



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**ESPACIALIZAÇÃO DO RISCO DE CONTÁGIO DE
ESQUISTOSSOMOSE NA BACIA DO MÉDIO
PARANAPANEMA-SP**

Vivian Alessandra Ferreira da Silva

Trabalho final da disciplina de In-
trodução ao Geoprocessamento do
Curso de Mestrado em Sensoria-
mento Remoto



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**ESPACIALIZAÇÃO DO RISCO DE CONTÁGIO DE
ESQUISTOSSOMOSE NA BACIA DO MÉDIO
PARANAPANEMA-SP**

Vivian Alessandra Ferreira da Silva

Trabalho final da disciplina de In-
trodução ao Geoprocessamento do
Curso de Mestrado em Sensoria-
mento Remoto

2021

RESUMO

Neste trabalho realiza-se revisão bibliográfica sobre o uso de dados de observação da Terra em estudos de doenças de veiculação hídrica e traça-se um perfil dos resultados encontrados com relação às doenças estudadas, áreas de estudo e sensores remotos mais utilizados. Foram utilizadas três plataformas para pesquisa de artigos publicados com este tema: PubMed, Capes e Sociedade Americana de Geografia. Teve-se como resultado 57 publicações que atendiam aos critérios da revisão. Embora a pesquisa tenha incluído termos de busca de observação da Terra, as publicações retornadas foram apenas relacionadas ao uso de sensoriamento remoto. Além disso, observou-se unidade metodológica entre os resultados da revisão já que uma parcela deles se dedicou a revisar conceitos e aplicações, enquanto outra parte utilizou imagens de satélite para geração de variáveis que foram consideradas em modelagens e estimativas de risco, ocorrência, disseminação e dinâmica espaço-temporal de doenças de veiculação hídrica.

Palavras-chave: Dados de observação da Terra. Sensoriamento remoto. Doenças de veiculação hídrica. Imagem de satélite. Epidemiologia espacial.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 Mapa de localização da Bacia do Médio Paranapanema	9
3.1 Distribuição espacial dos dados considerados na análise.	12
4.1 Mapa de risco de contágio de esquistossomose na Bacia do Médio Paranapanema.	13
4.2 Mapa de risco de contágio de esquistossomose na Bacia do Médio Paranapanema com a localização dos caramujos hospedeiros intermediários. .	14

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
3.1 Palavras-chave utilizadas na revisão bibliográfica, em português e inglês.	11
A.1 Artigos encontrados na revisão bibliográfica.	17
B.1 Dados de sensoriamento remoto e produtos derivados comumente usados em epidemiologia.	22

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	1
2 ESQUISTOSSOMOSE E MÉDIO PARANAPANEMA	5
2.1 Esquistossomose e ambiente	6
2.2 Esquistossomose e características socioeconômicas	8
2.3 Médio Paranapanema	9
3 MATERIAIS E MÉTODOS	10
3.1 Metodologia	10
3.2 Aquisição dos dados	10
3.3 AHP - Processo Analítico Hierárquico	12
4 ANÁLISE E RESULTADOS	13
5 CONCLUSÕES	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
Apêndice	17
ANEXO	22

1 INTRODUÇÃO

A esquistossomose, popularmente conhecida como barriga d'água, é uma doença infecciosa, negligenciada, parasitária, tropical. É uma verminose que tem como agente causador o *Schistosoma mansoni* e é transmitida por caramujos gastrópodes aquáticos (??). No estado de São Paulo, o coeficiente de incidência de casos novos de esquistossomose por 100 mil habitantes foi de 0,07 em 2020. Foram registradas 145 notificações da doença, sendo 31 casos autóctones (21,4% do total) em 26 municípios paulistas. As mesmas notificações distribuídas por município de residência mostram enfermos em 63 municípios diferentes. Embora haja redução nos casos da infecção desde 2013, São Paulo foi o estado com o maior número de casos de esquistossomose em 2020, seguido pela Bahia (26 casos), Minas Gerais (17) e Pernambuco (16) (??).

A esquistossomose é uma doença endêmica no Brasil, onde estimava-se existirem cerca de 6,3 milhões de portadores em 18 estados brasileiros em 1997. Dentro do gênero *Schistosoma*, a única espécie e agente etiológico encontrado no Brasil é o *Schistosoma mansoni* (??), que tem parte do seu ciclo biológico associado aos corpos hídricos de águas lânticas, paradas, com pouca movimentação. O hospedeiro intermediário, que aloja o parasita em sua fase de larvária ou de reprodução assexuada, são algumas espécies de caramujos de água doce, enquanto o hospedeiro definitivo, que hospeda o parasita em sua fase de maturidade ou de reprodução sexuada, é o ser humano. Quando instalado no hospedeiro definitivo, a fêmea do *Schistosoma* adulto libera seus ovos após a cópula, que por processos inflamatórios são impulsionados para o intestino e liberados ao ambiente juntamente com as fezes. Na água, os ovos eclodem liberando larva que pode infectar algumas espécies de moluscos do gênero *Biomphalaria*, continuando o ciclo da doença com o hospedeiro intermediário. Após um período aproximado de 25 a 30 dias, o molusco inicia a liberação de grande quantidade de larvas infectantes na água. A transmissão se dá pela penetração ativa da larva através da pele do indivíduo suscetível que entra em contato com as águas infectadas (PESSOA MARTINS, 1988)

O homem é o principal reservatório do *Schistosoma mansoni*, mas existem relatos da possibilidade de que certos animais silvestres possam, eventualmente, atuar como reservatórios dessa espécie em áreas de alta endemicidade (KAWAZOE PINTO, 1983). Além disso, os caramujos hospedeiros têm sua distribuição geográfica pelo Brasil relacionada à sua biologia, dependente de áreas com recursos hídricos abundantes e águas de baixa vazão. A espécie predominante no Estado de São Paulo é a *B. tenagophila*, que distribui-se de forma agregada e normalmente está associada a

regiões de ocupação urbana intensa, conurbadas e poluídas (TELES, 2005).

A caracterização da esquistossomose como zoonose no Brasil ainda é discutível, já que a identificação de vertebrados que desempenham a função de reservatório silvestre é pouco precisa, mas parece ser consenso a importância da interação do homem com o habitat e nicho do vetor biológico para a sobrevivência do parasita (??). As doenças parasitárias, como a esquistossomose, estão entre os agravos em saúde que apresentam comportamento epidemiológico mais relacionado à existência de elementos do ambiente que influenciam, em graus variados, a sua ocorrência. É possível afirmar que alguns ecossistemas, quando em contato com populações humanas, se constituem em importantes fatores determinantes da ocorrência de doenças ambientais (??). No estudo das doenças tropicais negligenciadas, onde a esquistossomose se insere, os estágios de vida das enfermidades está fortemente relacionado com as condições físicas do ambiente, cujos fatores influenciam na dinâmica de vida dos parasitas, vetores e hospedeiros intermediários (HAMM et al., 2015).

Destaca-se, neste contexto, os produtos de estudos de variação espacial como possibilidades na pesquisa em saúde ao indicar os riscos aos quais uma população está exposta, acompanhar a disseminação de agravos à saúde, orientar e avaliar intervenções, e fornecer bases para explicações causais (HINO et al., 2006). O estudo clássico e pioneiro do médico John Snow sobre a epidemia de cólera em Londres em 1854 foi um dos primeiros exemplos de análise espacial de que se tem registro, e integrou conhecimentos da área da saúde com o estudo da variação espacial do evento. O resultado foi a identificação da origem da epidemia, mesmo sem que o agente etiológico fosse conhecido. Os trabalhos de coleta, interpretação dos dados, e a relação espacial entre os dados contribuiu para o avanço na compreensão da doença e para a descoberta da associação entre água contaminada com esgoto nas bombas de abastecimento de 20 mil casas do município e os óbitos pela doença (HINO et al., 2006).

Antes de 1960, quando começaram a serem desenvolvidos os sistemas de informação geográfica (SIGs) e outras ferramentas de mapeamento temático com uso de computadores, os mapas tinham limitações que dificultavam o manejo de grandes quantidades de dados e informações. Após essa mudança de paradigma que introduziu o uso de ferramentas computadorizadas e facilitou a integração e visualização de dados georreferenciados de diferentes fontes, o uso mais comum dos SIGs na epidemiologia continuou sendo o mapeamento temático. No entanto, as ferramentas disponíveis podem promover análises espaciais mais sofisticadas sobre a ocorrência

de doenças e incluir o uso de variáveis relacionadas ao ambiente em estudo (RYTKÖNEN, 2004). Há interesse, também, em usar abordagens espaciais na epidemiologia no âmbito operacional para facilitar a vigilância e monitorar e avaliar medidas de intervenção (HAMM et al., 2015).

A utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG) em pesquisas relacionadas à saúde facilita o levantamento, espacialização, armazenamento, manipulação e comparação dos dados geograficamente referenciados. Por meio do SIG, as características do ambiente podem ser representadas em diferentes escalas espaciais e temporais. Aspectos como vizinhança e contiguidade, envolvendo áreas restritas ou extensas, podem ser medidas e desenhadas utilizando esse tipo de software. Certos SIGs possuem módulos especialmente desenvolvidos para auxiliar em processos de decisão a partir da criação e comparação de cenários (passados, atuais, futuros prováveis, ideais, etc) (DONHA et al. 2006; VIEIRA, 2010; (??)). A adoção dos SIGs também promove agilidade no fluxo de dados espacializados de diferentes fontes de informação e possibilita a identificação de fatores e áreas com potencial de vulnerabilidade. Isto auxilia o delineamento de estratégias de controle ao orientar com maior precisão a conduta relacionada a uma determinada epidemia (CORREIA et al. 2004; BECK et al., 2000; CHAVES ROCHA, 2006;(??)).

A epidemiologia espacial busca estimativas empíricas de relações entre indicadores epidemiológicos da ocorrência de doenças e variáveis ambientais e/ou socioeconômicas, que geralmente são modeladas como covariáveis, com o objetivo de promover o entendimento dos fatores que influenciam a distribuição espacial da doença ou fazer previsões espaciais para intervenções geograficamente orientadas. Com aumento do foco em desfechos de doenças múltiplas, e com a intensidade da infecção e coinfeção e suas associações com comorbidades no caso de doenças tropicais negligenciadas, a epidemiologia tem recorrido à aplicação de dados de observação da Terra com objetivos mais amplos, expandindo o uso dos SIGs e incorporando variáveis ambientais. A aplicação na epidemiologia e saúde pública de dados de observação da Terra tem aumentado nos últimos 45 anos por prover dados sobre essas variáveis que influenciam a distribuição de doenças infecciosas, bem como caracterizam o habitat de patógenos, vetores e hospedeiros, que muda de acordo com o clima e conforme o uso e cobertura da Terra se alteram (HAMM et al., 2015).

Objetivando entender a espacialização do risco de contrair a doença no médio Paranapanema, o trabalho propõe a criação de um mapa de risco de contágio de esquistossomose através da aplicação do Processo Analítico Hierárquico (AHP) com

dados socioeconômicos, ambientais.

2 ESQUISTOSSOMOSE E MÉDIO PARANAPANEMA

A esquistossomose é uma doença parasitária causada por vermes platelmintos, cuja sintomatologia clínica depende de seu estágio de evolução no hospedeiro definitivo. A fase aguda pode ser assintomática, sendo frequentemente acidentalmente revelada em exames médicos de rotina, devido a alterações nos exames laboratoriais (??). A forma aguda sintomática se apresenta em quadro clínico único de sintomatologia parca, com sintomas dermatológicos e prurido, podendo evoluir para a forma aguda febril. Após seis meses de infecção há o risco do quadro clínico evoluir para a fase de esquistossomose crônica, quando pode haver a forma intestinal (assintomática ou acompanhada de sintomas como diarreia, hepatomegalia, hepatoesplenomegalia e epigastralgia) ou até a forma hepatoesplênica descompensada grave, que apresenta fígado volumoso ou contraído devido à fibrose, ascite, hematemese, anemia, desnutrição e hiperesplenismo (??). A transmissão de *Schistosoma mansoni* no Brasil acontece em ambientes hídricos de água doce colonizados por caramujos planorbídeos das espécies *Biomphalaria glabrata*, *Biomphalaria tenagophila* e *Biomphalaria straminea* (??).

Acredita-se que linhagens ancestrais de *Schistosoma* tenham surgido na Ásia a mais de cinco milhões de anos (MORGAN et al. 2005; (??)), que foram introduzidas na África ainda em tempos remotos, e trazidas ao continente americano possivelmente pelo tráfico de escravos africanos (MACHADO, 1955; (??)). A esquistossomose foi descrita pela primeira vez no Egito em 1851, e foi documentada no Brasil somente em 1908 (LUTZ, 1919; (??)). Entende-se que doença foi introduzida no Brasil através de população africanos escravizada no nordeste brasileiro na produção canavieira. Lá havia condições bioecológicas para que se completasse o ciclo evolutivo do parasita (??). Na década de 1950, após inquérito de nível nacional, delimitou-se as zonas endêmicas, índices de prevalência e a gravidade da expansão da esquistossomose no Brasil (??). Nas duas décadas seguintes, ao lado do aumento na quantidade de infectados, percebeu-se a tendência à expansão territorial das áreas endêmicas da doença no país (??).

Movimentos migratórios nos séculos XVIII, XIX e XX, relacionados ao desenvolvimento das atividades econômicas do país, provavelmente tornaram possível a reunião de indivíduos infectados e moluscos hospedeiros intermediários do parasita em várias partes do Brasil. De forma geral, a esquistossomose em território brasileiro acompanhou as correntes de migração interna, sendo condicionada pela presença do molusco hospedeiro intermediário. No estado de São Paulo, a introdução da cultura

cafeeira no vale do Paraíba (Século XIX) utilizou formas de trabalho escravo em seu processo de desenvolvimento econômico. A expansão da fronteira agrícola para oeste e sudoeste do estado gerou correntes migratórias procedentes de áreas com provável transmissão de esquistossomose, especialmente na área Alto Sorocabana e nas proximidades de Ourinhos. A partir de 1930 intensifica-se o fluxo migratório com origem no Nordeste para compor a mão de obra rural que, anteriormente, era formada por imigrantes estrangeiros que mudaram, junto com as principais áreas de cafeicultores, para o Paraná com o esgotamento das terras paulistas para o plantio do café (??).

2.1 Esquistossomose e ambiente

De acordo com ??), a distribuição da transmissão da esquistossomose mansoni no estado de São Paulo e no restante do país não é homogênea e não parece seguir um padrão de distribuição espacial. Entretanto, nos locais onde ela ocorre é evidente a presença na paisagem de um mais fatores ecológicos favoráveis à manutenção do ciclo de vida completo do parasito. Dois destes fatores são a presença do hospedeiro intermediário e a falta de tratamento dos esgotos na maioria das cidades.

As correntes migratórias, então, não são o único fator a influenciar a expansão da esquistossomose no país. O comportamento epidemiológico da doença é estreitamente relacionado à existência de elementos do meio que favorecem a sua ocorrência, sendo um exemplo da influência do meio sobre a ocorrência de agravo de saúde. A esquistossomose é uma das principais doenças parasitárias de veiculação hídrica do mundo. *A associação das forma de ocupação humana dos espaços urbanos das periferias das grandes cidades, a alta vulnerabilidade social, e as condições inadequadas de moradia é responsável por impactos na dinâmica da esquistossomose e de várias doenças emergentes no país.* O avanço e a disseminação da esquistossomose nas cidades brasileiras estão relacionados com a forma de ocupação e organização do espaço, desempenhando papel fundamental no processo de propagação da endemia (LIMA, 1995; KATZ et al., 2000; COURA AMARAL, 2004).

Os componentes ambientais que favorecem a transmissão da esquistossomose podem ser entendidos como elementos que compõem a paisagem. Assim, podem ser delimitados espacialmente e sua contribuição à expansão da doença pode ser quantificada, indicando áreas ambientalmente vulneráveis. A presença de um ou mais indutores em um mesmo lugar pode não ser determinante para a ocorrência de novos casos, mas a proximidade de elementos indutores favorece a circulação do parasita entre populações humanas e de moluscos. Dessa forma, uma área onde a estrutura da

paisagem apresenta grande conexão, sobretudo por proximidade espacial, entre os elementos indutores de vulnerabilidade ambiental, a ocorrência de casos novos de esquistossomose humana deve ser maior que em áreas onde o número, tamanho e proximidade dos elementos indutores são menores (??).

Para avaliar as possíveis relações entre os elementos da paisagem e a vulnerabilidade à transmissão de esquistossomose mansoni castana identificou 61 características do meio ambiente que podem favorecer a instalação e reprodução de *Biomphalaria* sp e a transmissão do *Schistosoma mansoni*. Os fatores considerados estão relacionados a agricultura anual e de subsistência, agricultura semianual ou perene, áreas permanentes ou eventualmente alagadas, águas e valas para irrigação de cultivos, meandros retificados, ambientes próximos a cursos d'água propícios à poluição por dejetos humanos, lagoas de piscicultura, lagoa assoreada ou pouco profunda, lagoas ou curso d'água utilizados para esporte, pesca, lavagens de utensílios e banho, várzea, presença de nascentes ou bicas, depósitos arenosos nas bordas dos rios desprovidos de vegetação, grandes depósitos de entulho e lixo, atividades humanas nas bordas de curso de água, área de preparo agrícola, cobertura vegetal. De maneira similar, ??) Anaruma et al. (2007) identificaram como fatores indutores para esquistossomose algumas características dos corpos hídricos e certas formas de uso e ocupação das margens de rios e lagoas além dos descritos por citeonlinecastana, tais como: meandros e canais naturais; lagoas com presença de vegetação aquática flutuante ou macrófitas fixas no fundo (taboa); terras baixas alagadiças, vegetação ciliar e fragmentos florestais. Para os autores, cada indutor participa positiva ou negativamente na evolução da transmissão da esquistossomose por meio de redes de interação.

Moura et al. (2005) observaram a importância do mapeamento dos recursos hídricos para a caracterização de áreas de risco, uma vez que esta variável é fundamental para o conhecimento da distribuição do hospedeiro intermediário. Os autores procuraram associar o risco para esquistossomose às áreas de maior concentração de recursos hídricos a partir de mapeamento da hidrografia através de um modelo digital de elevação de terreno obtido a partir de imagens de radar. Essa associação da transmissão da doença com a concentração de recursos hídricos favorece a delimitação da área de estudo respeitando-se os limites das bacias hidrográficas, inclusive porque a vulnerabilidade dessas áreas frente as atividades humanas refletem com precisão desequilíbrios relacionados a mudanças no uso da terra (??).

A conectividade dos elementos da paisagem se coloca como uma propriedade essencial para a sobrevivência de espécies em paisagem fragmentada, isso porque facilita

o fluxo de um fragmento para outro, o que pode incluir os reservatórios naturais da esquistossomose (METZGER DÉCAMPS, 1997). Os corredores ecológicos, como os rios em ambientes de abundância hídrica, são habitats lineares que conectam duas ou mais manchas que foram únicas num passado histórico antes de serem fragmentadas (HOBBS, 1992). Os corredores podem ser provenientes do próprio ambiente natural ou produtos da atividade humana, como os canais de irrigação, permitindo movimentação de espécies entre lagoas dentro de uma mesma bacia hidrográfica. Assim, a compreensão sobre as vias pelas quais um hospedeiro ou vetor se propaga no território e quais as suas prováveis conexões devem permitir a elaboração de possíveis formas de intervenção no meio, de maneira a controlar ou interromper a expansão de uma doença (??).

2.2 Esquistossomose e características socioeconômicas

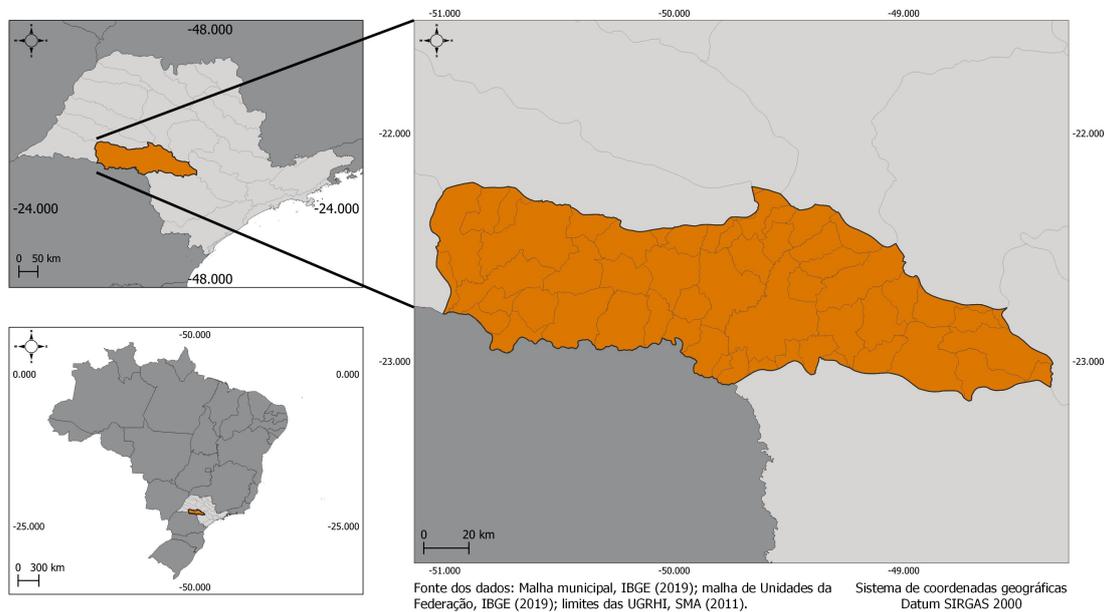
Embora a presença das espécies de caramujos hospedeiros seja essencial para a introdução e manutenção dos focos da esquistossomose mansônica, o sucesso do ciclo de transmissão demanda a convergência de uma série de fatores biológicos e ambientais que determinam a intensidade da prevalência e da morbidade da doença. A transmissão do parasita também é favorecida pelas deficiências do saneamento básico (??) e pelos hábitos de contato com águas naturais (??).

??) afirma que os padrões de contatos com água naturais são estabelecidos de maneira diferente entre grupos de moradores das localidades em função da desigualdade na distribuição da água potável, sendo que Lavapés não possuía uma só casa abastecida com água tratada. As instalações sanitárias e a origem da água, para beber, lavar vasilhas, lavar roupas e tomar banhos, eram significativamente diferentes nas localidades. Lavapés sempre apresentou piores condições sanitárias em relação a Ravenópolis e Ravena. Em Lavapés, a prevalência entre os residentes chegou a 63,86%, e 46,34% dos casos apresentaram carga parasitária acima de 500 opg. Estudos realizados por Farooq Mallah (1966), Dalton (1976), Guimarães et al. (1985) Kvalsvig Shutte (1986) e Chandiwana Woothouse (1991), Lima e Costa et al.(1991) e Guerra (1992) analisaram áreas onde contatos com água naturais ocorriam por lazer e em atividades domésticas. Uma análise sobre o uso do paradigma de risco para a esquistossomose em sete áreas endêmicas sugere maior tendência de indivíduos de áreas rurais terem em torno de 70% dos contatos com águas naturais em atividades profissionais (agricultura e domésticas); nas áreas mais urbanizadas, esse percentual é observado por motivo de lazer (CouraFilho, 1994).

2.3 Médio Paranapanema

A Bacia do Médio Paranapanema se localiza no estado de São Paulo, próxima à divisa com o estado de Paraná (Figura 2.1) e é formada por 46 municípios. A região apresenta grande disponibilidade de água superficial e subterrânea e abrange cinco rios principais (Capivara, Novo, Pari, Pardo, Truvo). Os 1.354 km² de vegetação natural remanescente dividem espaço com a atividade agrícola nas áreas rurais, onde há cultivo de cana-de-açúcar, uva, milho, soja, pêssigo, entre outros além da piscicultura (??).

Figura 2.1 - Mapa de localização da Bacia do Médio Paranapanema



Fonte: Produção da autora.

A Bacia do Médio Paranapanema é considerada uma importante área endêmica da esquistossomose e concentra aspectos favoráveis para a expansão da doença: urbanização precária em termos de saneamento básico (??), uso da terra para atividade agrícola, inclusive com pivôs de irrigação central, presença dos três hospedeiros intermediários do *S. mansoni* nos corpos de água doce e municípios com histórico de casos de esquistossomose (??).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Metodologia

A metodologia para a criação do mapa pode ser dividida em 5 etapas: (i) aquisição dos dados; (ii) preparação dos dados e aplicação do método AHP (analytic hierarchy process); (iii) avaliação e discussão dos resultados, que será discutida no Capítulo 4.

3.2 Aquisição dos dados

Considerando-se o ciclo de transmissão da esquistossomose, a extensa literatura sobre os determinantes da doença, e os trabalhos de ??), que demonstrou associação entre a esquistossomose e rede de esgoto em Ourinhos (SP), e ??) que demonstrou a maior prevalência da doença em criança sem descarga ou latrina em casa em Santo Antônio de Jesus (BA), optou-se por incluir os dados do Censo demográfico de 2010 referentes à existência de esgoto a céu aberto para a criação do mapa de risco. Utilizou-se o somatório do número de moradores em domicílios particulares permanentes próprios, alugados e cedidos, por setor censitários, com existência de esgoto à céu aberto no entorno do domicílio.

Com relação à condição de habitação individual, utilizou-se o indicador de condição de moradia do Índice Brasileiro de Privação Socioeconômica (IBP), que combina em uma única variável o número de pessoas que experimenta ao menos uma das situações de falta de banheiro e chuveiro, coleta de lixo, abastecimento de água da rede geral e rede de esgoto sanitário ou fossa séptica. Os dados para o cálculo do IBP provêm do Censo demográfico de 2010 e essa dimensão do índice fornece a porcentagem média de pessoas em um setor censitário que experimenta qualquer uma das condições a partir da combinação das variáveis de forma a minimizar os efeitos da contagem dupla de indivíduos. Como a maioria dos dados dos setores censitários do Censo demográfico são fornecidos como tabelas independentes, qualquer medida usando uma combinação de duas ou mais variáveis para características do domicílio levará à contagem dupla de alguns indivíduos. O acesso à rede de esgoto e/ou fossa séptica é considerado um subconjunto de todas as pessoas que têm acesso a banheiro ou chuveiro em casa na metodologia do IBP. Assim, o uso da porcentagem de pessoas que ter banheiro e chuveiro em casa foi preferido, pois esta variável se sobrepõe apenas parcialmente com quem tem acesso a rede de esgoto e/ou fossa séptica. A adoção dessa combinação não remove todas as contagens duplas de indivíduos, mas é uma opção de abordagem para a situação (?).

Das 61 variáveis identificadas por ??) como influentes para a formação e manutenção de criadouros ou focos de esquistossomose, 24 são relacionadas à atividade agrícolas. Dessa forma, incluiu-se o uso e cobertura da Terra na criação do mapa de risco para o Médio Paranapanema, e a fonte dos dados foi o produto da Coleção 5 do projeto Mapbiomas, com sua atualização mais recente em 2020. Foram consideradas as classes campo alagado e área plantada; cana-de-açúcar; mosaico de agricultura e pastagem; infraestrutura urbana; rio, lago e oceano; lavoura perene; outras lavouras temporárias.

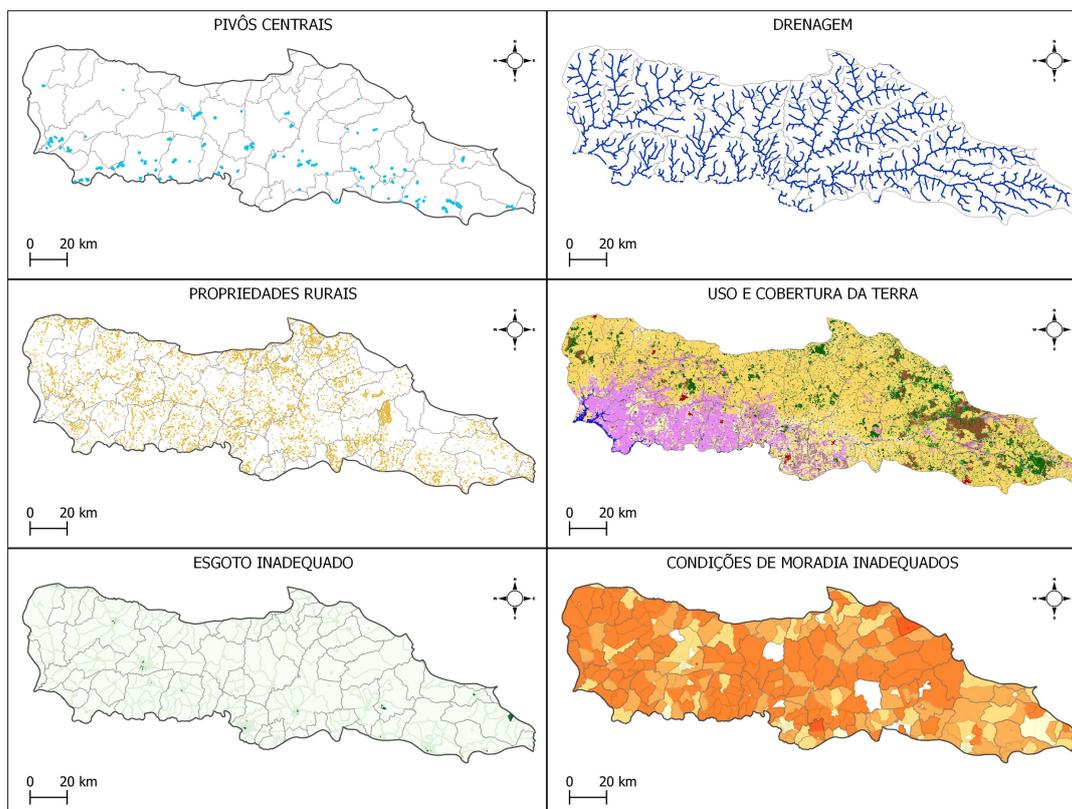
Como forma de refinar a interação entre os indivíduos e as áreas de lavoura foram incluídas as localizações de todas as 12.349 propriedades rurais presentes no CNEFE (Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos) do Censo Agro de 2017.

A drenagem da região foi gerada utilizando-se o software TerraHidro a partir dos dados STRM de resolução de 30 m para a área da bacia. Os dados dos pivôs centrais de irrigação têm como fonte a ANA (Agência Nacional de Águas) e datam do ano de 2017. A compilação dos dados utilizados encontra-se na Tabela 3.1 e suas distribuições espaciais são mostradas na Figura 3.1.

Tabela 3.1 - Palavras-chave utilizadas na revisão bibliográfica, em português e inglês.

Dado	Fonte	Observações
Esgoto a céu aberto	Censo demográfico 2010	Planilha Entorno 3, variáveis v471, v473, v475
Condições de moradia inadequadas	IBP	Condições de moradia: falta de acesso a banheiro e chuveiro, a coleta de lixo, a água e esgoto adequados
Uso e cobertura da Terra	Mapbiomas	Campo alagado e área plantada, cana-de-açúcar, mosaico de agricultura e pastagem, infraestrutura urbana, rio, lago e oceano, lavoura perene, outras lavouras temporárias
Propriedades rurais	Censo Agro 2017	Coordenadas dos propriedades rurais presentes no CNEFE
Drenagem	Dados SRTM	
Pivôs de irrigação	ANA	Dados de 2017

Figura 3.1 - Distribuição espacial dos dados considerados na análise.



Fonte: Produção da autora.

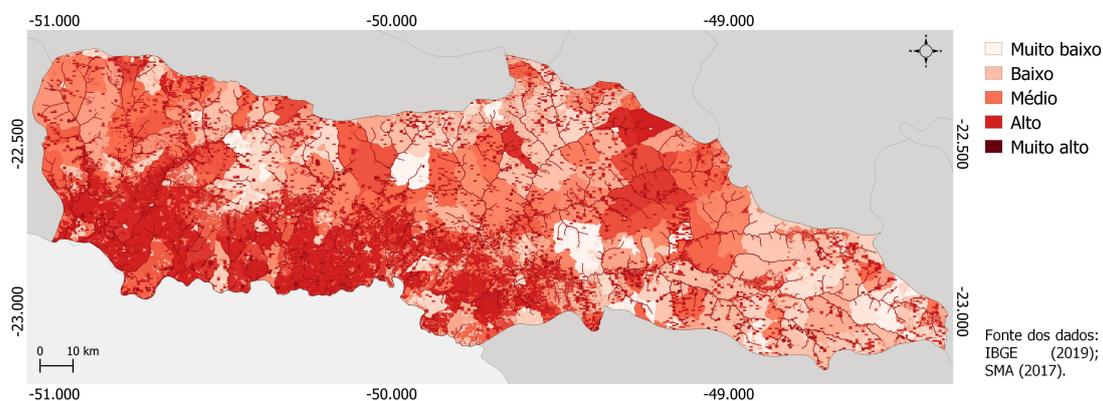
3.3 AHP - Processo Analítico Hierárquico

O AHP é usado para derivar escalas de razão de comparações emparelhadas discretas e contínuas. Essas comparações podem ser tomadas a partir de medições reais ou de uma escala fundamental que reflete a força relativa de preferências. De forma geral, o AHP é uma estrutura não linear para traduzir o pensamento dedutivo e indutivo, considerando-se vários fatores simultaneamente, permitindo a dependência e *feedback*, e fazendo compensações numéricas para chegar a uma síntese ou conclusão. Um aspecto importante do AHP é a ideia de consistência. Uma vez que os objetos podem ser envolvidos em mais de uma comparação e não há uma escala padrão, mas atribui-se valores de acordo com o julgamento, havendo a possibilidade de ocorrerem inconsistências (??).

4 ANÁLISE E RESULTADOS

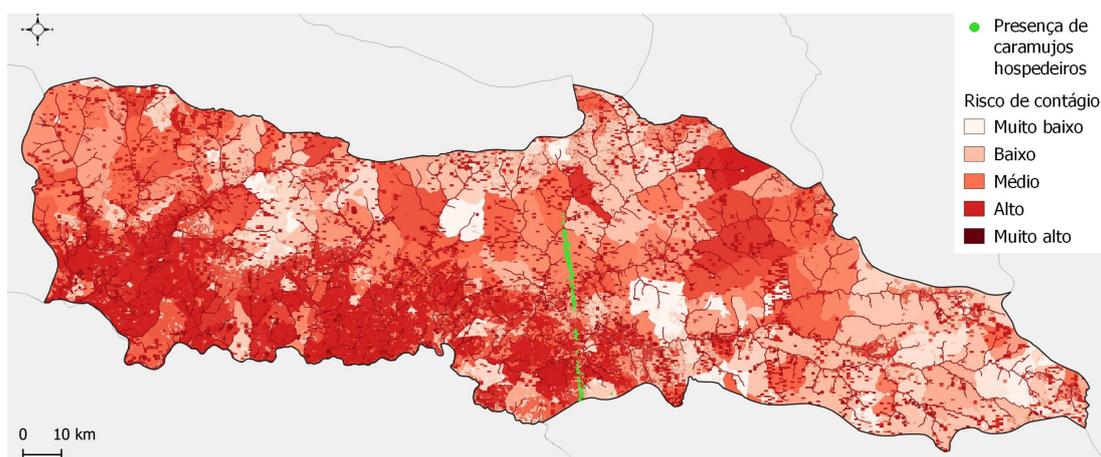
O mapa de risco de contágio de esquistossomose é mostrado na Figura 4.1 e a avaliação com a localização, coletada em campo, dos caramujos hospedeiros intermediários é vista na Figura 4.2. A análise de sensibilidade do modelo foi de 0,09, ficando dentro da valor recomendado para a aplicação do método.

Figura 4.1 - Mapa de risco de contágio de esquistossomose na Bacia do Médio Paranapanema.



Fonte: Produção da autora.

Figura 4.2 - Mapa de risco de contágio de esquistossomose na Bacia do Médio Paranapanema com a localização dos caramujos hospedeiros intermediários.



Fonte: Produção da autora.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi realizada a criação de um mapa de risco de contágio de esquistossomose na Bacia do Médio Paranapanema utilizando-se o método AHP. A análise dos resultados mostrou espaço para a inclusão de dados sobre a presença do hospedeiro intermediário (caramujo) no modelo, bem como a adição de dados sobre a falta de tratamento dos esgotos nos municípios ou bairros. Por fim, reitera-se que a identificação de áreas vulneráveis é essencial para o planejamento de intervenções para controlar uma endemia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HAMM, N. A. S.; MAGALHÃES, R. J. S.; CLEMENTS, A. C. A. Earth observation, spatial data quality, and neglected tropical diseases. **PLoS Negl Trop Dis**, v. 9, n. 12, 2015. (<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004164>). 2, 3, 23

HINO, P.; VILLA, T. C. S.; SASSAKI, C. M.; NOGUEIRA, J. A.; SANTOS, C. B. Geoprocessamento aplicado à área da saúde. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 14, n. 6, Nov-Dez 2006. 2

RYTKÖNEN, M. J. P. Not all maps are equal: Gis and spatial analysis in epidemiology. **International Journal of Circumpolar Health**, v. 63, p. 9–24, 2004. (DOI: 10.3402/ijch.v63i1.17542). 3

Apêndice

Tabela A.1 - Artigos encontrados na revisão bibliográfica.

Título	Autoria
Application of global positioning system and geographic information system in surveillance of schistosomiasis	H. F. Niu, Q. Yu, Z. P. Bao et al.
Application of high resolution remote sensing technology in research of schistosomiasis surveillance	J. B. Xue, L. J. Zhang, Q. Wang et al.
Malaria and schistosomiasis: 2 examples using systems of geographical information and teledetection in Madagascar	I. Jeanne
Study on the geographic information system databases regarding the control of schistosomiasis in Zhongxiang, Hubei province, China	A. O Niu, S. Y. Liu, T. Li T et al.
A Bayesian-based approach for spatio-temporal modeling of county level prevalence of <i>Schistosoma japonicum</i> infection in Jiangsu province, China	G. J. Yang, P. Vounatsou, X. N. Zhou et al.
A global network for the control of snail-borne disease using satellite surveillance and geographic information systems	J. B. Malone, N. Bergquist, O. Huh et al.
A Rapid Monitoring and Evaluation Method of Schistosomiasis Based on Spatial Information Technology	Y. Wang, D. Zhuang
A review of geographic information system and remote sensing with applications to the epidemiology and control of schistosomiasis in China	G. J. Yang, P. Vounatsou, X. N. Zhou et al.
A Spatial-Temporal Model for Assessing the Effects of Inter-village Connectivity in Schistosomiasis Transmission	B. Xu, P. Gong, E. Seto et al.
A study of the environmental determinants of malaria and schistosomiasis in the Philippines using Remote Sensing and Geographic Information Systems	L. R. Leonardo, P. T. Rivera PT, B. A. Cristostomo BA et al.
A study of waterborne diseases during flooding using Radarsat-2 imagery and a back propagation neural network algorithm	P. Yomwan, C. Cao, P. Rakwati et al.
A water marker monitored by satellites to predict seasonal endemic cholera	A. Jutla, A. S. Akanda, A. Huq et al.
An integrated approach for risk profiling and spatial prediction of <i>Schistosoma mansoni</i> -hookworm coinfection	G. Raso, P. Vounatsou, B. H. Singer et al.

(Continua)

Tabela A.1 - Conclusão

Título	Autoria
Application of geo-spatial technology in schistosomiasis modelling in Africa: a review	T. Manyangadze, M. J. Chimbari, M. Gebreslasie et al.
Application of geographic information systems and remote sensing to schistosomiasis control in China	X. N. Zhou, J. B. Malone, T. K Kristensen et al.
Application of space technologies to the surveillance and modelling of waterborne diseases	M. M. Lleo, M. Lafaye, A. Guell
Applications of Spatial Technology in Schistosomiasis Control Programme in The People's Republic of China	X. Y. Wang XY, J. He, K. Yang et al.
Applying GIS and Remote Sensing to the Epidemiology of Schistosomiasis in Poyang Lake, Jiangxi Province, China	G. M. Davis, W. Wu, H. Liuet al.
Assessment of the temperature effect on childhood diarrhea using satellite imagery	Z. Xu, Y. Liu, Z. Ma et al.
Bayesian risk maps for <i>Schistosoma mansoni</i> and hookworm mono-infections in a setting where both parasites co-exist	G. Raso, P. Vounatsou, D. P. McManus et al.
Climate and infectious disease: use of remote sensing for detection of <i>Vibrio cholerae</i> by indirect measurement	B. Lobitz, L. Beck L, A. Huq et al.
Earth Observation, Spatial Data Quality, and Neglected Tropical Diseases	N. A. Hamm, R. J. S. Magalhães, A. C. Clements
Environmental factor analysis of cholera in China using remote sensing and geographical information systems	M. Xu, C. X. Cao, D. C. Wang et al.
Estimating cholera risk from an exploratory analysis of its association with satellite-derived land surface temperatures	R. Khan, H. Aldaach, C. McDonald
Examining rainfall and cholera dynamics in Haiti using statistical and dynamic modeling approaches	M. C. Eisenberg, G. Kujbida, A. R. Tuite et al.
Global climate and infectious disease: the cholera paradigm	R. R. Colwell RR
High-resolution remote sensing-based spatial modeling for the prediction of potential risk areas of schistosomiasis in the Dongting Lake area, China	J. B. Xue, S. Xia, L. J. Zhang et al.

(Continua)

Tabela A.1 - Conclusão

Título	Autoria
Identifying environmental risk factors of cholera in a coastal area with geospatial technologies	M. Xu, C. Cao, D. Wang et al.
Improving spatial prediction of Schistosoma haematobium prevalence in southern Ghana through new remote sensors and local water access profiles	A. V. Kulinkina, Y. Walz, M. Koch et al.
Modeling and Validation of Environmental Suitability for Schistosomiasis Transmission Using Remote Sensing	Y. Walz, M. Wegmann, S. Dech et al.
Modeling the risk of transmission of schistosomiasis in Akure North Local Government Area of Ondo State, Nigeria using satellite derived environmental data	O. G. Ajakaye, O. I Adedeji, P. O. Ajayi
Modelling typhoid risk in Dhaka metropolitan area of Bangladesh: the role of socio-economic and environmental factors	R. J. Corner, A. M. Dewan, M. Hashizume
Natural Disasters and Cholera Outbreaks: Current Understanding and Future Outlook	A Jutla, R. Khan, R. Colwell
Potential impact of flooding on schistosomiasis in Poyang Lake regions based on multi-source remote sensing images	J. B. Xue JB, X. Y. Wang XY, L. J. Zhang LJ et al.
Quantification of Rotavirus Diarrheal Risk Due to Hydroclimatic Extremes Over South Asia: Prospects of Satellite-Based Observations in Detecting Outbreaks	M. A. Hasan, C. Mouw, A. Jutla et al.
Relationship between cases of hepatitis A and flood areas, municipality of Encantado, Rio Grande do Sul, Brazil	P. O. Silveira, L. Guasselli, G. Oliveira
Remote Sensing and GIS for Schistosomiasis Control in Mountainous Areas in Sichuan, China	R. Spear, P. Gong, E. Seto et al.
Remote sensing, geographical information system and spatial analysis for schistosomiasis epidemiology and ecology in Africa	C. Simoonga, J. Utzinger, S. Brooker et al.
Risk profiling of schistosomiasis using remote sensing: approaches, challenges and outlook	Y. Walz, M. Wegmann, S. Dech et al.
Satellite Remote Sensing of Space-Time Plankton Variability in the Bay of Bengal: Connections to Cholera Outbreaks	A. S. Jutla, A. S. Akanda, S. Islam
Schistosomes, snails and satellites	S. Brooker

(Continua)

Tabela A.1 - Conclusão

Título	Autoria
Schistosomiasis: Geospatial Surveillance And Response Systems In Southeast Asia	J. Malone, R. Bergquist, L. Rinaldi
Social and spatial processes associated with childhood diarrheal disease in Matlab, Bangladesh	C. Perez-Heydrich, J. M. Furgurson, S. Giebultowicz et al.
Spatial analysis and remote sensing for monitoring systems of <i>Oncomelania nosophora</i> following the eradication of schistosomiasis japonica in Yamanashi Prefecture, Japan	N. Nihei, O. Komagata, M. Kobayashi et al.
Spatial epidemiology of human schistosomiasis in Africa: risk models, transmission dynamics and control	S. Brooker
Spatial risk prediction and mapping of <i>Schistosoma mansoni</i> infections among schoolchildren living in western Côte d'Ivoire	G. Raso, B. Matthys, E. K. N'Goran et al.
Temperature data from satellite imagery and the distribution of schistosomiasis in Egypt	J. B. Malone, O. K. Huh, D. P. Fehler et al.
Temporal analysis of the relationship between leptospirosis and the occurrence of flooding due to rainfall in the city of Rio de Janeiro, Brazil, 2007-2012	R. M. Guimarães, O. G. Cruz, V. G. Parreira et al.
The Estrada Real project and endemic diseases: the case of schistosomiasis, geoprocessing and tourism	O. S. Carvalho, R. G. Scholte, R. J. Guimarães et al.
The Typhoid Fever Surveillance in Africa Program: Geospatial Sampling Frames for Household-based Studies: Lessons Learned From a Multicountry Surveillance Network in Senegal, South Africa, and Sudan	S. Baker S, M. Ali, J. F. Deerin et al.
The use of remotely sensed environmental parameters for spatial and temporal schistosomiasis prediction across climate zones in Ghana	M. Wrable, A. V. Kurlinkina, A. Liss et al.
Tracking Cholera in Coastal Regions using Satellite Observations	A. S. Jutla, A. S. Akanda, S. Islam
Urban schistosomiasis and associated determinant factors among school children in Bamako, Mali, West Africa	A. Dabo, A. Z. Diarra, V. Machault et al.

(Continua)

Tabela A.1 - Conclusão

Título	Autoria
Use of an ecologically relevant modelling approach to improve remote sensing-based schistosomiasis risk profiling	Y. Walz, M. Wegmann, B. Leutner et al.
Use of Geospatial Surveillance and Response Systems for Vector-Borne Diseases in the Elimination Phase	J. B. Malone, R. Bergquist, M. Martins
Use of thermal and vegetation index data from earth observing satellites to evaluate the risk of schistosomiasis in Bahia, Brazil	M. E. Bavia, J. B. Malone, L. Hale et al.
Using satellite data to study the relationship between rainfall and diarrheal diseases in a Southwestern Amazon basin	P. A. Fonseca, S. S. Hacon, V. L. Reis et al.

Fonte: Produção da autora.

ANEXO

Tabela B.1 - Dados de sensoriamento remoto e produtos derivados comumente usados em epidemiologia.

Sensor	Produto dos dados	Variável	Tamanho do Pixel	Resolução temporal
AVHRR	GIMMS NDVI3g	NDVI	8 km	10/dia (desde 1981)
	Pathfinder	NDVI	8 km	10/dia (desde 1981)
	Pathfinder	MIR	8 km	10/dia (desde 1981)
	Pathfinder	LST	8 km	10/dia (desde 1981)
MODIS	TFA (Pathfinder)	NDVI	8 km	1981 a 2001
	TFA (Pathfinder)	MIR	8 km	1981 a 2001
	TFA (Pathfinder)	LST	8 km	1981 a 2001
SPOT VGT	Índice de vegetação	NDVI, EVI	250 m a 1 km	16/dia
	LST e emissividade	LST	1 km	Diário – 8/dia
AVHRR	Índice de vegetação	NDVI	1 km	10/dia (desde 1998)
	IGBP DISCover	Cobertura da Terra	1 km	1992 a 1993
SPOT VGT	UMd	Cobertura da Terra	1 km	1992 a 1993
	GLC2000	Cobertura da Terra	1 km	2000
MERIS	GlobCover	Cobertura da Terra	300 m	12/2004 a 6/2006
	GlobCover 2009	Cobertura da Terra	300 m	2009
MODIS	Landcover	Cobertura da Terra	500 m	Annual
	WFI CBERS-1/2/2B	Vermelho, NIR	260 m	5 dias (10/1999 a 6/2010)
IRMSS CBERS-1/2/2B	-	PAN, SWIR	80 m	26 dias (10/1999 a 6/2010)

(Continua)

Tabela B.1 - Conclusão

Sensor	Produto dos dados	Variável	Tamanho do pixel	Resolução temporal
CCD CBERS-1/2/2B	-	TIR	160m	26 dias (10/1999 a 6/2010)
HRC CBERS-2B	-	PAN, VNIR	20 m	26 dias (10/1999 a 6/2010)
WIFICAM CBERS-4	-	PAN	2,7 m	130 dias (9/2007 a 6/2010)
IRSCAM CBERS-4	-	VNIR	64 m	5 dias (desde 12/2014)
MUXCam CBERS-4	-	PAN, NIR, SWIR	40 m	26 dias (desde 12/2014)
PANMUX CBERS-4	-	TIR	80 m	26 dias (desde 12/2014)
Landsat 8 OLI	-	NIR	20 m	26 dias (10/1999 a 6/2010)
Landsat 8 TIS	-	PAN	5 m	52 dias (desde 12/2014)
Landsat	-	VNIR	10 m	52 dias (desde 12/2014)
ASTER	GlobeLand30	VNIR, SWIR	30 m	16 dias (desde 2013)
SRTM SIR-C	GDEM2	Pancromático	15 m	16 dias (desde 2013)
	SRTM DEM v. 3.0	TIR	100 m	16 dias (desde 2013)
		Cobertura da Terra	30 m	2000 a 2010
		Elevação	1 arc-second (aprox. 30 m)	Atualizado periodicamente
		Elevação	3 arc-second (aprox. 90 m)	02/2000

Fonte: (HAMM et al., 2015).