7	0	0	0	0	0	0	0
Papu4	21/01/2016	12	0	0	1	0	0	0	1
Papu5	21/01/2016	16	0	0	0	0	0	0	0
CM3	20/01/2016	138	0	0	3	0	1	1	5
CM4	20/01/2016	8	0	1	1	0	0	0	2
CM5	19/01/2016	8	0	0	1	0	0	1	2
CM6	19/01/2016	73	0	0	0	0	0	0	0
Jap1	26/01/2016	12	0	1	2	0	5	0	8
Jap3	26/01/2016	26	0	0	0	3	0	0	3
Jap4	26/01/2016	30	0	0	6	0	0	1	7
Jap5	26/01/2016	25	0	0	0	0	4	0	4
Total		562	3	8	17	3	12	7	50

Um fator importante a ser discutido é o baixo percentual de indivíduos identificados em nível de espécie, com relação aos indivíduos capturados. Essa taxa ficou em 10,6%, mostrando que apenas um em cada 10 indivíduos capturados conseguiu ser identificado. Isso cria alguns vieses em nossas análises, pois o quantitativo que se perde pode não ser proporcional por espécie.

O total de espécimes coletados e identificados ao nível de espécie foi de 489 indivíduos. Destes, 299 indivíduos (61,1% do total) pertenciam ao complexo de espécies *Anopheles albitarsis*. Em segundo lugar em termos de abundância tem-se o *An. braziliensis*, com um total de 66 indivíduos (13,4 % do total). A espécie *An. triannulatus* foi identificada 32 vezes, enquanto *An. evansae* foi identificada 33 vezes. A espécie *An. strodei/rondoni* foi identificada 21 vezes (Figura 45).

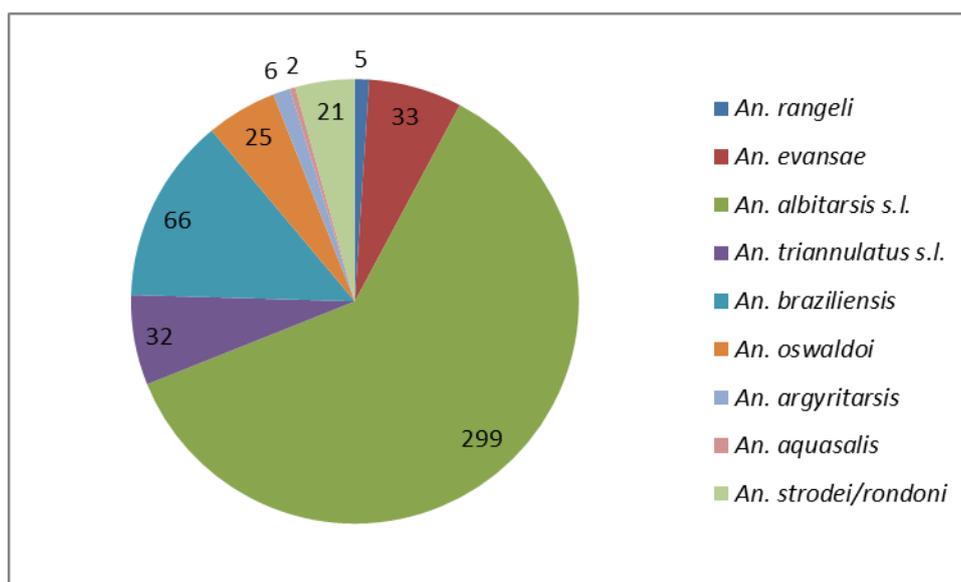


Figura 48 - Proporção de anofelinos imaturos coletados e identificados na área de estudos. Fonte: Ricardo 2016.

Com relação aos pontos amostrais de potenciais criadouros de *Anopheles* sp., a área em que foi coletado o maior número de larvas somando-se as duas coletas foi Jap1 com 542 anofelinos, enquanto a Regua4 registrou 17 indivíduos. A média de anofelinos coletado por área foi de 245 imaturos, com desvio padrão de 143.

Agregando os pontos amostrais (espaços locais) por células amostrais (espaços regionais) têm-se que a distribuição se deu conforme apresentado na figura 46. Nota-se que a área de Japuíba (Jap) é aquela com maior número de anofelinos coletados, enquanto a região da Regua é aquela com menor número.

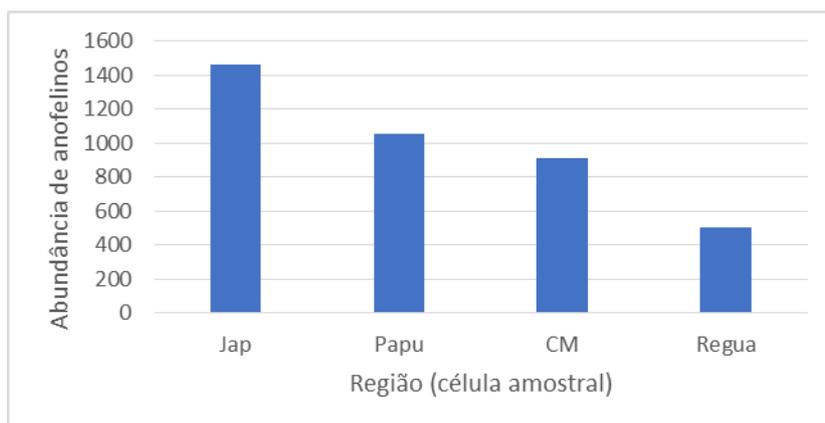


Figura 49 - Número de anofelinos imaturos coletados, por região, no município de Cachoeiras de Macacu, no período de janeiro a maio de 2016.

É importante analisarmos a distribuição das espécies por área, tanto agregada por ponto amostral (local), como por célula amostral (região). Iniciaremos a análise por pontos amostrais. Nesse sentido, ressaltamos que nenhuma área registrou todas as espécies de anofelinos coletadas na região de estudos como um todo. *Anopheles albitarsis* foi a mais frequente, tendo sido encontrado em 15 das 16 áreas amostradas, com exceção de CM6. *Anopheles braziliensis* foi encontrado em 11 áreas, sendo a segunda mais presentes nas áreas amostrais. As espécies que apresentaram menor frequência foram *aquasalis* e *An. argyritarsis*, com dois e seis indivíduos, respectivamente.

Analisamos também as paisagens no entorno dos pontos amostrais. Essa análise foi feita levando-se em conta três raios de abrangência, ao qual chamamos de escalas de abrangência. Apresentamos os resultados em uma tabela da área ocupada em metros quadrados de cada categoria de uso e cobertura do solo, em cada uma das escalas.

Quadro 1 - Uso e cobertura do solo em metros quadrados, em cada escala (raio) de abrangência, por ponto amostral. Obs: Veg_sec representa o tipo de cobertura vegetação secundária em estágio inicial de regeneração. 250, 500 e 1000 representa

Ponto amostral	Agricultura250	Floresta250	Pastagem250	Veg_sec250	Agricultura500	Floresta500	Pastagem500	Veg_sec500	Agricultura1000	Floresta1000	Pastagem1000	Veg_secundaria1000
CM3	0,00	126.757,29	27.473,42	42.017,25	0,00	569.374,96	142.435,24	73.386,55	0,00	2.083.889,24	627.817,04	356.724,49
CM4	0,00	108.393,96	63.854,23	0,00	0,00	590.671,49	149.445,10	21.080,39	0,00	2.538.453,60	335.505,49	243.240,43
CM5	0,00	62.448,96	133.799,00	0,00	0,00	450.713,50	333.709,53	773,72	0,00	1.751.144,05	1.053.678,31	336.376,93
CM6	0,00	188.302,97	7.944,99	0,00	0,00	718.076,62	60.987,54	6.132,58	0,00	2.469.410,58	570.731,54	101.057,17
JAP1	0,00	77.370,99	178,83	7.687,78	0,00	312.601,83	137.680,82	40.888,90	0,00	1.403.812,84	558.017,77	200.313,23
JAP3	932,50	29.576,04	125.829,29	39.910,13	53.879,95	165.551,00	292.162,74	273.603,05	61.188,44	1.615.478,36	926.130,16	538.402,33
JAP4	0,00	36.922,61	89.857,99	69.467,36	0,00	268.286,41	305.654,67	211.255,67	0,00	1.275.507,44	1.160.288,15	705.403,71
JAP5	0,00	0,00	172.353,55	5.051,75	62.675,98	11.798,41	515.995,67	119.051,93	792.589,50	538.043,41	1.183.729,36	352.959,69
PAPU2	0,00	2.897,86	172.673,70	20.676,40	0,00	80.469,16	610.763,09	93.964,50	110.321,17	329.211,92	2.196.101,39	505.564,81
PAPU3	0,00	44.653,77	97.698,90	53.895,28	12.977,66	100.335,64	534.567,81	137.315,64	519.235,81	301.896,24	2.011.425,79	308.641,45
PAPU4	0,00	5.357,22	190.890,74	0,00	67.722,93	21.133,52	696.340,30	0,00	817.651,90	290.229,42	1.970.507,32	62.810,66
PAPU5	0,00	0,00	196.247,96	0,00	3.499,82	48.429,94	733.266,99	0,00	480.929,36	211.051,69	2.257.207,20	192.011,03
REGUA1	69.492,79	126.755,16	0,00	0,00	283.993,64	415.407,01	85.796,09	0,00	660.882,79	1.779.120,62	701.195,49	1,39
REGUA2	33.465,36	162.782,59	0,00	0,00	174.812,23	588.412,04	0,00	0,00	782.915,55	2.183.807,92	0,00	0,00
REGUA3	88.703,18	57.931,96	0,00	0,00	415.064,98	223.081,78	23.930,00	0,00	992.115,58	1.755.383,78	79.018,23	77.411,73
REGUA4	0,00	14.111,74	180.325,52	1.810,70	0,00	249.112,50	486.709,22	49.375,02	0,00	1.926.299,07	1.003.675,87	211.224,35

Após fazer essa análise, iniciamos o processo de simplificação da complexidade da composição da comunidade de anofelinos na área de estudos, ou seja, para fazermos nossa análise estatística, precisaríamos reduzir o número de variáveis relativos a composição das espécies de anofelinos, em cada ponto amostral. Para isso, a técnica de escalonamento multidimensional Proxscal foi utilizada e gerou dois eixos principais que são relativos ao grau de diferença em termos de composição da comunidade de anofelinos entre os pontos amostrais. Os eixos têm relação com o tipo e a quantidade de espécies encontradas em cada ponto amostral. Quanto mais próximos forem os valores entre duas áreas, mais semelhante elas são entre si em relação ao tipo e quantidade de espécies encontradas, quanto mais distantes forem esses valores, mais distintas elas são entre si (Tabela 15).

Quadro 2 - Os dois eixos relativos ao resultado da análise de escalonamento multidimensional. Cada caso representa uma área amostral, enquanto cada dimensão é relativa a composição de anofelinos nessas áreas.

	Dimensão	
	1	2
CM3	,367	-,265
CM4	-,600	,115
CM5	,248	,011
CM6	-1,032	,276
JAP1	-,438	-,279
JAP3	,059	-,403
JAP4	-,203	-,162
JAP5	-,225	,116
PAPU2	-,406	-,813
PAPU3	,192	-,532
PAPU4	,724	,398
PAPU5	,088	,074
REGUA1	,334	1,141
REGUA2	-,390	,743
REGUA3	,631	-,123
REGUA4	,652	-,297

A análise de escalonamento multidimensional possui um cálculo sobre a perda de realidade sobre os dados originais em relação aos eixos produzidos. No caso de nossa análise houve uma perda de 3,5% (Stress bruto normalizado = 0,035).

A partir desse resultado, demos início a etapa de regressão linear entre os dados da paisagem e os dados da composição da comunidade de anofelinos nas três escalas: 250, 500 e 1.000 metros. Houve resultado significativo entre a dimensão 2 e os dados da paisagem de duas escalas.

O resultado da composição da paisagem em 250 metros e o eixo 2 foi significativo ($p=0,03$) e a relação explicou 57,9% da variação dos dados ($R^2=0,579$). Outro resultado significativo foi entre o mesmo eixo 2 e a composição da paisagem na escala de 1.000 metros, onde o resultado foi significativo ($p=0,03$) e a relação explicou 57,5% dos dados ($R^2=0,575$). É importante destacar que foi feito o gráfico de dispersão dos resíduos da regressão e o resultado apontou para a normalidade dos dados.

É importante destacar uma limitação dessa análise, que é a produção dos dados da paisagem. Eles foram construídos para análises em uma escala regional e não na escala local na qual utilizamos. Essa questão será discutida de forma pertinente na seção de discussão.

5. DISCUSSÃO

5.1. Malária importada e seus determinantes

Na atualidade, as sociedades estão vivenciando um processo de aceleração dos fluxos de capital, de informação, de mercadorias e de pessoas (Santos 2002; Limonad 2007). Essa aceleração ocorre pelos avanços tecnológicos que ocorreram da segunda metade do século XX em diante, como as redes virtuais, os meios de transporte de alta capacidade de deslocamento e das transformações das relações geopolíticas ocorridas no mundo globalizado (Santos 2002).

Toda essa conjuntura possui um forte impacto na saúde pública, seja pelo baixo acesso do migrante aos sistemas de saúde, seja na perspectiva psicológica pela distância da terra natal, seja ainda por carregarem consigo doenças infecciosas como as hepatites, a tuberculose e também a malária (Dias e Gonçalves 2007).

Tendo a malária como foco, percebe-se que há dois tipos de migrantes que preocupam em termos de saúde pública. O primeiro é o indivíduo que migra de uma área não endêmica para uma área endêmica, o que o torna susceptível imunologicamente, por não ter tido contato com a doença previamente. Cabe ressaltar que esse não foi o tipo de migrante abordado em nosso estudo. O segundo tipo, abordado por nós, é o indivíduo que se infecta com qualquer uma das espécies plasmodiais em uma área endêmica e migra para um território sem endemicidade na atualidade. Nesse caso, temos dois problemas. O primeiro é o fato do sistema de saúde de áreas não endêmicas não possuírem a capacidade de diagnóstico de áreas endêmicas, onde os profissionais de saúde estão acostumados a pensarem na doença e a atenderem pacientes com malária. Isso leva que a letalidade por malária na região extra-amazônica (área não endêmica) seja 90 vezes superior à da região amazônica (área endêmica) (Tauil et al. 1985; Costa et al. 2010; Oliveira et al. 2010; Costa et al. 2014).

O segundo fato relevante é no caso do migrante infectado com malária ter como destino um território que já tenha sido endêmico para a malária no passado e na atualidade ainda apresente receptividade para a doença (Limongi et al. 2008). Entende-se como uma área com receptividade um território onde

haja condições ambientais que propiciem a presença de mosquitos anofelinos (WHO 2007a).

Nesse sentido, nossa análise se focou em um território com endemicidade pretérita e que recebe uma carga de importação de casos de malária (estado do Rio de Janeiro), provindos dos migrantes ou de pessoas que se deslocam por distintos motivos de áreas endêmicas. A Organização Mundial da Saúde (2007a,b) preconiza que áreas que possuem receptividade territorial para a malária e recebam carga de importação de casos, sejam monitoradas pela vigilância epidemiológica para que surtos e até mesmo a reintrodução da doença sejam evitados.

A primeira questão relativa aos dados que analisamos que merece destaque é a proporção de casos confirmados com relação aos casos notificados. Do total de casos notificados no período de 2007-2015, 41,2% foi confirmado por diagnóstico de gota espessa. Apesar de apresentar uma melhora com relação ao período de 2002-2010, como apresentado por Miguel e colaboradores (2014), onde 34,8% dos casos notificados foram confirmados, nota-se que o quadro clínico inicial da malária pode ser muito inespecífico confundindo-se com outras doenças febris agudas como dengue, outras arboviroses e pielonefrites (Vidigal et al. 2014).

Dos casos confirmados por microscopia, aproximadamente 80% foram de casos importados. Registrou-se também 69 casos de malária autóctone/introduzida, casos que foram analisados por nós em uma publicação a parte, em parceria com o grupo de pesquisa em malária do Laboratório de Pesquisa em Malária do IOC-Fiocruz (Brasil et al. 2017). Ainda houve casos com mal preenchimento dos campos relativos a essa variável, o que impossibilitou sua inclusão na análise (aproximadamente 13% dos casos não estavam com o campo preenchido).

Analisando temporalmente o número de casos de malária importada verificamos que de 2007 à 2012 há uma tendência de crescimento no número de casos. Em 2013 ocorre uma pequena queda e a partir de 2014 há uma forte tendência a queda. Serão necessárias análises com base em dados robustos, mas uma hipótese para esse padrão é a situação econômica do estado do Rio de Janeiro, que começou a declinar intensamente a partir do ano de 2014 com a crise do Petróleo e dos royalties (Vidigal et al. 2014).

Sobre o perfil de faixa etária e sexo dos pacientes observamos que o grupo mais acometido no estado do Rio de Janeiro no período analisado é de homens de 31-40 anos. Esse parece ser um padrão epidemiológico comum, pois outros estudos suportam resultados semelhantes (Wanderley et al. 1985, 1994; Chaves et al. 1995; Machado et al. 2003, Vidigal et al. 2014). Com relação as atividades exercidas por esses pacientes, é importante destacar a baixa qualidade dessa informação, onde em mais de 45% dos casos não há dados disponíveis. Com os dados presentes, há uma preponderância de ditos viajantes, informação que não deixa preciso se a viagem é a trabalho ou para outra finalidade. A outra categoria que se destaca é o turismo, no entanto devido à baixa qualidade da informação representa apenas 6% do universo total dos dados. Segundo Braz e colaboradores (2016), esse é um padrão que se repete no SIVEP-Malaria, mostrando a necessidade de uma política de fortalecimento da capacidade técnica dos profissionais envolvidos na notificação da malária no país.

A proporção do tipo parasitário encontrado nos testes diagnósticos dos pacientes nos aponta que a importação de malária para o estado do Rio de Janeiro sofre forte influência dos fluxos internacionais. Enquanto a proporção de casos no Brasil como um todo gira em torno de 85% de casos de *P. vivax* para 14% de *P. falciparum* (Pina et al. 2014; Lapouble et al. 2015), no estado do Rio de Janeiro, no período de 2007 a 2015, essa proporção foi de 49% de *P. falciparum* para 38% de *P. vivax*. Em um estudo feito por Miguel e colaboradores (2014) no mesmo estado do Rio de Janeiro, no entanto no período de 2002 a 2010, a proporção parasitária foi semelhante, tendo sido de 49% de *P. falciparum* para 47% de *P. vivax*. No estudo de Lorenz e colaboradores (2015) se demonstra que dentro do universo da malária que é importada para os estados extra-amazônicos, a proporção de *P. falciparum* como agente etiológico da doença possui uma proporção de mais de 90%.

Esses dados possuem estreita relação quando observamos a origem desses casos importados. Do total de casos que possuíam os campos necessários para essa análise preenchidos (94%), 55% vieram de fora do país. Com o banco de dados que trabalhamos, não conseguimos a informação da origem desse paciente diagnosticado com malária importada de fora do país. Segundo Lorenz e colaboradores (2015), quando trata-se da malária extra

amazônica como um todo, a maioria dos casos importados que vem de fora do Brasil são oriundos do continente africano e da América do Sul, de onde a proporção de *P. falciparum* nos casos importados ultrapassa os 75%, no entanto essa informação se baseia em um banco de dados com mais de 65% de dados sem preenchimento suficiente para análise (*missing*). É importante que esse padrão seja analisado mais detalhadamente, para que o fenômeno seja realmente compreendido.

Analisando a importação de casos provenientes do próprio Brasil, vindos de outros estados da federação observamos que a grande maioria deles provem da Amazônia Legal. A maior origem de casos dessa região foi o estado do Amazonas. Nesse sentido analítico, é importante dizer que a origem dos casos de malária importada para o estado do Rio de Janeiro (e outros estados), não provem da região amazônica como um todo. Há espaços específicos onde a malária é produzida e reproduzida (Castellanos 2004). Como prova disso, tem-se que aproximadamente 44% das origens dos casos de malária importada estão concentrados em apenas 5 municípios da Amazônia Legal. É importante que entendamos a malária como uma doença que se manifesta em grupos populacionais específicos, com condições de vida específicas, e que essas condições de vida são reproduzidas pelas gerações desses grupos populacionais, tornando esses grupos vulneráveis a esse agravo, ou em outras palavras, grupos de risco (Castellanos 1990). Como abordado na introdução desta tese, os espaços de produção e reprodução social da malária na Amazônia já são bem conhecidos pela literatura e para citar alguns deles, os garimpos ilegais, as hidrelétricas, as periferias “urbanas” (a discussão sobre urbanidade se amplia quando falamos em malária urbana), os tanques de piscicultura, dentre outros. Uma questão que fica aqui é: se conhecemos tão bem os espaços de produção e reprodução da malária, por que esses espaços ainda existem? A distância entre a razão científica e o poder da política podem explicar em parte essa questão. É preciso que construamos cada vez mais pontes entre academia e poder público para que cada vez mais o bom conhecimento científico instrumentalize os gestores públicos e contribua para a construção de uma sociedade melhor, no caso da malária, com menos acometimentos pela doença.

Passando dos territórios nos quais os pacientes se infectam com o *Plasmodium* spp., para os territórios do estado do Rio de Janeiro para os quais os pacientes se destinaram e foram identificados com a doença observa-se que não existe um padrão aleatório, ou seja, essas pessoas infectadas não se dirigem para qualquer lugar do estado do Rio de Janeiro. Para desenvolver essa análise é preciso que entendamos os sistemas socioambientais (no caso temos como unidades de análise desse sistema o estado do Rio de Janeiro e seus municípios) como sistemas complexos onde estão inseridos aspectos ecológicos, sociais, culturais, econômicos, espaciais, dentre outras dimensões. Esses sistemas se auto organizam com base em “atratores”, que tanto podem ser serviços prestados por ecossistemas (como a provisão de água), como a presença de grandes empreendimentos que geram empregos e atraem capital para uma determinada região (Kay et al. 1999; Waltner-Toews 2001; Silveira & Neto 2014).

Nesse sentido, nosso modelo parte do princípio de que existe uma cadeia hierárquica de atratores dentro do nosso sistema socioambiental de análise (estado do Rio de Janeiro e seus municípios), que influenciam diretamente na importação de casos de malária provindas de distintas regiões endêmicas. O principal atrator que consideramos no estudo são os grandes empreendimentos, que são implantados por políticas públicas em algum território definido. Essa definição se dá de distintas formas, as vezes baseada em caracteres técnicos, as vezes políticos ou mesmo uma mistura de ambos (Silveira & Neto 2014). Em nosso estudo esses empreendimentos foram agregados por município.

Esses grandes empreendimentos, como atratores, trazem diversos outros fluxos consigo, como outras empresas que venham a fornecer produtos e serviços de interesse para esse grande empreendimento (desde cimento para a construção de anexos prediais, a empregados de algum possível setor terceirizado desse empreendimento), ou mesmo produtos e serviços para a população que crescerá fruto desses processos de industrialização e urbanização (Santos 2002). Nesse sentido incluímos no modelo a variável número de empresas por município. Com o próprio grande empreendimento e as empresas atraídas por eles, criam-se fluxos de pessoas para trabalhar, sejam nas empresas, sejam nos próprios grandes empreendimentos. São

migrantes e viajantes de diferentes regiões do país e do mundo, que são atraídas pelo fluxo de dinheiro e oportunidades que esses empreendimentos e empresas criam nos territórios nos quais se instalam, como descrito por Machado (1995) na Amazônia da década de 70. Nesse sentido, incorporamos a variável “pessoas de 5 anos ou mais de idade que não residiam na Unidade da Federação em 31.07.2005” que tratou da migração em cada município do estado do Rio de Janeiro.

Todas essas variáveis anteriormente descritas (grandes empreendimentos, empresas e migração) fazem parte das variáveis independentes do nosso modelo. Como variável dependente, temos os casos de malária importada, que vem a ser a variável resposta, que é influenciada pelas variáveis independentes. O resultado desse modelo foi que há forte relação entre essas variáveis de explicação (independentes) e a variável dependente, ou seja, quanto mais empreendimentos, mais empresas e mais migração, e como consequência, mais casos de malária importada. Esse resultado possui a lógica de que se há um fluxo grande de pessoas determinado pelos atratores, conseqüentemente virão pessoas infectados com o *Plasmodium* spp. No entanto, essa é uma primeira análise sobre os resultados, desconsiderando que o modelo precisa ser melhorado em termos estatísticos.

Esse enfoque aponta para a importância dos macro-determinantes sociais (Buss & Pelegrini 2007), no caso as políticas públicas que levam a implantação de grandes empreendimentos, e sua influência na saúde das populações que habitam os territórios. É importante que as políticas públicas venham acompanhadas de planos e programas que visem impedir que certas conseqüências negativas, como a importação de casos de malária, amplamente estudadas por diversas ciências, venham acometer as populações que habitam os territórios nos quais essas políticas são implantadas. Nesse sentido, há um amplo debate sendo construído afim de instituir um instrumento político-legal que venha a exigir dos processos de desenvolvimento, como a implantação de grandes empreendimentos, a redução de danos em populações vulnerabilizadas por eles. Esse instrumento é chamado de Avaliação de Impacto em Saúde (AIS ou HIA em inglês).

Alguns autores vêm construindo uma aproximação com essa abordagem, inclusive grupos da Fundação Oswaldo Cruz. Em um artigo recente produzido por Pereira e colaboradores (2017), numa parceria da Escola Nacional de Saúde Pública com o Instituto de Saúde Pública e Tropical da Suíça e da Universidade de Basel – Suíça, estruturou-se uma revisão bibliográfica sobre o tema da Avaliação de Impacto em Saúde (AIS) na América Latina. Nessa publicação construiu-se o histórico do surgimento da AIS como fruto de um debate sobre Avaliação de Impacto Ambiental, prática que vem crescendo nas políticas públicas sul-americanas. O objetivo dessa abordagem é maximizar os benefícios que os projetos de desenvolvimento venham a trazer e minimizar os danos desta mesma atividade sobre a situação de saúde dos grupos populacionais atingidos.

Nosso estudo coloca a importância dos gestores públicos se atentarem para a importação de doenças infecciosas e parasitárias trazidas para os territórios onde grandes empreendimentos são implantados, importação essa, fruto do fluxo de pessoas que se deslocam para esses territórios em busca de emprego e melhores condições socioeconômicas. Os profissionais de saúde dos municípios que recebem os grandes empreendimentos, assim como aqueles adjacentes a esses, devem receber treinamento adequado para a identificação de possíveis agravos que possam chegar com os fluxos populacionais. E ainda mais, é importante que os grupos populacionais que são acometidos por esses agravos sejam emancipados enquanto ao conhecimento sobre esses processos de adoecimento e não fiquem apenas a mercê do poder público para agir e reagir a essas pressões sócio sanitárias.

Nesse mesmo sentido, cabe ressaltar que recentemente houve o risco de reintrodução da febre amarela urbana no Brasil, fruto do abandono da vigilância epidemiológica para o agravo (Rossetto et al. 2017). Será que a reintrodução da malária em áreas com endemicidade pretérita não pode ser um futuro factível, como ocorreu com a febre amarela?

Para finalizar essa seção, não podemos esquecer de mencionar que existe uma hegemonia a ser rompida nos processos de desenvolvimento dos países ditos “em desenvolvimento”. Essa é uma hegemonia histórica na qual o modelo capitalista empurra as mazelas sanitárias dos países desenvolvidos, para os países em desenvolvimento. E mesmo dentro dos países em

desenvolvimento, não são todos os grupos populacionais que sofrem com essas mazelas da mesma forma. A emancipação das populações que são acometidas é uma urgência sanitária no país e o pensar em métodos epidemiológicos que inclua aspectos históricos, de processos e de emancipação popular sobre os problemas de saúde é fundamental para construirmos um país com mais equidade em saúde (Breilh 2006).

5.2. Receptividade territorial para malária no estado do Rio de Janeiro

O índice de receptividade territorial para malária foi apropriado para os objetivos de nosso estudo. O estado do Rio de Janeiro foi estratificado em áreas com diferentes níveis de receptividade territorial e essa receptividade está relacionada com a presença de potenciais habitats larvais do mosquito *Anopheles* subgênero *Nyssorhynchus*. Sendo assim, quanto maior fosse a probabilidade da presença de potenciais habitats larvais desse mosquito de acordo com os parâmetros utilizados no modelo, maior era o valor do índice de receptividade, que variou de 1 a 5, ou de muito baixo a muito alto. O termo habitat larval do mosquito, significa “um lugar onde os estágios de desenvolvimento do mosquito (ovos, larvas e pupa) são encontrados, incluindo lugares onde há condições ecológicas favoráveis para a presença de uma espécie” substitui o termo amplamente utilizado na literatura “criadouro de mosquitos” (WHO 2016). Esse novo termo se refere ao conceito de tolerância e necessidade ecológica por condições abióticas específicas, o qual corresponde a ideia de nicho ecológico (Barve et al. 2011).

A classe de receptividade “alta”, que corresponde ao índice 4 do nosso modelo, foi aquela com maior presença em nosso modelo, cobrindo cerca de 42% do território de estudo. Esse resultado mostra que o estado do Rio de Janeiro possui diversas áreas de baixada nas quais há a tendência a acumulação de coleções hídricas devido aos fluxos dos rios presente nessa região e a baixa declividade do terreno. Essas áreas possuem diversos corpos hídricos que são potenciais habitats larvais de anofelinos do subgênero *Nyssorhynchus* (Deane 1986; Meneguzzi et al. 2009).

As áreas do estado classificadas com o índice “muito alto” (ou nível 5) possuem características de altas temperaturas e índices de chuvas

(pluviosidade), além da topografia de planície (0-20m). Nosso modelo de habitat larval de *Anopheles (Nyssorhynchus)* ainda possui um componente relativo a estrutura florestal. Fragmentos florestais possuem o potencial de reter água da chuva e libera-la gradativamente, permitindo que os rios tenham carga hídrica permanente para se manterem fluentes, fato que permite a existência também de corpos hídricos permanentes na região (Machado 2003). Ademais, florestas tem o potencial de influenciar as condições climáticas em áreas adjacentes a elas em regiões tropicais (Bonan 2008). As condições climáticas regulares trazidas pelos fragmentos florestais, por sua vez, favorecem o desenvolvimento das larvas e a presença dos habitats larvais.

Duas regiões do estado do Rio de Janeiro concentram áreas de receptividade muito alta de acordo com nosso modelo, são elas: região sul e região central (metropolitana). A classe de receptividade muita alta na região central está situada nas planícies do sopé ao sul da Serra do Mar. Essa área é conhecida como Baixada Fluminense, no sentido geográfico do termo. A região sul possui diversas áreas de receptividade muito alta pelo nosso modelo e ela é conhecida como Costa Verde.

É importante destacar que a região da Baixada Fluminense era altamente endêmica para a malária no passado (Deane 1986; Hochman et al. 2002; Miguel et al. 2014). Essa região foi considerada uma das três áreas mais endêmicas para a malária no início do século XX e nossos resultados mostram que elas continuam receptivas até hoje, pelo menos no que tange as condições ambientais (Chagas 1935).

Sobre a presença das áreas com receptividade muito alta nos municípios do estado do Rio de Janeiro, os resultados mostraram que alguns deles possuem grandes proporções de seu território com essa classe, o que significa que possuem grande probabilidade de possuírem habitat larval de anofelinos. Além disso, três destes municípios com grande proporção de áreas com alta receptividade registraram casos autóctones de malária no período de 2002-2010 (Cachoeiras de Macacu – 8 casos, Rio de Janeiro 7 casos e Paraty – 3 casos / Miguel et al. 2014), o que fortalece nosso modelo de receptividade. Nesses territórios, a Organização Mundial de Saúde (OMS 2007a) recomenda a vigilância entomológica permanente para que se entenda a dinâmica do

ambiente e dos vetores e assim haja prevenção de surtos de malária provindos de casos importados ou mesmo a reintrodução da doença.

Adicionalmente, alguns dos municípios com áreas de receptividade muito alta para a malária vem notificando casos de malária importada, o que representa um risco grande de ocorrerem casos introduzidos ou reintrodução da doença. Segundo Miguel e colaboradores (2014), que analisaram o período de 2002-2010, os municípios que notificaram casos de malária importada e possuem relevância em nosso modelo de receptividade são: Nova Iguaçu (24 casos), Duque de Caxias (24 casos) e Cachoeira de Macacu (6 casos). Em nossas análises, que é relativa ao período de 2007-2015, verificamos que os municípios de Duque de Caxias (17 casos) e Nova Iguaçu (14 casos) também se encontram na condição de apresentarem áreas com receptividade muito alta e quantidade de casos de malária importada relevantes. Esse tipo de contexto é perfeito para a emergência de surtos e/ou reintrodução da malária nos territórios em que ocorre.

Cohen e colaboradores (2012) detectaram 75 eventos de ressurgência de malária em 61 países diferentes em uma revisão de literatura, mostrando a real possibilidade desse tipo de evento ocorrer em áreas onde a malária foi endêmica no passado e ainda continua tendo receptividade para doença nos dias atuais. O enfraquecimento dos programas de controle em malária foi o principal fator para a eventos de ressurgência da doença (68/75 eventos – 91%), dos quais a redução dos recursos destinados aos programas foi o principal fator associado.

É importante destacar que as bases de dados utilizadas nesse estudo estão disponíveis livremente na WEB. Esse novo tipo de abordagem possui baixo custo e se mostra importante para a vigilância entomológica em áreas consideradas livre de transmissão de malária. As áreas com receptividade alta e muito alta devem ter seus profissionais de saúde capacitados para fazer diagnóstico de malária em casos de pacientes com febre. Cada caso de malária nessas regiões deve ser tratado e a devida investigação epidemiológica deve ser feita imediatamente para que a reintrodução da doença seja evitada (Costa et al. 2010; 2014).

O escopo do nosso modelo é baseado em características geográficas e abióticas do nicho dos anofelinos do subgênero *Nyssorrhynchus* descritas na

literatura. Soberón & Peterson (2005) mostram em seu estudo um modelo com três classes de fatores relativos ao nicho de espécies. São elas: biótico, abiótico e o de movimentação. Em nosso estudo apenas os fatores abióticos são tratados e não foram utilizadas amostragens dos anofelinos, sendo assim esse tipo de abordagem é importante para áreas onde não há amostragens recentes de vetores, em territórios onde a malária foi endêmica no passado e atualmente não há investimentos robustos no controle.

Para finalizar essa seção, os sistemas de informação geográficas (SIG) e o geoprocessamento são importantes tecnologias para diferentes áreas do conhecimento, como a da saúde e o do planejamento territorial. Se utilizando de base de dados disponíveis, muitos modelos podem ser construídos para diferentes finalidades, transformando dados em informação relevante. A modelagem é forma de simplificar a complexidade da realidade que nos cerca para ajudar na resolução de problemas, ou seja é um meio e não um fim em si mesma (Medronho et al. 2009). Um conjunto de amostragens foi feita em um dos municípios com receptividade muito alta ao longo do doutorado do presente autor. Esse resultado será apresentado na seção seguinte.

5.3. Ecologia da paisagem de formas imaturas de *Anopheles* subgênero *Nyssorrhynchus* em um município com receptividade muito alta

Como apontado na seção anterior, o município de Cachoeiras de Macacu foi selecionado por se enquadrar como um território onde, segundo nosso modelo, há vastas áreas consideradas de receptividade muito alta. Corroborando com essa análise, tem-se que a região era tida como área malarígena desde a primeira metade do século XIX, até o início da segunda metade do século XX, quando ocorreu a intensificação da campanha de erradicação da malária no Brasil (Penna 1921; Machado 1998; Braz et al. 2003; Fadel 2007).

O município de Cachoeiras de Macacu se caracteriza por sua ruralidade e pela presença de extensas áreas florestadas. Tais florestas são em grande parte protegidas por unidades de conservação (Parque Estadual dos Três Picos, Estação Ecológica Estadual Paraíso e Área de Proteção Ambiental do Rio São João) e as áreas rurais são ocupadas por plantações diversas, pasto

de gado bovino e áreas ocupadas de baixa e média densidade. Esse contexto ambiental é propício para abrigar os habitats larvais de anofelinos, pois são áreas onde a degradação ambiental dos corpos hídricos não ocorre de maneira exacerbada, como em núcleos urbanos de maior densidade. Os corpos hídricos limpos, como lagos e remansos de rios, são habitats favoráveis para a proliferação das larvas desse vetor (Consoli & Oliveira 1994).

Passando para a análise das quatro regiões que analisamos, temos que elas possuem entre si, diferentes graus de antropização. A região da Regua (Reserva Ecológica de Guapiaçu) se caracteriza por ser extremamente florestal, com presença constante de pasto e algumas áreas agrícolas. Os núcleos populacionais são bem esparsos. A Região que denominamos de CM, que se situa no bairro de Gleba Nova Ribeira, é uma área ainda com características predominantemente silvestres, com vegetação abundante (menos que a Regua) e algumas poucas áreas de pasto (não há plantações nessa área, segundo nossos dados). A região de Japuíba já apresenta um caráter diferenciado com relação ao componente florestal, sendo baixa a proporção desse tipo de ocupação do solo com relação as duas áreas anteriores. Essa região é caracterizada principalmente por núcleos urbanos de baixa e média densidade e áreas extensivas plantação e de pasto para gado bovino. Por último, a região de Papucaia, se assemelha a região de Japuíba com relação as características ambientais e urbanas, sendo seus núcleos populacionais ainda mais densos que o da última. Essas características estão bem expressas na quadro 1 na seção dos resultados.

Os imaturos encontrados nas áreas foram *An. rangeli*, *An. evansae*, *An. albitarsis s.l.*, *An. triannulatus s.l.*, *An. braziliensis*, *An. oswaldoi*, *An. argyritarsis*, *An. aquasalis* e *An. strodeii/rondoni*. Destes, os principais vetores de importância médica são: *An. aquasalis* e *An. albitarsis s.l.*, ambas consideradas vetores secundários. É importante destacar que o principal vetor da malária não foi encontrado, o *An. darlingi*, apesar de ter sido intensamente procurado. No entanto é importante que o monitoramento na área continue pois em uma localidade próxima esse vetor já foi encontrado (Emerson et al. 2015) e não se sabe como ocorre a expansão de sua distribuição.

O *An. rangeli* é uma espécie característica de corpos hídricos localizados em áreas de borda de florestas, em áreas com característica

menos urbanizada (Juri et al. 2010), apesar de ter sido encontrada em represas eutrofizadas (Gurgel-Gonçalves et al. 2004). O *An. evansae*, *An. albitarsis* s.l., *An. strodei/rondoni* possuem característica de ocupar distintos ecótopos, tendo plasticidade ecológica relativa a capacidade de adaptação aos diferentes habitats (Lopez & Lozovei 1995). No entanto, seus habitats parecem estar associados a áreas alagadas com vegetação densa no entorno (Guimarães et al. 2003). O *An. oswaldoi* costuma ser abundante dentro e adjacente a áreas densamente florestada, sendo pouco encontrada em grandes extensões de campo (Consoli & Oliveira 1994). O *An. braziliensis* se caracteriza por ocupar corpos hídricos ensolarados, represados e com escoamento de água constante (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994), permitindo assim que a água seja menos eutrofizada. O *An. argyritarsis* possui uma peculiaridade em seu comportamento, já tendo sido encontrado em criadouros artificiais (Foratini et al. 1998; Carreira-Alves 2001; Alencar et al. 2013). Essa adaptação é importante de ser observada, mostrando a necessidade de se monitorar constantemente os aspectos ecológicos das espécies de transmissoras da malária, pois a evolução e a adaptação das espécies está ocorrendo todo o tempo na natureza. A espécie *An. triannulatus* possui ecologia associada a corpos hídricos variados, sempre bem expostos ao sol e com vegetação aquática emergente abundante (Consoli & Oliveira 1994). Por último, tem-se o *An. aquasalis*, reconhecido por ocupar corpos hídricos dotados de salinidade, normalmente com água parada, podendo ser exposta ao sol ou em local sombreado. São encontradas tipicamente nas baixadas litorâneas, já tendo sido encontradas a mais de 100 quilômetros do litoral, no entanto em solo salino (Consoli & Oliveira 1994).

Com relação a ocorrência das espécies por área, tem-se que na área da Regua foram registradas *An. rangeli*, *An. evansae*, *An. albitarsis*, *An. braziliensis* e *An. oswaldoi*, o que demonstra que essa área foi aquela com a menor riqueza em nosso estudo. Em dois dos pontos amostrais dentro dessa região foram coletadas larvas de apenas uma espécie (*An. albitarsis*). Entretanto, a maior parte das espécies apresenta comportamento ligado a ambientes mais silvestres, característica predominante nessa área. Além disso destaca-se que ela foi a área mais silvestre de nosso estudo.

Na área de CM (Gleba Nova Ribeira), foram encontradas as seguintes espécies: *An. evansae*, *An. albitarsis*, *An. triannulatus*, *An. braziliensis*, *An. oswaldoi*, *An. argyritarsis*, *An. strodei/rondoni*. Essa área é a segunda menos antropizada e mais silvestre do nosso estudo. Diferente da Regua, os pontos amostrais de CM variaram pouco no número de espécies presentes (mínimo de 4 e máximo de 6). Essa área não possui áreas agrícolas, segundo o banco de dados que utilizamos.

Na área de Papucaia encontramos *An. evansae*, *An. albitarsis*, *An. triannulatus*, *An. braziliensis*, *An. argyritarsis* e *An. aquasalis*. Essa área é a segunda com menor riqueza e apresenta uma semelhança com a Regua, área de menor riqueza. Sua conjuntura paisagística possui uma composição que inclui quantidades significativas de floresta, plantações e pastagem.

Por último, a área de Japuíba foi aquela com maior riqueza de espécies tendo registrado oito das nove espécies presentes em nosso estudo. Essa área foi a mais heterogênea em termos paisagísticos, tendo de pontos amostrais bem próximos a grandes maciços florestais, até pontos amostrais bem próximos a núcleos populacionais de densidade média. Essa heterogeneidade é provavelmente a responsável pela grande quantidade de espécies, pois propicia a presença de diversos tipos diferentes de ecótopos.

Há na literatura a hipótese de que a estrutura da paisagem é um possível determinante da riqueza de espécies de uma determinada área (Burel et al., 2004). Na composição de espécies de mosquitos, sabe-se que as mudanças no uso e cobertura do solo, assim como a utilização de recursos naturais possuem influência na distribuição das espécies (Forattini et al. 1995; Dórville 1996).

Sendo assim, fizemos um modelo para correlacionar a estrutura da paisagem com a composição das espécies de anofelinos que coletamos em nosso estudo. Os estudos em ecologia da paisagem podem seguir três diferentes tipos de modelos teóricos: (1) a Teoria de Biogeografia de Ilhas (MacArthur & Wilson 1967; Vieira et al. 2009); (2) os modelos de dinâmica de metapopulação (Hanski 1994; 1998) e (3) mais recentemente pelos estudos relacionados à composição das paisagens (Pires et al., 2002; Bender & Fahrig 2005; Umetsu & Pardini 2007; Umetsu et al. 2008; Vieira et al. 2009). O

escolhido por nós foi o terceiro, que considera a influência da paisagem como um todo, na composição das comunidades.

Nesse sentido, foi feita uma regressão entre os eixos do Escalonamento Multidimensional com as métricas da paisagem nas três escalas distintas (250, 500 e 1.000 metros ao redor do ponto amostral). Houve resultado significativo entre um dos eixos e duas escalas, da de 250 metros e a de 1000 metros, e ambos os resultados explicaram aproximadamente 57% da composição das espécies de anofelinos presentes em cada ponto. A interpretação desse resultado é de que a composição da paisagem influencia em escala local e em escala regional a composição dos mosquitos, sendo que existem outros fatores diversos que também fazem parte dos determinantes ecológicos dessas espécies de vetores. Ainda ressaltamos que houve uma correlação significativa na regressão entre abundância total de espécies e composição da paisagem que não foi inserida nos resultados por precisar de alguns ajustes. Será acrescido na publicação. Esse trabalho ainda será aprofundado com outras análises e indicadores mais específicos, construídos em escala local e mais compatíveis com a escala de análise, o que não diminui a importância do resultado encontrado.

Mckee e colaboradores (2013) fazem uma análise sobre as condições abióticas intrínsecas dos habitats larvais de diferentes espécies de anofelinos na Amazônia. Salinidade, condutividade, pH e temperatura foram alguns dos parâmetros da água medidos nesse estudo e que posteriormente foram correlacionados com a presença de certas larvas de anofelinos. Algumas das espécies analisadas responderam positivamente as alterações nesses parâmetros, mostrando que eles possuem influência sobre a regulação das comunidades de imaturos anofelinos nessa região. Dessa forma, entendemos que outros parâmetros, como os abióticos intrínsecos aos corpos hídricos, estão influenciando na comunidade de anofelinos presente em nossa área de estudos, para além daqueles parâmetros extrínsecos analisados por nós.

Em outro estudo de Reis e colaboradores (2015), encontrou-se uma relação significativa entre a distância dos casos de malária e os habitats larvais dos anofelinos, mostrando um outro modelo de estudo da paisagem, conhecido como de “Teoria de Biogeografia de Ilhas”, onde os parâmetros considerados

são geométricos, como o tamanho dos objetos de análise e as distâncias existentes entre eles (MacArthur & Wilson 1967).

Laporta e colaboradores (2015) fazem uma análise semelhante à nossa, com parâmetros relativos ao uso do solo, em uma modelagem de cenários futuros para diversas espécies de anofelinos. As variáveis que eles se utilizam são semelhantes ao do nosso modelo de receptividade, levando em conta a topografia, clima e vegetação. Os resultados desse estudo apontam para um crescimento da importância do complexo *albitarsis* na transmissão da malária até 2070, conclusão que merece a atenção da vigilância em termos de monitoramento desse complexo.

Ainda cabe discutir um estudo de Stefani e colaboradores (2013) que faz uma revisão bibliográfica sobre a utilização de parâmetros de uso e cobertura do solo para o estudo da malária na região amazônica. Foram encontrados 17 estudos que fizeram uso desse tipo de parâmetro nessa região. As categorias de uso e cobertura do solo foram muitas, entre elas a presença de água e corpos hídricos, vegetação secundária, áreas agrícolas, floresta densa, desmatamento, dentre outros. Esse resultado mostra que os parâmetros que escolhemos para relacionar com a composição das espécies na nossa área condizem com aqueles que tem sido utilizados amplamente na literatura.

Mesmo não encontrando a espécie que procurávamos com base em nosso modelo de receptividade, o *An. darlingi*, o estudo se mostra precioso para entender como os parâmetros da paisagem influenciam na composição das espécies de anofelinos presentes em nosso território. Apesar de não serem vetores primários, há diversos vetores secundários, como *An. albitarsis* e *An. aquasalis*. Ainda é importante ressaltar que os processos evolutivos e adaptativos podem modificar a importância dos vetores nas regiões e lugares, podendo uma espécie tida como secundária se constituir em primária (Begon et al. 2009). Precisamos entender as paisagens e como elas influenciam nas espécies de importância médica para fortalecer o planejamento territorial dos municípios e estados do nosso país, para que futuramente consigamos construir cidades mais habitáveis e com mais qualidade de vida para as populações.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossas análises e nossos modelos são um conjunto de ferramentas para a vigilância epidemiológica e entomológica. Com indicadores secundários e primários, traçamos uma linha de análise que buscou os determinantes da malária importada no estado do Rio de Janeiro e o risco da emergência de focos ou mesmo da reintrodução da doença. Os determinantes estão relacionados tanto a vulnerabilidade (os grandes empreendimentos, empresas e migração), que imprimem a pressão de importação do agente etiológico para os territórios, como relacionados a receptividade, que versam sobre a possibilidade de reestruturação do ciclo da malária no território, através da presença dos vetores.

Nesse sentido, nossos resultados apontaram para algumas áreas com receptividade muito alta e com frequentes casos de malária importada circulando pelo território, o que representa um risco para a emergência de focos ou mesmo reintrodução da doença. Não consideramos esse risco alto, pelo baixo número de casos e pela ausência do principal vetor (*An. darlingi*) em nosso estudo entomológico, em um área de receptividade muito alta. No entanto, como aponta Laporta e colaboradores (2015), até 2070 é provável que os vetores secundários, como o *An. albitarsis*, cresçam em termos de relevância na transmissão da malária, questão que merece ser acompanhada pela vigilância e pela pesquisa acadêmica. Neafsey e colaboradores (2015) mostram que o gênero *Anopheles* possui alta capacidade de variação genética em um estudo que analisava genes relativos a capacidade vetorial. Isso mostra importância da vigilância entomológica inclusive das espécies sem tanta capacidade vetorial quando comparadas ao *An. darlingi*.

7. CONCLUSÕES

- A malária importada do estado do Rio de Janeiro possui forte associação com os grandes empreendimentos, com as empresas e com a migração, fatores esses que estão correlacionados entre si.

- Os municípios que mais recebem casos de malária importada foram Rio de Janeiro, Macaé, Niterói, São Gonçalo e Duque de Caxias. Os profissionais de saúde desses municípios precisam receber treinamento para o diagnóstico e tratamento de malária.

- Os municípios com maior receptividade para a malária são Duque de Caxias, Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Magé e Nova Iguaçu. A vigilância entomológica deve ser reforçada nesses municípios.

- O município de Duque de Caxias apresentou um número de casos expressivo de casos de malária importada e se apresentou como um município de alta receptividade para a doença, sendo assim, é o território com maior risco de emergência de focos ou reintrodução da malária.

- Os determinantes da paisagem (cobertura vegetal, áreas agrícolas e pasto) são indicadores que apresentam relação com a composição da comunidade de anofelinos. Estudos mais detalhados são necessários para entender essa relação.

8. PERSPECTIVAS

Defender uma tese, na minha opinião, está muito mais relacionado a estruturar perguntas do que obter grandes respostas e assim estou me sentindo no momento.

A primeira questão que me vem à cabeça é que sinto vontade de explorar a epidemiologia da malária amazônica e seus determinantes. Entender mais de perto como se dá a relação das pessoas com o ambiente e de como está estruturado o sistema de saúde nessa região, foi uma vontade que cresceu ao longo do meu doutorado.

Aprimorar os modelos que construí e estruturá-los no contexto amazônico é uma de minhas vontades. Além disso, percebo alguns problemas relativos aos sistemas de informação e ao sistema de saúde que precisam ser investigados, como o melhor entendimento sobre os prováveis locais de

infecção, assim como a ideia de reestruturar o modelo de preenchimento de fichas de notificação, que ainda é feito a mão pelos agentes de saúde.

Entender a genética de populações tanto dos parasitos como dos vetores e entender seus determinantes, é uma curiosidade científica que me motiva atualmente. Na verdade, o interesse sobre a relação entre genética de populações e seus determinantes surgiu ao longo do meu mestrado quando li o artigo de Holderegger & Wagner (2008), intitulado "Landscape genetics". Ele trata da relação entre a distribuição genética das populações animais e sua relação com a composição das paisagens. No entanto, ao longo do doutorado e com o crescimento do meu entendimento sobre determinantes, passei a ter interesse em analisar outros determinantes que não só os da paisagem, como alguns relativos a mobilidade e migração, que provavelmente estão relacionados com a distribuição de parasitas e vetores pelo mundo.

Com o crescimento de meu entendimento sobre determinantes, pretendo estruturar modelos de cenários futuros que sejam boas ferramentas para a reflexão de como devemos agir perante as epidemias das doenças infecciosas e parasitárias, tentando prevê-las e se possível evitá-las. Preciso melhorar meus conhecimentos sobre sistemas de informação e grandes bases de dados para isso.

Gostaria também de trabalhar mais próximo aos doentes e entender como os aspectos locais/culturais influenciam na transmissão da malária, como os modos de vida e os aspectos ligados a reprodução social dos grupos populacionais expostos a doença.

Enfim, precisarei de um momento de reflexão para entender onde cheguei, de onde vim, para com isso entender para onde quero e devo ir. Certo é que me descobri tropicalista ao longo desse processo e quero me aprofundar nesse ser.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Sáber, A.N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas** (Vol. 1). Ateliê Editorial. 2003.
- Alencar, J., Morone F., Mello C.F.D., Gil-Santana H.R., Guimarães A.É.. Immature mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a eutrophic landfill tank from State of Rio de Janeiro, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 46(6), 769-771. 2013.
- Angelo, J.R., **Modelagem espacial dinâmica dos determinantes sociais e ambientais da malária e simulação de cenários 2020 para município de Porto Velho - Rondônia**. São José dos Campos : INPE. Tese de doutorado. 2015.
- Albuquerque, H.G., Martins, P.F., Pessôa, F.S., Carvalho, T.M., Luz, J.L., Raíces, D.S., de Godoy Bergallo, H. Mammals of a forest fragment in Cambuci municipality, state of Rio de Janeiro, Brazil. **Check List**,9(6), 1505-1509. 2013
- Antinori S., Galimberti, L., Milazzo, L., Corbellino, M. 2013 *Plasmodium knowlesi*: the emerging zoonotic malaria parasite. **Acta Trop.**, 125:191–201. 2013.
- Barve, N., V. Barve, A. Jimenez-Valverde, A. Lira-Noriega, S. P. Maher, A. T. Peterson, J. Soberón, and F. Villalobos. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. **Ecological Modelling** 222:1810–1819. 2011.
- Barata, R.C. Malária no Brasil: panorama epidemiológico na última década. **Cadernos de Saúde Pública**, 11(1), 128-136. 1995.
- Beklemishev, V.N. Spatial and functional structure of foci of infections with special reference to malaria and tick-borne encephalitis In: **Biocenologicheskie osnovy sravnitel'noj parazitologii**. Nauka, Moscow. 1970.
- Becker, B.K. Geopolítica da amazônia. **Estudos avançados**, 19(53), 71-86. USP-SP. 2005.
- Becker, B.A.. Amazônia e a Política Ambiental Brasileira. IN: Santos, Milton, et al. **Território, territórios: ensaios sobre o ordenamento territorial**. 2007
- Becker, B.A. Reflexões sobre hidrelétricas na Amazônia: água, energia e desenvolvimento. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, 7(3), 783-790. 2012.
- Begon, M., Townsend, C.R., Harper, J. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. Artmed Editora. 2009.

- Benchimol, J.L., Silva, A.F.C. Ferrovias, doenças e medicina tropical no Brasil da Primeira República. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v.15, n.3, p.719-762. 2008.
- Bender, D.J., Fahrig, L. Matrix structure obscures the relationship between interpatch movement and patch size and isolation. **Ecology**. 86(4):1023-1033. 2005.
- Bonan, G.B. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. **Science**, 320(5882), 1444-1449. 2008.
- Boutlis, C. S., E. M., Anstey, N. M., & De Souza, J. B. "Glycosylphosphatidylinositols in malaria pathogenesis and immunity: potential for therapeutic inhibition and vaccination." **Immunology and Immunopathogenesis of Malaria**. Springer Berlin Heidelberg. 145-185. 2005.
- Brasil. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico**. Vol. 46, n.43, 2015.
- Brasil, P., Zalis, M. G., de Pina-Costa, A., Siqueira, A. M., Júnior, C. B., Silva, S., ... & Albuquerque, H. G. Outbreak of human malaria caused by *Plasmodium simium* in the Atlantic Forest in Rio de Janeiro: a molecular epidemiological investigation. **The Lancet Global Health**. 2017.
- Braz, R.M., Pereira, M.D.P.L, Paiva, T.S. Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária, PNCM. Ministério da Saúde. 2003.
- Braz, R.M., Tauil, P.L., Santelli, A.C.F., Fontes, C.J.F. Avaliação da completude e da oportunidade das notificações de malária na Amazônia Brasileira, 2003-2012. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, 25(1), 21-32. 2016.
- Burel, F., Butet, A., Delettre, Y., Millàn de la Peña, N. Differential response of selected taxa to landscape context and agricultural intensification. **Landscape and Urban Planning** 67: 195-204. 2004.
- Carreira-Alves, J.R. Encontro de anofelinos do subgênero *Nyssorhynchus* em recipientes artificiais, Maricá, RJ, **Brasil. Rev. saúde pública**, 35(4), 407-408. 2001.
- Carvalho, F.F., Rachou, R.G. Considerações sobre a malária no Estado do Rio de Janeiro, com especial referência ao Vale do Piraí. **Rev. Bras. Malariol. Doenças Trop.**, Rio de Janeiro, 3(3):473-487. 1951.
- Castellanos, P.L. Sobre o conceito de saúde-doença: descrição e explicação da situação de saúde. **Boletim Epidemiológico da OPAS**, 10(4). 1990.

- Castellanos, P.L. Análisis de situación de salud de poblaciones. **Vigilancia epidemiológica**. Madrid: McGraw Hill Interamericana, 193-213.
- Castro, M.C., Singer, B.H. Meio ambiente e saúde: metodologia para análise espacial da ocorrência de malária em projetos de assentamento. **Revista Brasileira de Estudos de População**, 24(2), 247-262. 2013.
- Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**, Módulo I, Resumo Executivo. Salvador. 2004
- Cerutti, J.C., Boulos, M., Coutinho, A.F., Hatab, M.C.F.L., Falqueto, A., Rezende, H.A. Epidemiologic aspects of the malaria transmission cycle in an area of very low incidence in Brazil. **Malaria Journal**, 6:1-12. 2007^a.
- Chaves, K.M., Zumpano, J.P., Resende, M.C., Pimenta, J.R.F.G., Rocha, M.O.C. Malária em Minas Gerais, Brasil, no período 1980-1992. **Cad Saude Publica** 11: 621-623. 1995.
- Cohen, J.M., Smith, D.L., Cotter, C., Ward, A., Yamey, G., Sabot, O.J., Moonen, B. Malaria resurgence: a systematic review and assessment of its causes. **Malaria journal**, 11(1), 122. 2012.
- Consoli, R., Lourenço-de-Oliveira, R. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 228 p. 1994.
- Costa, A.P., Bressan, C.S., Pedro, R.S., Valls-de-Souza, R., da Silva, S., de Souza, P.R., ... & Brasil, P. Diagnóstico tardio de malária em área endêmica de dengue na extra-Amazônia Brasileira: experiência recente de uma unidade sentinela no estado do Rio de Janeiro. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 43(5), 571-574. 2010.
- Costa, A.D.P., Brasil, P., Santi, S.M.D., Araujo, M.P.D., Suárez-Mutis, M.C., Oliveira-Ferreira, J., Lourenço-de-Oliveira, R., Daniel-Ribeiro, C.T. Malaria in Brazil: what happens outside the Amazonian endemic region. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 109(5), 618-633. 2014.
- Costa, T.C.C., Fidalgo, E.C.C., Santos, R.F., Rocha, J.V., Metzger, J.P., Vicens, R.S., Tanizaki-Fonseca, K., Bohrer, CBA. Diversidade de paisagens no estado do Rio de Janeiro; p. 101-110. *In* Bergallo, H.G., E.C.C. Fidalgo, C.F.D. Rocha, M.C. Uzêda, M.B. Costa, M.A. Alves, M. Van Sluys, M.A. Santos, T.C.C. Costa and A.C.R. Cozzolino (ed.). **Estratégias e ações para a conservação da**

- biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Instituto Biomas. 2009.
- Cox-Singh, J., Davis, T.M., Lee, K.S., Shamsul, S.S., Matusop, A., Ratnam, S., Rahman, H.A., Conway, D.J., Singh, B. *Plasmodium knowlesi* malaria in humans is widely distributed and potentially life threatening. **Clin Infect Dis**,46:165-171. 2008.
- Deane, L.M. Malaria vectors in Brazil. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, 81: 5-14. 1986.
- Deane, L.M. A cronologia da descoberta dos transmissores da malária na Amazônia brasileira. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, 84(supl. 4), 149-156. 1989.
- Dias, S., Gonçalves, A. Migração e saúde. In: Dias, S (org.), **Revista Migrações - Número Temático Imigração e Saúde**, Setembro 2007, n.º 1, Lisboa: ACIDI. 2007.
- Dorvillé, L.F. Mosquitoes as bioindicators of forest degradation in southeastern Brazil, a statistical evaluation of published data in the literature. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, 31(2), 68-78. 1996.
- Emerson, K.J., Conn, J.E., Bergo, E.S., Randel, M.A., Sallum, M.A.M. Brazilian *Anopheles darlingi* Root (Diptera: Culicidae) clusters by major biogeographical region. **PloS one**, 10(7). 2015.
- Fadel, S. **Meio ambiente, saneamento e engenharia no período do Império a Primeira República**: Fábio Hostílio de Moraes Rego e a Comissão Federal de Saneamento da Baixada Fluminense (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). 2006.
- Faria, R.M., Bortolozzi, A. Espaço, território e saúde: contribuições de Milton Santos para o tema da geografia da saúde no Brasil. **Ra'e Ga**, Curitiba, n. 17, p. 31-41. 2009.
- Fearnside, P.M. **Hidroelétricas na Amazônia**: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras. Manaus: Editora do INPA, 1, 296. 2015.
- Fidalgo, E.C.C., Uzêda, M.C., Bergallo, H.G., Costa, T.C.C., Abreu, M.B. Distribuição dos remanescentes vegetais no Estado do Rio de Janeiro; p. 31-100. *In* Bergallo, H.G., E.C.C. Fidalgo, C.F.D. Rocha, M.C. Uzêda, M.B. Costa, M.A. Alves, M. Van Sluys, M.A. Santos, T.C.C. Costa and A.C.R. Cozzolino (Ed.). **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Instituto Biomas. 2009.

- Forattini, O.P., Kakitani, I., Massad, E., Marucci, D. Studies on mosquitoes (Diptera: Culicidae) and anthropic environment: 9-Synanthropy and epidemiological vector role of *Aedes scapularis* in South-Eastern Brazil. **Revista de Saúde Pública**, 29(3), 199-207. 1995.
- Forattini, O.P., Kakitani, I., Marques, G.R.A.M., de Brito, M. Novos encontros de anofelíneos em recipientes artificiais. **Revista de Saúde Pública**, 32(6), 598-599. 1998.
- França, T.C., Santos, M.G.D., Figueroa-Villar, J.D. Malária: aspectos históricos e quimioterapia. **Quim. Nova**, 31(5), 1271-1278. 2008.
- Fundação S.O.S. Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**. 2009.
- Gurgel-Gonçalves, R., Ramalho, E.D., Duarte, M.A., Palma, A.R.T., Abad-Franch, F., Carranza, J.C., Cuba Cuba, C.A. Enzootic transmission of *Trypanosoma cruzi* and *T. rangeli* in the Federal District of Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, 46(6), 323-330. 2004.
- Hanski, I. A practical model of metapopulation dynamics. **Journal of Animal Ecology**. 63: 151–162. 1994.
- Hanski, I. Metapopulation dynamics. **Nature** (London) 396:41-49. 1998.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **Int. J. Climatol**. 25: 1965/1978. 2005.
- Hochman, G., Mello, M.T.B.D., Santos, P.R.E.D. A malária em foto: imagens de campanhas e ações no Brasil da primeira metade do século XX. **Hist Cienc Saude Manguinhos**, 233-273. 2002.
- Holderegger, R., Wagner, H.H. **Landscape genetics**. *AIBS Bulletin*, 58(3), 199-207. 2008.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**, 2000.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico do uso da terra**. 2ª ed. Rio de Janeiro. 2006.
- Juri, M.D., Almirón, W.R., Claps, G.L. Population fluctuation of *Anopheles* (Diptera: Culicidae) in forest and forest edge habitats in Tucumán province, Argentina. **Journal of Vector Ecology**, 35(1), 28-34. 2010.
- Kay, J.J., Regier, H.A., Boyle, M., Francis, G. An ecosystem approach for sustainability: addressing the challenge of complexity. **Futures**; 31: 721-742. 1999.

- Laporta, G.Z., Linton, Y.M., Wilkerson, R.C., Bergo, E.S., Nagaki, S.S., Sant'Ana, D.C., Sallum, M.A.M. Malaria vectors in South America: current and future scenarios. **Parasites & vectors**, 8(1), 426. 2015.
- Lapouble, O.M.M., Santelli, A.C.F., Muniz-Junqueira, M.I. Situação epidemiológica da malária na região amazônica brasileira, 2003 a 2012. **Rev Panam Salud Publica**, 38(4), 301. 2015.
- Limongi, J.E., Chaves, K.M., Paula, M.B.C., Costa, F.C., Silva, A.A., Lopes, I.S., et al. Malaria outbreaks in a non-endemic area of Brazil, 2005. **Rev Soc Bras Med Trop** 41: 232-237. 2008. 2008.
- Lopes J, Lozovei AL 1995. Ecologia de mosquitos (Diptera: Culicidae) em criadouros naturais e artificiais de área rural do Norte do Estado do Paraná, Brasil: I- Coletas ao longo do leito de ribeirão. *Revista de Saúde Pública*, 29(3), 183-191.
- Lorenz, C., Virginio, F., Aguiar, B.S., Suesdek, L., Chiaravalloti-Neto, F. Spatial and temporal epidemiology of malaria in extra-Amazonian regions of Brazil. **Malaria journal**, 14(1), 408. 2015.
- Lutz, A., Machado, A. Viagem pelo rio S. Francisco e por alguns dos seus afluentes entre Pirapora e Joazeiro. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**; 7(1):5-50. 1915.
- MacArthur, R.H., Wilson, E.O. The theory of island biogeography. **Princeton University Press**, Princeton, N.J. 1967.
- Machado, L.O. Sistemas “longe do equilíbrio” e reestruturação espacial na Amazônia. **Cadernos IPPUR**, ano IX. Rio de, 83-106. 1995.
- Machado, L., Castro, B. **Gente do Caceribu, sua geografia, sua historia**. Rio de Janeiro: IBG. 1997.
- Machado, C.J.S. Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios. **Ambiente & Sociedade**, 6(2). 2003.
- Machado, R.L.D., Couto, A.A.R.A., Cavasini, C.E., Calvosa, V.S.P. Malária em região extra-amazônica: situação no estado de Santa Catarina. **Rev Soc Bras Med Trop** 36: 581-586. 2003.
- McKeon, S.N., Schlichting, C.D., Povia, M.M., Conn, J.E. Ecological suitability and spatial distribution of five *Anopheles* species in Amazonian Brazil. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, 88(6), 1079-1086. 2013.
- Meade, M.S., Earickson, R.J. **Medical Geography**. 2nd ed. New York: Guilford Press. 2000

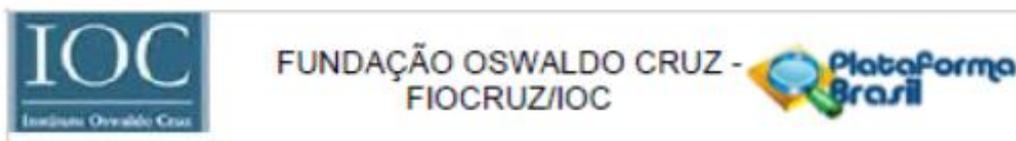
- Medronho, R., Bloch, K.V., Luiz, R.R., Werneck, G.L. **Epidemiologia**. Atheneu. São Paulo. 2009.
- Mello, M.T.V.B.D. *Imagens da memória: uma história visual da malária (1910-1960)*. Niterói, RJ: Universidade Federal Fluminense, Departamento de História. 2007.
- Meneguzzi, V.C., Santos, C.B.D., Pinto, I.D.S., Feitoza, L.R., Feitoza, H.N., Falqueto, A. Use of geoprocessing to define malaria risk areas and evaluation of the vectorial importance of anopheline mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Espírito Santo, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 104(4), 570-575. 2009.
- Metzger, J.P. O que é ecologia da paisagem ? **BiotaNeotropica**. 1(1/2). 2001.
- Miguel, R.B. **Estudo da infecção humana por *Plasmodium* spp no município de Guapimirim, estado do Rio de Janeiro**; Study of human infection with *Plasmodium* spp Guapimirim in the county of, state of Rio de Janeiro. Diss. Instituto Oswaldo Cruz. 2011.
- Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de diagnóstico laboratorial da malária**. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Brasília DF: Ministério da Saúde. 2005.
- Ministério da Saúde. **Guia de vigilância epidemiológica**. Brasília: Centro Nacional de Epidemiologia, Fundação Nacional de Saúde. 2009.
- Ministério da Saúde. Diretrizes Nacionais da Vigilância em Saúde. Série B. **Textos Básicos de Saúde**. Série Pactos pela Saúde, v.13. Brasília: Ministério da Saúde. 2010.
- Moraes, H.F. **SUCAM sua origem, sua história**. Primeiro Volume, 2ª ed. Brasília: Sucam. 1990.
- Morens, D.M., Folkers, G.K., Fauci, A.S. The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases. **Nature**, 430(6996), 242-249. 2004.
- Neafsey, D.E., Waterhouse, R.M., Abai, M.R., Aganezov, S.S., Alekseyev, M.A., Allen, J.E., ..., Assour, L.A. Highly evolvable malaria vectors: the genomes of 16 *Anopheles* mosquitoes. **Science**, 347(6217). 2015.
- Oliveira-Ferreira, J., Lacerda, M.V., Brasil, P., Ladislau, J.L., Tauil, P.L., Daniel-Ribeiro, C.T. Malaria in Brazil: an overview. **Malaria Journal**, 9:115. 2010.
- P.A.H.O. **Report on the situation of Malaria in the Americas**, 2014. Washington, D.C. 2016.
- P.A.H.O. **Epidemiological Alert Increase in cases of malaria**. Washington, D.C. 2017.

- Pavlovsky, E.N. **Natural Nidality of Transmissible Diseases**. Trans. and ed. by N.D. Levine. Urbana: Univ. Illinois Press. 1966.
- Penna, B. Prophylaxia do impaludismo no Brasil. **Boletim do Instituto de Higiene de São Paulo**, (9), 2-23. 1921.
- Petrobrás - **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro** (Comperj).
- Pires, A.S., Lira, P.K., Fernandez, F.A.S., Schittini, G.M., Oliveira, L.C. Frequency of movements of small mammals among Atlantic Coastal Forest fragments in Brazil. **Biological Conservation**. 108: 229–237. 2002.
- Reis, I.C., Honório, N.A., de Barros, F.S.M., Barcellos, C., Kitron, U., Camara, D.C.P., ..., Codeço, C.T. Epidemic and endemic malaria transmission related to fish farming ponds in the Amazon frontier. **PLoS One**, 10(9), 2015.
- Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Martensen, A.C., Ponzoni, F.J., Hirota, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation** 142: 1141-1153. 2009..
- Rio de Janeiro (Estado) - Secretaria Estadual do Ambiente. **O estado do ambiente: indicadores ambientais do Rio de Janeiro / Organizadoras: Júlia Bastos e Patrícia Napoleão**. – Rio de Janeiro: SEA; INEA. 2011.
- Rossetto, E.V., Angerami, R.N., Luna, E.J.D.A. What to expect from the 2017 yellow fever outbreak in Brazil? **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, 59. 2017.
- Santos, J.C.P. Saúde e Educação na Baixada do Estado do Rio de Janeiro durante a Primeira República: Uma convergência. **XXIV Simpósio Nacional de História** – São Leopoldo. 2007.
- Santos, M. O espaço dividido. **Os dois circuitos da economia urbana dos países subdesenvolvidos**. Rio de Janeiro: Francisco Alves. 1979.
- Santos, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção** (Vol. 1). Edusp. 2002.
- Santos, M. **A urbanização Brasileira**: São Paulo: Edusp. 2002.
- Santos, V.R., Yokoo, E.M., Souza-Santos, R., Atanaka-Santos, M. Fatores socioambientais associados à distribuição espacial de malária no assentamento Vale do Amanhecer, Município de Juruena, Estado de Mato

- Grosso, 2005. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** 42(1):47-53, jan-fev. 2009.
- Saraiva, M.D.G.G., Amorim, R.D.S., Moura, M.A.S., Martinez-Espinosa, F.E., Barbosa, M.D.G.V. Urban expansion and spatial distribution of malaria in the municipality of Manaus, State of Amazonas. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 42(5), 515-522. 2009.
- Silveira, M.L. **Uma situação geográfica**: do método à metodologia. Revista Território, ano IV, n.6, jan./jun - p.21-28. 1999.
- Silveira, M., Neto, M.D.A. Licenciamento ambiental de grandes empreendimentos: conexão possível entre saúde e meio ambiente. **Ciência & Saúde Coletiva**, 19(9). 2014.
- Siqueira, A.M., Mesones-Lapouble, O., Marchesini, P., de Souza Sampaio, V., Brasil, P., Tauil, P.L., Fontes, C.J., Costa, F.T.M., Daniel-Ribeiro, C.T., Lacerda, M.V.G., Damasceno, C.P., Santelli, A.C. *Plasmodium vivax* landscape in Brazil: scenario and challenges. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, 95(6_Suppl), 87-96. 2016.
- Sinnis, P., Zavala, F. The skin: where malaria infection and the host immune response begin. **Seminars in immunopathology**. Vol. 34. No. 6. Springer-Verlag. 2012.
- Sorre, M. **Fundamentos Biológicos de la Geografía Humana**. Barcelona: Juventud. 1955.
- Soberon J, Peterson AT 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2.
- Stefani, A., Dusfour, I., Corrêa, A.P.S., Cruz, M.C., Dessay, N., Galardo, A.K., ..., Lima, A.C.F. Land cover, land use and malaria in the Amazon: a systematic literature review of studies using remotely sensed data. **Malaria journal**, 12(1), 192. 2013.
- Susser, M., Susser, E., Barreto, M.L., Veras, R.P., Barata, R.B. Um futuro para a epidemiologia. In: **Teoria epidemiológica hoje**: fundamentos, interfaces, tendências. Rio de Janeiro: Fiocruz/Abrasco, 187-212. 1998.
- Tauil, P., Deane, L., Sabroza, P., Ribeiro, C. A malária no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, 1(1), 71-111. 1985
- Tauil, P.L. Malária no Brasil: epidemiologia e controle. In: Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise de Situação de Saúde. **Saúde Brasil**. Brasília: Ministério da Saúde, p. 223-240. 2010.

- Umetsu, F., Pardini, R. Small mammals in a mosaic of forest remnants and anthropogenic habitats: evaluating matrix quality in an Atlantic forest landscape. **Landscape Ecol.** 22: 517-530. 2007.
- Umetsu, F., Metzger, J.P., Pardini, R. The importance of estimating matrix quality for modeling species distribution in complex tropical landscape: a test with Atlantic forest small mammals. **Ecography.** 31: 359–370. 2008.
- Varga, I.D. Fronteiras da urbanidade sanitária: sobre o controle da malária. **Saúde e Sociedade**, 16(1), 28-44. 2007.
- Vidigal, A.C., Longo, C., Costa, A.D.P., Saraiva, R.P., Ribeiro, C.T.D., Brasil, P., Lupi, O. Estudos dos casos suspeitos de malária importada, um Centro de Referência na região extra-Amazônica. **Arca - Fiocruz.** 2014.
- Vieira, M.V., Olifiers, N., Delciellos, A.C., Antunes, V.Z., Bernardo, L.R., Grelle, C.E.V., Cerqueira, R. Land use vs. fragment size and isolation as determinants of small mammal composition and richness in Atlantic Forest remnants. **Biological Conservation.** 142: 1191–1200. 2009.
- Vinuesa, C.J. **Demografía, análisis y proyecciones.** Madrid: Síntesis. 1997.
- Waltner-Toews, D. An ecosystem approach to health and its applications to tropical and emerging diseases. **Cad. Saúde Pública:** 17(Suplemento): 7-36. 2001.
- Wanderley, D.M.V., Andrade, J.C.R., Meneguetti, L.C., Chinelatto, M.J., Dutra, A.P. Malária no estado de São Paulo, Brasil, 1980 a 1983. *Rev Saude Publica* 19: 28-36. 1985.
- Wanderley, D.M.V., Silva, R.A., Andrade, J.C.R. Aspectos epidemiológicos da malária no estado de São Paulo, Brasil, 1983 a 1992. **Rev Saude Publica** 28: 192-197. 1994.
- World Health Organization. **Guidelines on prevention of the reintroduction of malaria.** No. 34. WHO 2007a.
- World Health Organization. **Guidelines on the elimination of residual foci of malaria transmission.** 2007b.
- World Health Organization. **World malaria report 2016.** Geneva: WHO. Embargoed until, 13. 2016.
- World Health Organization. **WHO malaria terminology.** 2016.

10. APÊNDICES E/OU ANEXOS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Fatores ambientais de risco para a transmissão da malária no estado do Rio de Janeiro, com ênfase na área de abrangência do Comperj.

Pesquisador: Hermano Gomes Albuquerque

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 30606614.2.0000.5248

Instituição Proponente: Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ/IOC

Patrocinador Principal: Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ/IOC

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 835.032

Data da Relatoria: 14/10/2014

Apresentação do Projeto:

Trata-se de projeto de doutorado que pretende estudar a eco-epidemiologia da malária e os determinantes sócio-ambientais da malária em área da Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro, nos municípios de Guapimirim, Magé, Cachoeiras de Macacu, Nova Friburgo e Itaboraí, da área de abrangência do Comperj.

Para tanto, o estudo é composto por duas etapas. A primeira se constitui de um estudo descritivo de correlação ecológica, baseado no modelo de Ecologia Humana da Geografia da Saúde. A segunda está relacionada a um estudo de levantamento e análise sobre a composição da comunidade de vetores com potencial de transmissão na área de estudo.

Em relação a pesquisa em seres humanos, será realizado estudo retrospectivo a partir de dados secundários obtidos a partir do Banco de Dados de Notificação de Malária do Estado do Rio de Janeiro.

Ainda será realizada capacitação de agentes de vigilância em saúde sobre a dinâmica de transmissão da malária. **NÃO SERÃO ENTREVISTADOS INDIVÍDUOS NEM COLETADAS AMOSTRAS HUMANAS.**

Será oferecido um **CURSO DE CAPACITAÇÃO DE AGENTES DE ENDEMIAS**-Nessa etapa do estudo, serão selecionados seis agentes de endemias de cada município da área de estudos (totalizando 18

Endereço: Av. Brasil 4036, Sala 705 (Campus Expansão)
Bairro: Manguinhos CEP: 21.040-360
UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9011 Fax: (21)2561-4815 E-mail: cepfocruz@ioc.fiocruz.br

Continuação do Parecer: 636/002

agentes) para um curso de capacitação nas atividades de reconhecimento do território em plataforma SIG (Google Earth), reconhecimento do território no campo e conhecimentos gerais sobre malária, seus vetores e da relação entre eles e seu território. Tanto o curso como seu processo de seleção serão construídos em parceria com as prefeituras, tendo como requisito básico do agente de endemias para ingresso no curso, a conclusão do Ensino Básico e estar atuando nos serviços de vigilância e controle de vetores. Os tópicos do curso serão divididos em três módulos. No primeiro módulo serão abordados conceitos gerais sobre o agravo Malária, como agente etiológico, reservatórios, vetores, modo de transmissão, período de incubação, aspectos epidemiológicos e informações sobre a vigilância epidemiológica. No segundo módulo serão tratados conceitos chave sobre território e paisagem, como vigilância territorial, paisagens como determinantes em saúde, mapas como ferramenta para a saúde, mapeamento do território e vigilância.

Objetivo da Pesquisa:

Determinar as condições de receptividade para malária no estado do Rio de Janeiro com ênfase na área de abrangência do Comperj e estudar os determinantes socioambientais e avaliação do risco de reintrodução da doença.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Possíveis riscos e benefícios, diretos e indiretos, são avaliados no projeto. São descritas as medidas para a minimização dos riscos e proteção da equipe de trabalho de campo da pesquisa, e as medidas para assegurar a confidencialidade dos dados secundários que serão avaliados.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto suficientemente claro, bem fundamentado, sem necessidade de ser encaminhado para a CONEP.

O estudo proposto é pertinente e possui valor científico.

A Metodologia da forma como foi apresentada na presente versão está adequada e permitirá atingir os objetivos do estudo.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados e avaliados os seguintes documentos:

Folha de rosto: assinada pelo doutorando, o responsável pela instituição proponente, o mesmo

Endereço: Av. Brasil 4036, Sala 705 (Campus Expansão)
Bairro: Manguinhos CEP: 21.040-360
UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9011 Fax: (21)2561-4815 E-mail: cepfocruz@ioc.fiocruz.br

Continuação do Parecer: 026.002

que o patrocinador responsável.

Projeto: no formato Plataforma e na Inteira.

Orçamento detalhado de material permanente e de custeio no valor total de R\$ 199.391,16.

Curriculæ vitæ: confirmada a capacidade técnica da equipe.

Recomendações:

- O cronograma foi revisto pelo pesquisador principal conforme recomendado.
- Anexar o Termo de anuência da Secretaria do Estado do Rio de Janeiro.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As pendências feitas pelo CEP Fiocruz/IOC foram cumpridas quando foram apresentados:

- 1-O pesquisador responsável esclareceu que não há Instituição de pesquisa coparticipante. Portanto, não há Termo de Compromisso.
- 2- Os Termos de Anuência das Secretarias de vigilância em saúde dos municípios onde a pesquisa será desenvolvida foram anexados (Cachoeiras de Macacu, Guapimirim e Itaboraí). O Termo de anuência da Secretaria de Saúde do Estado, que segundo o pesquisador, se encontra em processo ficará como recomendação para ser anexado, mas estando as secretarias municipais em acordo com o estudo, entendemos que a anuência do estado será um reforço.
- 3- Na carta resposta, ponto a ponto, o pesquisador incluiu o tipo de participação de cada membro da equipe.
- 4- No projeto o pesquisador deixa claro que: não serão entrevistados participantes, não sendo usado questionário. Os dados serão obtidos do Banco de Dados de Notificação de Malária do Estado do Rio de Janeiro (variáveis: número de casos, distribuição de espécie parasitária, município de residência, local provável de infecção, classificação (autóctone ou importado) sexo, idade), dados pessoais de identificação dos participantes não serão utilizados. Logo a pendência "falta de questionário" foi atendida.

Endereço: Av. Brasil 4036, Sala 705 (Campus Expansão)
Bairro: Mangueiras CEP: 21.040-360
UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9011 Fax: (21)2561-4815 E-mail: cepfiocruz@ioc.fiocruz.br

Continuação do Parecer: 836.032

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Oswaldo Cruz (CEP Fiocruz/IOC), de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 466/2012, manifesta-se por APROVAR o projeto de pesquisa CAAE: 30606614.2.0000.5248 após a deliberação do Comitê na 198ª Reunião, comunicando que:

Apresentar relatórios parciais (anuais) e relatório final do projeto de pesquisa é responsabilidade indelegável do pesquisador principal.

Qualquer modificação ou emenda ao projeto de pesquisa em pauta deve ser submetida à apreciação do CEP Fiocruz/IOC.

O participante de pesquisa ou seu representante, quando for o caso, deverá rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE apondo sua assinatura na última página do referido Termo.

O pesquisador responsável deverá da mesma forma, rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido- TCLE apondo sua assinatura na última página do referido Termo.

Endereço: Av. Brasil 4036, Sala 705 (Campus Expansão)
Bairro: Manguinhos CEP: 21.040-360
UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9011 Fax: (21)2561-4815 E-mail: cepfiocruz@ioc.fiocruz.br

Artigo 1: Colaborador. Publicado.

634 Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Vol. 109(5): 634-640, August 2014

Malaria in the state of Rio de Janeiro, Brazil, an Atlantic Forest area: an assessment using the health surveillance service

Renata Bortolasse Miguel¹, Paulo Cesar Peiter¹, Hermano de Albuquerque¹, José Rodrigues Coura¹, Patrícia Ganzenmüller Moza², Anielle de Pina Costa³, Patricia Brasil³, Martha Cecília Suárez-Mutis^{1/†}

¹Laboratório de Doenças Parasitárias, Instituto Oswaldo Cruz ²Instituto de Pesquisa Clínica Evandro Chagas-Fiocruz, Rio de Janeiro, RJ, Brasil ³Cerência de Doenças Transmitidas por Vetores e Zoonoses, Secretaria de Saúde e Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

The lethality of malaria in the extra-Amazonian region is more than 70 times higher than in Amazonia itself. Recently, several studies have shown that autochthonous malaria is not a rare event in the Brazilian southeastern states in the Atlantic Forest biome. Information about autochthonous malaria in the state of Rio de Janeiro (RJ) is scarce. This study aims to assess malaria cases reported to the Health Surveillance System of the State of Rio de Janeiro between 2000-2010. An average of 90 cases per year had parasitological malaria confirmation by thick smear. The number of malaria notifications due to Plasmodium falciparum increased over time. Imported cases reported during the period studied were spread among 51% of the municipalities (counties) of the state. Only 35 cases (4.3%) were autochthonous, which represents an average of 3.8 new cases per year. Eleven municipalities reported autochthonous cases; within these, six could be characterised as areas of residual or new foci of malaria from the Atlantic Forest system. The other 28 municipalities could become receptive for transmission reintroduction. Cases occurred during all periods of the year, but 62.9% of cases were in the first semester of each year. Assessing vulnerability and receptivity conditions and vector ecology is imperative to establish the real risk of malaria reintroduction in RJ.

Key words: malaria - surveillance - Atlantic Forest - *P. vivax* - *P. falciparum*

Artigo 2: Colaborador. Publicado.

Outbreak of human malaria caused by *Plasmodium simium* in the Atlantic Forest in Rio de Janeiro: a molecular epidemiological investigation

Patricia Brasil^{1*}, Mariana Gustavo Zelli¹, Anielle de Pina-Costa¹, André Machado Siqueira, Cesare Bianco Junior, Sidnei Sôco, André Luiz Limão Azevedo, Marcelo Pelajo-Machado, Denise Anete Moutinho de Alvaranga, Ana Carolina Paria da Silva Santelli, Hermano Gomes Albuquerque, Pedro Coura, Felipe Vieira Sant'Ana de Almeida, Cassio Leandri Petráia, Graziela Maria Zanini, Martha Cecília Suárez Mutis, Alcides Pissinatti, Ricardo Lourenço de Oliveira, Cristiano Ferreira Alves de Brito, Maria de Fátima Ferreira da Cruz, Richard Cullerton, Claudio Tadeu David-Ribeiro

Summary

Background Malaria was eliminated from southern and southeastern Brazil over 50 years ago. However, an increasing number of autochthonous episodes attributed to *Plasmodium vivax* have recently been reported from the Atlantic Forest region of Rio de Janeiro state. As the *P. vivax*-like non-human primate malaria parasite-species *Plasmodium simium* is locally enzootic, we performed a molecular epidemiological investigation to determine whether zoonotic malaria transmission is occurring.

Methods We examined blood samples from patients presenting with signs or symptoms suggestive of malaria as well as from local howler monkeys by microscopy and PCR. Samples were included from individuals if they had a history of travel to or resided in areas within the Rio de Janeiro Atlantic Forest, but not if they had malaria prophylaxis, blood transfusion or tissue or organ transplantation, or had travelled to known malaria endemic areas in the preceding year. Additionally, we developed a molecular assay based on sequencing of the parasite mitochondrial genome to distinguish between *P. vivax* and *P. simium*, and applied this assay to 33 cases from outbreaks that occurred in 2015, and 2016.

Findings A total of 49 autochthonous malaria cases were reported in 2015-16. Most patients were male, with a mean age of 44 years (SD 14.6), and 82% lived in urban areas of Rio de Janeiro state and had visited the Atlantic Forest for leisure or work-related activities. 33 cases were used for mitochondrial DNA sequencing. The assay was successfully performed for 28 samples, and all were shown to be *P. simium*, indicative of zoonotic transmission of this species to human beings in this region. Sequencing of the whole mitochondrial genome of three of these cases showed that *P. simium* is most closely related to *P. vivax* parasites from South America. The malaria outbreaks in this region were caused by *P. simium*, previously considered to be a monkey-specific malaria parasite, related to but distinct from *P. vivax*, and which has never conclusively been shown to infect people before.

Interpretation This unequivocal demonstration of zoonotic transmission, 50 years after the only previous report of *P. simium* in people, leads to the possibility that this parasite has always infected people in this region, but that it has been consistently misdiagnosed as *P. vivax* because of an absence of molecular typing techniques. Thorough screening of local non-human primates and mosquitoes (*Anopheles*) is required to evaluate the extent of this newly recognised zoonotic threat to public health and malaria elimination in Brazil.

Funding Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, The Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), JSPS Grant-in-Aid for scientific research, Secretary for Health Surveillance of the Brazilian Ministry of Health, Global Fund, Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), and PRONEX Program of the CNPq.

Copyright © The Author(s). Published by Elsevier Ltd. This is an Open Access article under the CC BY-NC-ND 4.0 license.



Lancet Glob Health 2012

Published Online

August 13, 2012

http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(12)00333-9

See Online (Comment)

http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(12)00343-1

*Contributed equally

Laboratório de Doenças Febres

Agudas (P. Brasil, MZ)

de Pina-Costa (P.C.)

A.M. Siqueira (M.S.) and

Laboratório de

Parasitologia (C. Silva MSc,

C.M. Zanini PhD), Instituto

Nacional de Infectologia

Evandro Chagas (P.C.),

Fundação Oswaldo Cruz

(Fiocruz), Rio de Janeiro, Brazil;

Centro de Pesquisa,

Diagnóstico e Tratamento em

Malaria (CFO-Ma), Fiocruz,

Rio de Janeiro, Brazil (P. Brasil,

A. de Pina-Costa, A. W. Siqueira,

C.B. Junior BSc,

Prof. R. Lourenço de Oliveira PhD,

Prof. M. de Fátima Ferreira

da Cruz PhD),

Prof. T. David-Ribeiro MD);

Laboratório de Infectologia e

Parasitologia Molecular,

Hospital Universitário

Comendador Francisco Figueiredo,

Universidade Federal do Rio de

Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

(M. G. Zelli PhD, A. L. S. M. MSc);

Laboratório de Pesquisa em

Malaria (P. de Pina-

Costa, C. B. Junior)

Fiocruz de Ilhéus (Ferreira

da Cruz, Prof. T. David-Ribeiro);

Laboratório de Patologia

Geographic Information System (GIS) like a tool to entomological surveillance: measuring territory receptivity to *Anopheles* subgenus *Nyssorhynchus* on Rio de Janeiro state

Albuquerque HG^{1,2}, Peiter PC¹, Toledo LM², Alencar JAF, Sabroza PC², Dias CG³, Santos JPC², Suárez-Mutis MC¹

Background

Malaria is an infectious disease of epidemiological relevance in Brazil, where the Amazon region is the main endemic area, accounting for 99.8% of all cases (Oliveira-Ferreira 2010). However, the malaria mortality rate outside the Amazon region was 60 times higher than in the Amazon in 2013 (Pina-Costa 2014). Cases recorded outside the Amazon, usually in the Atlantic Forest biome, may be indigenous (or autochthonous) or imported, with the latter representing most of the cases, 739 (or 89.4%) in 2013 (Pina-Costa 2014). Imported malaria cases can be diagnosed at any location, depending on the patient's destination, and could become a problem in municipalities outside of endemic areas, as healthcare professionals in that region may not have experience with the diagnosis and treatment of malaria (Pina-Costa et al. 2014). In particular, imported malaria could be a major problem if the cases occur in areas where local vectors and environmental conditions favoring malaria transmission ("receptive areas", WHO, 2007a) are present (Limongi et al. 2008). In Brazil, the presence of vector species in genus *Anopheles*, subgenus *Nyssorhynchus*, outside of the Amazon can favor the occurrence of outbreaks or reintroductions of malaria in those regions (Consoli & Oliveira 1994; WHO 2007; Pina-Costa 2014).

The World Health Organization (WHO) advocates the importance of monitoring direct and indirect factors that determine malaria transmission in malaria-free areas (WHO 2007a), categorizing malaria foci into six classes: endemic, residual active, residual non-active, cleared-up, new potential, and new active (or pseudo). The state of Rio de Janeiro is categorized as a new potential focus, due to its receptivity to malaria, the history of cases and the possibility of reintroduction from imported cases. The identification and mapping

of all potential *Anopheles* larval habitats, especially those of *Nyssorhynchus* mosquitoes (Chanda et al. 2013; Dlamini et al. 2015), is essential for successful malaria vector control and to change the status of Rio de Janeiro from new potential to cleared-up. In such cases, WHO recommends the use of geographic information systems (GIS) as a tool for epidemiological and entomological surveillance (WHO 2007a,b,c).

According to the “Guidelines on the elimination of residual foci of malaria transmission” (WHO 2007b), malaria foci are determined by the presence of parasite, host, and vector populations. Entomological surveillance is an important tool to determine the receptivity to malaria in malarious areas (WHO 2007b), defined as areas “in which transmission of malaria is occurring or has occurred during the preceding 3 years” (WHO 2016). In addition, investigation of the vulnerability to infection is an important part of surveillance efforts in malarious areas to determine the magnitude of the malariogenic potential.

Thus, this study aimed to construct a territory receptivity model of malaria focusing on potential larval habitats and the aquatic hemi-population of *Anopheles* subgenus *Nyssorhynchus* to serve as an entomological surveillance tool in the state of Rio de Janeiro. Malaria vector populations consist of two different phases, aquatic and airborne, referred to as ‘hemi-populations’ (Granovitch 1999). This study examined the aquatic hemi-population of *Anopheles* (*Nyssorhynchus*).

Methods

Study area

The state of Rio de Janeiro comprises 92 municipalities, with a population estimated at 15,989,929 inhabitants in 2010, distributed over 43,780 km². The state borders three other states: Minas Gerais, São Paulo, and Espírito Santo (Censo IBGE 2010). Their influence area includes 264 municipalities. The state capital, Rio de Janeiro, includes one of the main country’s major ports and the second busiest international airport, responding for large movements of persons, which are important to the dynamics of imported malaria.

The geomorphology of Rio de Janeiro is very diverse, with hills, scarped mountains, isolated mountains, and lowlands (Fig. 1). The territory is divided by the Serra do Mar mountain range, forming two main hydrological regions, North and South/Southeast (INEA 2010). The vegetation consists mainly of Atlantic forest, which covers approximately 30% of the state's area. The deforestation process has occurred at a slower rate in Rio de Janeiro because of the high slopes of the Serra do Mar range. These two geographical features (vegetation and geomorphology) influence the hydrological behavior in the state of Rio de Janeiro. High precipitation levels are observed along the Serra do Mar range (INEA 2010). Northwest and central coastal regions contain the largest water bodies of the state, whereas the lowlands adjacent to the Serra do Mar have many smaller water bodies. Thus, Rio de Janeiro has many different geomorphological landscapes that provide suitable larval habitats for *Anopheles* vectors.

Database and data analysis

The receptivity model was constructed using secondary data. The study database is based on 2010 information from “The status of environment” study by the Rio de Janeiro State Institute for the Environment (Instituto Estadual do Ambiente – INEA) and the Rio de Janeiro State Department of the Environment (Secretaria de Estado do Ambiente – SEA). The database was created to describe the current environmental context of Rio de Janeiro state, providing support to solve political, environmental, and social problems. Four information layers of the database were used in the study: geomorphology, rainfall, temperature, and vegetation (Fig. 1). The features of the model were based on the study by Dambach et al. (2009) and are collectively referred to as potential larval habitat (Barve et al. 2011; WHO 2016).

Data analysis was conducted with the Analytic Hierarchy Process (AHP) (Saatty 1977). This method involves consists in classifying and assigning weights to each layer of the study model. First, each layer was categorized into classes based on their frequency distribution. The geomorphology layer was categorized into six classes relative to sea level: 0–20 m, 20–100 m, 100–200 m, 200–400 m, > 400 m, and sandy areas. Rainfall in the state (ranging between 812 and 2834 mm³) and was divided into five classes: 812–1000 mm, 1000–1300 mm³, 1300–1500 mm³, 1500–1700 mm³, and 1700–2834 mm³. The

average monthly temperatures range between 9.19 and 23.15 °C, and it were divide in five classes: 9.19–15 °C, 15–17 °C, 17–19 °C, 19–21 °C, and 21–23.15 °C. A 200 m buffer was incorporated around the vegetation layer to ensure that all potential habitats were included (Fig. 1).

Two entomologists with great experience in malaria vectors were interviewed for a pairwise comparison of model layers. The weights assigned to each layer class are shown in Table 1. The geomorphology layer was weighted more heavily in the model because it represents the most structural component of the larval habitat in the region, affecting all other components (45%). The geomorphology of a region does not change over ecological time, and thus areas with optimal conditions for larval development in the past remain the same in the present. The climate components, temperature and rainfall distribution, were weighted equally (20%) and a little higher than the vegetation component (15%), because they are macroscale determinants that vary by latitude, longitude, altitude, and proximity to the ocean (Gage et al. 2008). The vegetation component affects the environment on a microclimatic scale through its influence on the hydrological cycle and the presence of water bodies (Bonan 2008; Machado 2003).

Model processing was done in ArcGIS Desktop 10.0 (ESRI - Redlands, CA – USA. Environmental Systems Research Institute) using Spatial Analyst Tool and Weighted Overlays to construct the AHP model. This tool allows overlaying several layers/databases using a common measurement scale and weights each layer according to its importance.

After the AHP model was constructed, the distribution of receptivity classes was compared in each municipality of the state of Rio de Janeiro. The layer of municipalities was obtained from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) website (http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm). The data were processed in ArcGis 10 using the Intersect tool to compute a geometric intersection between input data layers.

The state of Rio de Janeiro has a total area of 43,780 km², but the total area projected for the state in the model was 42,182 km². The proportions of receptivity class cover were calculated using the model's total area. The discrepancy in total area is due to database used in the study.

Results

The model predicted five receptivity classes: very low, low, medium, high, and very high. The 'high' class covered the largest area, 17,557.98 km², or 41.62% of the area of Rio de Janeiro state, whereas the lowest cover (0.35 km² or 0.08% of the state's area) corresponded to the 'very low' class (Table 2 and Fig. 1). The 'very high' class is the most important in the receptivity model, corresponding to areas with optimal environmental and climatological conditions to provide suitable larval habitats for *Anopheles (Nyssorhynchus)* vectors. This receptivity class covered 497.14 Km² or 1.18% of the state's area.

Rio de Janeiro has 92 municipalities, of which 41 have 'very high' receptivity areas, but only 11 municipalities have more than 10 km² of 'very high' receptivity areas. Of those municipalities, Duque de Caxias (66.71 km²), Cachoeiras de Macacu (61.07 km²), Guapimirim (54.31 km²), and Magé (49.64 km²) have the highest absolute area of 'very high' receptivity areas., whereas the municipalities with the highest proportion of 'very high' receptivity areas are Japeri (25.91%), Guapimirim (15.04%), Duque de Caxias (14.25%), and Magé (12.77%). All of these municipalities are situated in the central region of Rio de Janeiro, with an estimated population of 1,280,903 (IBGE, 2016).

There are sSome municipalities with low presence of have a small area covered by 'very high' receptivity areas, like such as Santa Maria Madalena (0,.001 Kmkm²), Miracema (0,.01 Kmkm²), and Itaperuna (0,.06 Kmkm²). Of the 41 municipalities with 'very high' receptivity class areas, 12 of them (29,.3%) have are covered by less than 1 Kmkm² and 30 (73,.1%) have by less than 10 Kmkm² of 'very high' receptivity areas.

The state of Rio de Janeiro has a total area of 43,780 km², but the total area projected for the state in the model was 42,182 km². The proportions of receptivity class cover were calculated using the model's total area. The discrepancy in total area is due to database generator differences.

Discussion

The malaria receptivity index successfully stratified the state of Rio de Janeiro into different areas. In our study, receptivity refers to the potential presence of larval habitats for *Anopheles. (Nyssorhynchus)* vectors. Thus, the higher the probability of an area having potential larval habitats of *Anopheles. (Nyssorhynchus)* vectors, the higher the receptivity index, which ranged from 1 to 5 or from 'very low' to 'very high'. The term larval habitat, which is defined as a "site at which developmental stages of mosquitoes (eggs, larvae, pupae) are found, including sites that appear to be ecologically suitable for particular species", has recently been replaced by the terms breeding sites or breeding places (WHO 2016). This new term refers to the concept of species tolerance and the need for specific abiotic conditions, which represent the idea of ecological niche (Barvel et al. 2011).

The 'high' receptivity class was the most common in the model and covered more than two-fifths of the state's area (41.62%). This result can be explained by the extensive areas of lowlands in the state, which accumulate water from mountain rivers and due to the low slope of the terrain. These areas contain water bodies that are potential larval habitats for *Anopheles. (Nyssorhynchus)* mosquitoes (Deane 1986; Meneguzzi et al. 2009).

The areas classified as 'very high' are characterized by the highest temperatures and precipitation levels of the state, and are mostly located in the lowland regions (0–20 m). The model for *Anopheles. (Nyssorhynchus)* larval habitats also included a forest component. Forest fragments have the potential to retain rainfall water (Machado 2003). This ground water is gradually released into the rivers favoring the existence of permanent water bodies in the region. Moreover, tropical forests have the potential to affect the climate conditions in adjacent areas (Bonan 2008). The stable climatic conditions near forest fragments favor larval development and the occurrence of suitable larval habitats.

Most 'very high' receptivity areas are concentrated in the central and south regions of the state. The 'very high' areas in the central region are situated mainly in lowlands surrounding the south hillside of the Serra do Mar range, in an area known as Baixada Fluminense. Malaria incidence rates in

Baixada Fluminense were high in the past (Deane 1986; Hochman et al. 2002; Miguel et al. 2014). In fact, this region was one of the three most malaria-endemic areas of the state at the beginning of the 20th century (Chagas XXX), and our results showed that it still provides suitable larval habitats for *Anopheles*. (*Nyssorhynchus*) vectors, remaining receptive to malaria. The south region also has many 'high' receptivity areas, in the region known as Costa Verde.

Some municipalities had a significant probability of having larval habitats for *Anopheles* vectors in a large proportion of their territory. Moreover, three of the municipalities with 'very high' receptivity areas have had autochthonous cases confirmed between 2002–2010 (Cachoeiras de Macacu: eight cases; Rio de Janeiro: seven cases; and Paraty: three cases) (Miguel et al 2014), which provides further support to our study model. In these areas, WHO (2007a) recommends that entomological surveillance should be conducted on a permanent basis to understand the environmental dynamics and prevent malaria outbreaks from imported or introduced cases, or malaria reintroduction.

Additionally, imported malaria cases were recorded in some municipalities with an elevated proportion of 'very high' receptivity areas: Nova Iguaçu (24 cases), Duque de Caxias (24 cases), and Cachoeiras de Macacu (six cases) (Miguel et al. 2014). According to our model, these municipalities are among the five most receptive municipalities in the state of Rio de Janeiro. This fact is of high epidemiological relevance, because the combination of receptivity and vulnerability (i.e., importation risk) can create the perfect conditions for the emergence of outbreaks or disease reintroduction. In a review of the literature, Cohen et al. (2012) detected 75 malaria resurgence events in 61 countries, showing the real possibility for that kind of event to occur in places where malaria was endemic in the past and that are still receptive to the disease. The main factor linked to malaria resurgence events (68/75 events, 91%) was the weakening of malaria control programs, for which the main reason was disruptions in funding.

We used freely available databases for modeling the distribution of risk areas for malaria transmission in the state of Rio de Janeiro. This information was obtained using a new and low-cost approach to support the entomological surveillance efforts in areas that are considered free from transmission of

Nyssorhynchus species. Health workers in 'very high' and 'high' receptivity areas should be prepared to diagnose all febrile individuals and determine the cause of the fever. Each malaria case must be treated and epidemiological studies must be conducted to prevent the reintroduction of the disease.

It is important to emphasize that our model focused on the geographic features of *Anopheles* distribution described in the literature. Soberón and Peterson (2005) proposed a model to determine the distribution of a species with three four classes of factors corresponding to biotic factors, abiotic conditions, and the regions accessible to dispersal and evolutionary adaptability. In the current study, only abiotic factors were considered and the model did not include *Anopheles* samples. Thus, this kind of approach can be useful in areas without recent occurrence records of *Anopheles* species and in regions with a history of endemicity but without continuous investment in malaria control.

Finally, GIS and geoprocessing technologies are important to many areas, including health and territorial planning. Using available databases, many models can be constructed for different purposes, transforming raw data into relevant information. Nevertheless, modeling is a way to simplify the complexity of reality and not a goal in itself (Medronho et al. 2009). In addition, our model must be validated to determine if its predictions are accurate. Future studies should examine 'very high' receptivity areas in previously endemic parts of the state of Rio de Janeiro, searching for larval habitats of *Anopheles* vectors, especially *A. darlingi* immatures.

REFERENCES

- Barve, N., V. Barve, A. Jimenez-Valverde, A. Lira-Noriega, S. P. Maher, A. T. Peterson, J. Soberón, and F. Villalobos. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling* 222:1810–1819. 2011
- Bonan, G. B. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *science*, 320(5882), 1444-1449. 2008
- Chanda, E., Doggale, C., Pasquale, H., Azairwe, R., Baba, S., & Mnzava, A. Addressing malaria vector control challenges in South Sudan: proposed recommendations. *Malaria journal*, 12(1), 59. 2013.
- Cohen, J. M., Smith, D. L., Cotter, C., Ward, A., Yamey, G., Sabot, O. J., & Moonen, B. Malaria resurgence: a systematic review and assessment of its causes. *Malaria Journal*, 11(1), 1. 2012
- Consoli, R. and Oliveira, R.L. - Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 228 p. 1994.
- Dambach P, Sié A, Lacaux J-P, Vignolles C, Machault V, Sauerborn R,. Using high spatial resolution remote sensing for risk mapping of malaria occurrence in the Nouna district, Burkina Faso. 2009
- Deane, L. M. Malaria vectors in Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 81, 5-14. 1986.
- Dlamini, S. N., Franke, J., & Vounatsou, P. Assessing the relationship between environmental factors and malaria vector breeding sites in Swaziland using multi-scale remotely sensed data. *Geospatial health*, 10(1). 2015.
- Governo do Estado do Rio de Janeiro Secretaria do Ambiente, Instituto Estadual do Ambiente (INEA). O estado do ambiente - Indicadores Ambientais do Rio de Janeiro em 2010. 2011
- Granovitch, A. I. Parasitic systems and the structure of parasite populations. *Helgoland Marine Research*, 53(1), 9. 1999.

- Gage, K. L., Burkot, T. R., Eisen, R. J., & Hayes, E. B. Climate and vectorborne diseases. *American journal of preventive medicine*, 35(5), 436-450. 2008
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010. Censo 2010.
- Limongi JE, Chaves KM, Paula MBCD, Costa FCD, Lopes IDS, Neto P, et al. Malaria outbreaks in a non-endemic area of Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2008; 41:232–7.
- Machado, C.J.S. Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios. *Ambiente & Sociedade*, Ano VI, N. 2, Jul/Dez. 2003. p. 121-136. 2003
- Medronho, R. A., Carvalho, D. M. D., Bloch, K. V., Luiz, R. R., & Werneck, G. L. Epidemiologia. In *Epidemiologia* (pp. 493-493). 2009.
- Miguel, R. B., Peiter, P. C., Albuquerque, H. D., Coura, J. R., Moza, P. G., Costa, A. D. P., ... & Suárez-Mutis, M. C. Malaria in the state of Rio de Janeiro, Brazil, an Atlantic Forest area: an assessment using the health surveillance service. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 109(5), 634-640. 2014
- Oliveira-Ferreira, J., Lacerda, M. V., Brasil, P., Ladislau, J. L., Taul, P. L., & Daniel-Ribeiro, C. T. (2010). Review Malaria in Brazil: an overview. *Malaria J*, 9, 115.
- Pina-Costa, A. D., Brasil, P., Santi, S. M. D., Araujo, M. P. D., Suárez-Mutis, M. C., Oliveira-Ferreira, J., ... & Daniel-Ribeiro, C. T. (2014). Malaria in Brazil: what happens outside the Amazonian endemic region. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 109(5), 618-633.
- Soberón, J., Peterson, A.T. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2, 1–10. 2005.
- World Health Organization. Guidelines on prevention of the reintroduction of malaria. No. 34. WHO 2007^a.
- World Health Organization. Guidelines on the elimination of residual foci of malaria transmission (No. 33). WHO 2007^b.

World Health Organization: Malaria elimination: a field manual for low and moderate endemic countries. Geneva: World Health Organization 2007^c.

World Health Organization. WHO malaria terminology. 2016