

## UMA REVISÃO SOBRE A PARTICIPAÇÃO DO RATO D'ÁGUA *NECTOMYS SQUAMIPES* NA DINÂMICA DE TRANSMISSÃO DA ESQUISTOSSOMOSE MANSÔNICA: UM ESTUDO MULTIDISCIPLINAR DE LONGO PRAZO EM UMA ÁREA ENDÊMICA

Rosana Gentile\*, Sócrates Fraga da Costa Neto & Paulo Sergio D'Andrea

Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Oswaldo Cruz, Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Silvestres Reservatórios, Av. Brasil 4365, CP: 926, Manguinhos, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21040-360.

E-mails: rgentile@ioc.fiocruz.br, socrates@ioc.fiocruz.br, dandrea@ioc.fiocruz.br

### RESUMO

Os roedores dos gêneros *Nectomys* e *Holochilus* são os principais mamíferos a serem considerados como potenciais reservatórios silvestres do *Schistosoma mansoni*, sendo frequentemente encontrados infectados na natureza em áreas endêmicas da esquistossomose. Além disso, diversos estudos de campo e em laboratório mostraram serem estes bons modelos alternativos para o estudo da infecção experimental por *S. mansoni*. Para se compreender a participação do rato d'água *Nectomys squamipes* na transmissão da esquistossomose, foi desenvolvido um projeto multidisciplinar no Município de Sumidouro, Estado do Rio de Janeiro, durante quinze anos. Este projeto envolveu aspectos ecológicos do roedor *Nectomys squamipes*, aspectos parasitológicos, estudos sobre o hospedeiro intermediário *Biomphalaria glabrata*, monitoramento seguido de tratamento das infecções na população humana local e atividades de educação em saúde. Com base neste programa, foi estabelecida uma série de critérios para caracterizar o *N. squamipes* como um hospedeiro – reservatório do *S. mansoni*. Os resultados mostraram que o roedor pode potencializar a transmissão da esquistossomose nas áreas endêmicas e ser utilizado como indicador biológico dos sítios de transmissão deste parasita. *N. squamipes* apresentou diferentes graus de importância na dinâmica de transmissão do ciclo de infecção do *S. mansoni* em cada área estudada. Desta forma, a presença destes roedores nas áreas endêmicas deve sempre ser considerada nos programas de controle da esquistossomose.

**Palavras-chave:** Roedores; *Schistosoma mansoni*; reservatório silvestre.

### ABSTRACT

A REVIEW ON THE ROLE OF THE WATER-RAT *NECTOMYS SQUAMIPES* ON THE TRANSMISSION DYNAMICS OF MANSONIC SCHISTOSOMIASIS: A LONG TERM MULTIDISCIPLINARY STUDY IN AN ENDEMIC AREA. Rodents of the genera *Nectomys* and *Holochilus* are the most important mammals to be considered as potentially wild reservoirs of *Schistosoma mansoni*, and are easily found naturally infected in endemic areas of schistosomiasis. Furthermore, several field and laboratory studies proved that they are good alternative models for *S. mansoni* experimental infection studies. A fifteen years multidisciplinary study was developed in Sumidouro Municipality, State of Rio de Janeiro, in order to understand the role of the semi-aquatic rodents on the schistosomiasis transmission. This project covered ecological aspects of the water-rat *Nectomys squamipes*, parasitological aspects, studies of the intermediary host *Biomphalaria glabrata*, monitoring and treatment of the parasitological infections of the local human population, and health educational activities. Based on this program, several criteria were established to characterize *N. squamipes* as a host-reservoir of *S. mansoni*. The results showed that this rodent may increase the schistosomiasis transmission in endemic areas and can be used as a biological indicator of the transmission sites of this parasite. *N. squamipes* showed different levels of importance in the transmission

dynamics of *S. mansoni* infection cycle in each studied area. Thus, the presence of such rodents in endemic areas should always be considered in the control programs of schistosomiasis.

**Keywords:** Rodents; *Schistosoma mansoni*; wild reservoir.

## RESUMEN

**UNA REVISION DEL ROL DE LA RATA DE AGUA *NECTOMYS SQUAMIPES* EN LA DINAMICA DE LA TRANSMISION DE LA ESQUISTOSOMIASIS MANSONICA: UN ESTUDIO MULTIDISCIPLINARIO DE LARGO PLAZO EN UN AREA ENDEMICA.** Los roedores del género *Nectomys* y *Holochilus* son los principales mamíferos para ser considerados como potenciales reservorios silvestres de *Schistosoma mansoni*, y son frecuentemente encontrados, infectados naturalmente, en áreas endémicas de esquistosomiasis. Más allá de esto, diversos estudios de campo y de laboratorio mostraron que son buenos modelos alternativos para *S. mansoni* en estudios de infecciones experimentales. Para comprender el rol de los roedores semiacuáticos en la transmisión de la esquistosomiasis, se desarrolló un estudio multidisciplinario en la municipalidad de Sumidouro, Estado de Rio de Janeiro, durante quince años. El proyecto abarca aspectos ecológicos y parasitológicos de la rata de agua *Nectomys squamipes*, estudios sobre el hospedador intermediario *Biomphalaria glabrata*, monitoreo y tratamiento de las infecciones parasitológicas de las poblaciones humanas y actividades de educación sanitaria. Basados en este programa, varios criterios fueron establecidos para caracterizar *N. squamipes* como un hospedador-reservorio de *S. mansoni*. Los resultados mostraron que este roedor puede potenciar la transmisión de esquistosomiasis en áreas endémicas y que puede ser usado como un indicador biológico de los sitios de transmisión de este parásito. *N. squamipes* presentó diferentes niveles de importancia en la dinámica de la transmisión del ciclo de infección de *S. mansoni* en cada área de estudio. Por lo tanto la presencia de tales roedores en áreas endémicas, siempre debería ser considerada en los programas de control de la esquistosomiasis.

**Palabras clave:** Roedores; *Schistosoma mansoni*; reservorios silvestres.

## INTRODUÇÃO

A introdução do *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907 (Digenea: Trematoda, Schistosomatidae), agente causador da esquistossomose mansônica no Brasil e no continente Americano, ocorreu, provavelmente, a partir do século XVI, durante o período de colonização, através principalmente do intenso movimento migratório escravo proveniente da África. Estudos filogenéticos (Morgan *et al.* 2003, Morgan *et al.* 2005) reforçam esta hipótese de origem no continente africano do *Schistosoma mansoni* e sua introdução posterior na América do Sul. Desde então, o seu controle tornou-se um dos principais desafios para os serviços públicos de saúde.

Apesar do êxito dos programas de controle da esquistossomose em certas regiões, reduzindo a prevalência e principalmente a intensidade da infecção, não houve mudança quanto à estimativa global de sua abrangência. Esta é uma parasitose crônica em expansão, que além de afetar 200 milhões de pessoas no mundo, coloca em risco de infecção outras 700

milhões que vivem em áreas endêmicas (WHO 2010). No Brasil, a esquistossomose mansônica afeta mais de seis milhões de pessoas (WHO 2010). Atualmente, a área de transmissão da infecção esquistossomótica no território brasileiro compreende 20 das 27 unidades federais, e as taxas de mortalidade oscilam em torno de 500 óbitos por ano (SVS/MS 2008). As áreas endêmicas estão distribuídas em áreas complexas e com peculiaridades, desde áreas de alta, média e baixa prevalência, até focos isolados. Apesar de a esquistossomose ser classificada como uma “endemia rural” existem freqüentes relatos da doença em áreas urbanizadas, em diferentes localidades do país (Guimarães *et al.* 1990, Mott *et al.* 1990, Guimarães *et al.* 1993, Katz *et al.* 1993, Soares *et al.* 1995, Graeff-Teixeira & Moraes 1999, Barbosa *et al.* 2000, Barbosa *et al.* 2001, Guimarães & Neto 2006).

Além das condições favoráveis do meio biótico e abiótico, o contexto sócio-econômico das áreas rurais e peri-urbanas também contribui para a facilitação da ocorrência desta parasitose (Ribeiro 1998). As deficiências no abastecimento de água

e no saneamento básico no Brasil, bem como as intervenções humanas que modificam o ambiente natural, como a construção de represas e grandes projetos de irrigação, estão entre os principais fatores que favorecem a expansão da esquistossomose no Brasil.

O *Schistosoma mansoni* surgiu provavelmente a partir de esquistossomas parasitas de roedores (*S. rodahini*) associados à evolução dos primeiros homínídeos (Despres *et al.* 1992, Morgan *et al.* 2003). Posteriormente, *S. mansoni* passou a infectar também os roedores silvestres. O ciclo biológico do *S. mansoni* tendo como hospedeiro definitivo os roedores, equivale-se ao ciclo que tem como hospedeiro definitivo o homem, pois ocorrem os mesmos processos desde a infecção no hospedeiro intermediário molusco (*Biomphalaria* spp.) ao hospedeiro definitivo. Com isso, a presença de populações de roedores silvestres naturalmente infectados tornou-se um fator complicador para os programas de controle.

Em 1928, Cameron fez a primeira constatação de infecção natural por *S. mansoni* em um mamífero silvestre, o *Cercopithecus sabaus*, macaco africano introduzido nas Antilhas. Este mesmo pesquisador, tomando como suporte dados sobre a infecção experimental de diversos roedores, sugeriu a possibilidade da participação destes na transmissão, prevenindo complicações nas estratégias de controle da esquistossomose. Os primeiros registros de roedores silvestres infectados datam da década de 50 e foram simultâneos na África (Kuntz 1952) e no Brasil (Amorim 1953, Barbosa *et al.* 1953). Em 1953, Amorim fez a primeira descrição de infecção natural por *S. mansoni* em roedores silvestres no Brasil, encontrando o roedor *N. squamipes* naturalmente infectado, ressaltando a importância de animais de hábitos aquáticos na manutenção do ciclo desta parasitose. Entre as diversas espécies de roedores silvestres encontrados parasitados no Brasil (*Oxymycterus* sp., *Necomys lasiurus*, *Akodon* spp., *Sooretamys* spp., *Calomys* spp., *Proechimys* sp., *Rattus rattus*, *Rattus norvegicus* e *Cavia aperea*) os roedores dos gêneros *Nectomys* e *Holochilus* apresentam-se como os principais a serem reconhecidos como reservatórios silvestres, se considerarmos: hábitos semi-aquáticos (Ernest & Mares 1986, Mello 1986), que os tornam altamente

expostos à infecção; a vasta distribuição geográfica (Cerqueira 1976, Bonvicino 1994, Bonvicino *et al.* 2008); a ocorrência de indivíduos infectados em praticamente todas as áreas endêmicas onde foram investigados (no caso de *Nectomys* sp.) a despeito da baixa intensidade de infecção humana em muitas delas (Rey 1993); e a tolerância à presença humana, ocorrendo no peri-domicílio.

A partir daqueles estudos pioneiros, diversos autores propuseram-se a estudar a participação de animais silvestres naturalmente infectados no ciclo da esquistossomose mansônica na natureza. Martins *et al.* (1955) avaliaram a infecção esquistossomótica no roedor silvestre *N. squamipes* em Belo Horizonte e Jaboticatubas (MG), encontrando-o naturalmente infectado com 57,5% de prevalência. Piva & Barros (1966) encontraram no estado de Sergipe, *N. squamipes* naturalmente infectado por *S. mansoni* com prevalência de 26,1%. Rodrigues & Ferreira (1969) capturaram roedores *N. squamipes* naturalmente infectados no estado de São Paulo, onde encontraram focos endêmicos da parasitose em humanos. Carvalho (1982) estudou a importância epidemiológica do roedor silvestre *N. squamipes* e sua suscetibilidade no Município de Sumidouro-RJ, historicamente considerado de baixa endemicidade para esquistossomose, e revelou que a taxa de infecção dos roedores permanecia alta (48%), mesmo após o tratamento da população humana. Bastos *et al.* (1984) capturaram no Estado do Maranhão o roedor *N. squamipes* naturalmente infectado, relatando um percentual de 70,6% de animais parasitados. Silva & Andrade (1989) observaram que na zona rural do município baiano de Planalto, *N. squamipes* tinha um papel importante na manutenção da esquistossomose, pois a prevalência de humanos infectados era de 3,26% enquanto que na do roedor era de 47%. Veiga-Borgeaud *et al.* (1986) encontrou alta prevalência de *S. mansoni* em *H. brasiliensis* (atualmente *H. sciureus*) em áreas brejosas no Maranhão. Picot (1992) confirmou alta capacidade de eliminação de ovos viáveis nos roedores *H. brasiliensis* e *N. squamipes* em condições naturais. Borda & Rea (2006) também observaram *H. brasiliensis* (provavelmente *H. vulpinus*) eliminando ovos viáveis nas fezes e fechando o ciclo de transmissão em laboratório.

Modena *et al.* (2008) levantaram a possibilidade de que, em áreas rurais, os animais doméstico e

principalmente o gado, poderiam se tornar importantes reservatórios do *S. mansoni* e contribuir para a disseminação da doença, entretanto, há necessidade de mais estudos que permitam compreender melhor o papel destes animais na cadeia epidemiológica do parasito.

Um estudo pioneiro feito em Guadalupe nos anos 80 foi o primeiro a demonstrar que num foco silvestre apenas o roedor, *Rattus rattus*, era responsável pela manutenção do ciclo da esquistossomose; e que num foco semi-urbano, ambos, roedores e humanos, eram igualmente responsáveis pela manutenção do ciclo parasitário (Théron 1984, 1985, Théron & Pontier 1985, 1995). Quanto ao ritmo de eliminação de cercárias, os mesmos autores constataram emissão tardia para moluscos no foco silvestre; emissão precoce para o foco urbanizado e padrão de emissão de cercárias variável, com picos de atividade nas categorias precoce, intermediário e tardio, para populações de moluscos dos focos semi-urbanos. Estes resultados foram totalmente compatíveis com os contextos epidemiológicos dos focos, estando a emissão tardia correlacionada com o horário de atividade crepuscular/noturno dos roedores, confirmando, assim, o valor adaptativo do ritmo de eliminação de cercárias com as populações de hospedeiros intermediário e definitivos envolvidas na transmissão local (Théron *et al.* 1992).

### O RATO D'ÁGUA *NECTOMYS* SP.

A distribuição geográfica do gênero *Nectomys* no Brasil é muito mais ampla que a distribuição da esquistossomose mansônica, porém, em muitas regiões elas são coincidentes. No entanto, os estudos realizados até hoje sobre estes roedores em relação a esta endemia, citam apenas *N. squamipes* infectados naturalmente, com exceção de Bastos *et al.* (1982, 1984), que mencionam *Nectomys squamipes amazonicus* (atualmente *Nectomys rattus* Pelzen (1883)).

O rato d'água, *Nectomys squamipes* (Sigmodontinae) está presente na Mata Atlântica, nas bacias dos Rios São Francisco e Paraná, e nas pequenas bacias independentes do Leste do Brasil, ao Sul de São Lourenço da Mata (PE), o que abrange os estados do Sul, Sudeste e parte do Nordeste (da Bahia até Pernambuco). *N. rattus* ocupa a bacia Paraná-

Paraguai, a bacia Amazônica, e pequenas bacias da Costa Leste do Brasil, acima de São Lourenço da Mata (PE) até o Rio Amazonas (Bonvicino 1994), abrangendo os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Pará e os estados do Nordeste desde o Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e parte de Pernambuco.

*N. squamipes* é um roedor semi-aquático, tipicamente habitante de margens de córregos e rios, e áreas inundadas. Alimenta-se de diversos itens encontrados na água, como insetos, larvas de artrópodos, caramujos, girinos e frutos, e possui horário de atividade crepuscular e noturno (Ernest & Mares 1986).

A espécie *N. squamipes* é sem dúvida a principal hospedeira definitiva não-humana do *S. mansoni* no Brasil por apresentar as seguintes características, além do hábito semi-aquático: a capacidade comprovada de manter o ciclo desta parasitose em condições semi-naturais (Antunes *et al.* 1973) e de manter populações permanentes e de tamanhos consideráveis (Gentile *et al.* 2000), (b) capacidade de eliminar vários ovos (Silva *et al.* 1992, Maldonado Jr. *et al.* 1994) viáveis por longos períodos (Rodrigues-Silva *et al.* 1992, Rey 1993), (c) registro de prevalência de infecção esquistossomótica maior do que em humanos em certas regiões endêmicas (Silva & Andrade 1989, Rey 1993), (d) tolerância à presença humana, freqüentemente habitando o peri-domicílio (D'Andrea *et al.* 1999, D'Andrea *et al.* 2000), (e) alta suscetibilidade à infecção por *S. mansoni* (Souza *et al.* 1992, Maldonado Jr. *et al.* 1994, D'Andrea *et al.* 2000) e (f) suscetibilidade a diferentes cepas do parasito (Martinez 1998, Costa-Silva 2000), tornando ainda maior seu potencial de transmissão da esquistossomose mansônica.

### O RATO DO BREJO *HOLOCHILUS* SP.

O gênero *Holochilus* (Rodentia, Sigmodontinae) apresenta quatro espécies ocorrentes no Brasil: *H. brasiliensis*, *H. sciureus*, *H. chacaris* e *H. vulpinus* (Bonvicino *et al.* 2008). A espécie *H. sciureus* era anteriormente classificada como *H. brasiliensis* (Wilson & Reeder 2005). Somente as espécies *H. sciureus* e *H. brasiliensis* ocorrem em áreas endêmicas de esquistossomose no Brasil, sendo que a primeira ocorre na região Norte, exceto Amapá, oeste

da região Nordeste e norte do Centro-Oeste, e a outra ocorre numa faixa que vai do sul do Espírito Santo ao Nordeste do Rio Grande do Sul.

Sendo um animal terrestre de hábitos semi-aquáticos, vive próximo a rios, riachos, corpos d'água, reservatórios de água ou áreas brejosas, margens úmidas e encharcadas. São comumente encontrados em campos úmidos e áreas de cultivo, são predominantemente noturnos, se alimentam de plantas herbáceas aquáticas, e gramíneas (Emmons & Feer 1997). Os ratos desse gênero costumam frequentar cultivos de cana-de-açúcar nas baixadas, bem como arrozais alagados, podendo atacar plantações de milho, algodão e hortas (Ozanan 1969, Massoia 1974). Estes animais podem apresentar altos picos populacionais como as "ratadas" (Giovannoni *et al.* 1946) tornando-se pragas agrícolas.

A capacidade potencial de *Holochilus* sp. como reservatório de *S. mansoni* foi demonstrada não só por hospedar parasitas adultos, mas também por eliminar ovos maduros em suas fezes (Dias *et al.* 1978). Carvalho *et al.* (1976) conseguiram fechar o ciclo do *S. mansoni* sem direta participação humana em condições semi-naturais, utilizando indivíduos de *H. brasiliensis* e *Biomphalaria glabrata* infectadas com uma cepa humana.

## TRABALHOS EXPERIMENTAIS

Existem diversos estudos experimentais utilizando-se roedores dos gêneros *Nectomys* e *Holochilus* que mostraram serem estes bons modelos experimentais alternativos para o estudo da infecção por *S. mansoni*, por apresentarem alta suscetibilidade a infecções e serem de fácil adaptação e manuseio em condições de laboratório (D'Andrea *et al.* 1996). Um resumo dos principais resultados obtidos em experimentos considerados de maior relevância para o tema é apresentado abaixo.

Rodrigues-Silva (1988), Rodrigues-Silva *et al.* (1991) e Souza *et al.* (1992) avaliando o papel de roedores como hospedeiros naturais e modelos experimentais para a esquistossomose, observaram que, tanto os animais silvestres como os infectados experimentalmente, apresentavam lesões teciduais em vários órgãos semelhantes às encontradas e descritas em camundongos. Com base nestes achados, Rodrigues-Silva sugeriu que este roedor poderia ser

um modelo experimental alternativo para o estudo da esquistossomose.

Maldonado Jr. *et al.* (1994) avaliou a resistência na infecção por *S. mansoni* em *N. squamipes* através de sucessivas re-infecções experimentais, comparando o número total de vermes adultos recuperados nas reinfecções com um grupo controle, concluindo não haver redução na infectividade.

Ribeiro (1998) avaliou a suscetibilidade dos roedores *N. squamipes* e *N. rattus* à infecção esquistossomótica experimental, concluindo com base nos achados parasitológicos, que estes roedores apresentam alta suscetibilidade ao *S. mansoni*. *N. squamipes* apresentou elevadas taxas de infecção, com positividade de 80%. *N. rattus* apresentou positividade de 71%, além de ter sido capaz de completar o ciclo do parasito em condições experimentais. (Ribeiro *et al.* 1998).

Costa-Silva (2000) observou que o roedor *N. squamipes* apresentava-se como hospedeiro suscetível a diferentes cepas, confirmando seu potencial como possível reservatório natural em algumas áreas endêmicas e sua utilização como modelo experimental em estudos morfológicos do *S. mansoni*.

Carvalho (1982) ao desenvolver um estudo sobre a patologia da infecção esquistossomótica observou que a maioria dos animais *N. squamipes* necropsiados não apresentava uma patologia grave e as lesões decorrentes da infecção no roedor eram discretas, o que sugeria compatibilidade na relação parasito-hospedeiro.

Silva & Andrade (1989) estudando *N. squamipes* naturalmente infectados observaram lesões teciduais brandas, e que apesar do roedor ter exibido uma imunopatologia de alta resistência, os parasitos pareceram sofrer pouca interferência sobre sua oviposição e sobre o número de ovos eliminados nas fezes.

Souza *et al.* (1992) e Ribeiro *et al.* (1998) demonstraram que o roedor *N. squamipes* mesmo quando infectado com um baixo número de cercárias apresentou uma alta taxa de recuperação de vermes adultos, sugerindo compatibilidade na infecção por *S. mansoni*.

Rodrigues-Silva (1988) e Rodrigues-Silva *et al.* (1992) reafirmam a importância de *N. squamipes* como mantenedor do ciclo parasitário já que o roedor se mostrou um hospedeiro compatível ou permissivo,

o que pode ser atestado pela longevidade da infecção e eliminação de ovos de *S. mansoni* viáveis, férteis e infectantes para os moluscos. De acordo com Maldonado Jr. *et al* (1994), *N. squamipes* reinfesta-se com facilidade, uma vez que a primeira infecção por *S. mansoni* facilita a entrada de uma nova carga de vermes no organismo, o que assegura a eliminação de ovos viáveis durante toda a vida do animal (Costa-Silva 2000).

Picot (1992) mostrou que em condições semi-naturais, *N. squamipes* foi capaz de completar o ciclo de transmissão do *S. mansoni* e de eliminar ovos viáveis com grande capacidade de infectividade.

Kawazoe & Pinto (1983) demonstraram que o roedor *Holochilus brasiliensis* em condições semi-naturais foi capaz de eliminar ovos viáveis de *S. mansoni*, porém não foi capaz de completar o ciclo de transmissão quando o hospedeiro intermediário era *B. tenagophila*. No entanto, sugeriram que o roedor pode apresentar importante papel de disseminador de ovos em áreas onde o hospedeiro intermediário era *B. glabrata*, mesmo na ausência de humanos parasitados.

Martinez *et al.* (2008) compararam características biológicas de quatro cepas de *S. mansoni*, utilizando o roedor *N. squamipes* como modelo experimental. Eles concluíram que ele era suscetível as diferentes cepas, já que a infecção no roedor não apresentou diferenças nos parâmetros biológicos entre as cepas estudadas.

## A ESQUISTOSSOMOSE NO MUNICÍPIO DE SUMIDOURO (RJ)

As primeiras referências sobre esquistossomose no Município de Sumidouro, RJ, constam de inquéritos realizados em 1959. O primeiro levantamento malacológico foi realizado em 1962 por S. Camargo (dados não publicados), a fim de confirmar a autoctonia da parasitose. Na ocasião, os córregos das localidades de Pamparrão, Porteira Verde e Boa Ventura foram consideradas focos de transmissão devido ao registro de caramujos infectados (informações recuperadas por Silva 2004).

O primeiro trabalho de longo prazo relativo à epidemiologia da esquistossomose mansônica no município foi iniciado em 1977 na comunidade rural da região da Porteira Verde (Carvalho 1982).

Como as taxas de infecção por *S. mansoni* no roedor se mantiveram constantes, mesmo após ação de intervenção quimioterápica na população humana, a autora sugeriu que *N. squamipes* fosse considerado um potencial reservatório natural da doença no local. As prevalências observadas para a população humana antes do tratamento variavam entre 11,2% até 17,4%. Após o tratamento, houve redução da prevalência na população humana para 6,9%, enquanto que nos roedores silvestres observou-se prevalência de 48,2%.

Dez anos depois, outro estudo, realizado no mesmo município, relatou o encontro de *N. squamipes* naturalmente infectado pelo *S. mansoni* com taxa de infecção de 56,5% (Rodrigues-Silva *et al.* 1992).

## ESTUDO EMPÍRICO ECO-EPIDEMIOLÓGICO DE LONGO PRAZO

Diante da complexidade epidemiológica e das questões levantadas pelos autores acima citados percebeu-se a necessidade de se desenvolver estudos de longo prazo para compreender a participação do *N. squamipes* na transmissão local da esquistossomose. Em 1990 foi feito um levantamento preliminar prospectivo da fauna de roedores, coleções de moluscos e senso da população humana. A partir de 1991, um projeto multidisciplinar foi desenvolvido na área até 2006, incluindo o estudo de aspectos ecológicos do roedor, aspectos da infecção nos hospedeiros não-humanos, levantamento dos focos e estudos populacional do hospedeiro intermediário *Biomphalaria glabrata*, tratamento das infecções na população humana local e atividades de educação em saúde. Este estudo empírico é o único realizado no Brasil sobre a esquistossomose com estas características e foi dividido em quatro etapas e um experimento de campo. Abaixo segue uma descrição sucinta do projeto com as principais conclusões de cada etapa realizada.

As áreas de estudo compreenderam pequenas propriedades rurais de produção de gado leiteiro e produção de hortifrutigranjeiros, com a presença de fragmentos de Mata Atlântica restritos aos topos dos morros, recortadas por pequenos cursos d'água. A população humana utiliza os corpos d'água principalmente para irrigação, captação de água para consumo doméstico e lazer. Os roedores, por serem de hábito semi-aquático, visitam os corpos d'água

diariamente em suas atividades de deslocamento e forrageamento.

*MONITORAMENTO ECO-EPIDEMIOLÓGICO DAS POPULAÇÕES DOS HOSPEDEIROS INTERMEDIÁRIO E DEFINITIVOS DE S. MANSONI NA LOCALIDADE DO PAMPARRÃO – 1991 A 1996*

A primeira etapa do projeto constituiu-se de um monitoramento de cinco anos, que compreendeu viagens bimestrais à área de estudo. Este estudo foi realizado na localidade do Pamparrão, sendo esta uma área de baixa endemicidade. Nesta etapa foram realizados diagnósticos coprológicos e sorológicos na população humana e na de roedores, tratamento quimioterápico nos casos humanos, levantamento da distribuição e abundância dos moluscos hospedeiros intermediários, e um monitoramento da população do *N. squamipes* através de captura-marcação-recaptura dos animais. Com este delineamento, obtivemos resultados que nos permitiram mapear os focos de transmissão através de levantamento malacológico e taxas de infecção de *B. glabrata* (Giovanelli *et al.* 2001), identificar comportamentos e grupos de risco de infecção na população humana (Gonçalves, 1999), levantar a fauna de pequenos mamíferos da área (D'Andrea *et al.* 1999), compreender o padrão da dinâmica da população do rato d'água (Gentile *et al.* 2000, D'Andrea *et al.* 2007) e do uso do habitat (Gentile & Fernandez 1999), compreender aspectos da relação do parasitismo entre *S. mansoni* e *N. squamipes* (D'Andrea *et al.* 2000) e adequar procedimentos e técnicas às particularidades locais.

As principais conclusões desta etapa do trabalho estão a seguir. Em relação ao estudo de dinâmica populacional do rato d'água, constatou-se que este se reproduzia o ano todo com predominância nos períodos chuvosos e aumentos populacionais durante e após os períodos de chuva. Os tamanhos populacionais eram relacionados com a sobrevivência e não apresentaram surtos populacionais (Gentile *et al.* 2000). O estudo de habitat mostrou que *N. squamipes* estava mais relacionado com áreas de vegetação herbácea densa próxima do solo, e de cursos e corpos d'água (Gentile & Fernandez 1999). No estudo parasitológico, as altas prevalências e

cargas parasitárias confirmaram que *N. squamipes* era altamente suscetível à infecção por *S. mansoni*. Três fatores estavam relacionados ao nível de infecção do roedor: contaminação de esgoto humano nas áreas de vida dos roedores, abundância do caramujo no local e o padrão de movimentos dos roedores entre os sítios de transmissão. O nível de infecção nos caramujos era geralmente muito baixo ao longo da área de estudo, com exceção de alguns focos isolados onde concentravam-se espécimes infectados com taxas de infecção variando de 10 a 25%. O nível de infecção dos roedores aumentava com a proximidade das residências, o que também se relacionava com o nível de infecção de humanos. Não houve correlação entre os tamanhos populacionais e as taxas de infecção do roedor. A população do parasito não regulava a do hospedeiro, e nem afetava na longevidade do animal. O parasitismo não comprometeu a sobrevivência do roedor, continuando a eliminar ovos viáveis do parasito por toda a vida, conforme mostrado em laboratório. De um modo geral, a infecção não mostrou redução na aptidão (taxas de sobrevivência, reprodução e deslocamento) dos indivíduos. A presença de animais infectados em locais distantes das áreas contaminadas por fezes humanas, bem como os dados sobre deslocamentos sugeriram que o roedor é capaz de levar o *S. mansoni* a lugares de ausência de transmissão, podendo introduzir a infecção em novas áreas, criando novos focos e complicando o controle da doença (D'Andrea *et al.* 2000).

*AValiação Parasitológica dos Hospedeiros nas Localidades do Pamparrão e Porteira Verde - 1997 A 1999*

Numa segunda etapa, foi feito um trabalho de captura e necropsia dos roedores silvestres para estudar aspectos parasitológicos da interação *S. mansoni* – *N. squamipes*. Neste estudo, os animais coletados foram examinados para busca de vermes *S. mansoni* e outras espécies de helmintos. Foram determinadas a abundância e intensidade de *S. mansoni* na população de *N. squamipes*, bem como o grau de agregação e interação com outros helmintos.

A distribuição do *S. mansoni* na população de *N. squamipes* mostrou-se altamente agregada, sendo que 50% dos vermes estavam concentrados em 4,2% dos hospedeiros. Considerando-se apenas os

roedores infectados, 11.4% deles albergavam metade da população de parasitos (D'Andrea *et al.* 2000). A heterogeneidade espacial e baixas taxas de infecção nos caramujos explicam a distribuição agregada, o que restringe os focos de transmissão a apenas algumas áreas.

A prevalência média de *S. mansoni* no rato d'água foi de 34,5%, a intensidade foi de 48,3 indivíduos e a abundância de 16,7. Estes altos valores de intensidade e abundância refletem uma alta suscetibilidade do roedor ao parasito e uma alta transmissibilidade do parasito na região. Nessa população de *N. squamipes* estudada, a espécie de helminto dominante e mais bem estabelecida foi *S. mansoni*. Não foi observada interação antagônica nem sinérgica entre *S. mansoni* e as outras espécies de helmintos (Maldonado Jr. *et al.* 2006).

#### MONITORAMENTO ECO-EPIDEMIOLÓGICO DAS POPULAÇÕES DE HOSPEDEIROS INTERMEDIÁRIOS E DEFINITIVOS NA LOCALIDADE DO ENCANTO - 2001 A 2006

Numa etapa posterior, foi estudada outra área no Município de Sumidouro (Encanto), onde a esquistossomose apresentava-se com média endemicidade, para avaliar os efeitos do tratamento quimioterápico da população humana nas taxas de infecção dos roedores. Nesta etapa também foram estudados a dinâmica populacional do roedor *N. squamipes*, os índices de infecção esquistossomótica das populações do rato d'água e suas variações ao longo do tempo, os índices de infecção esquistossomótica em humanos e moluscos, além de uma avaliação comparativa entre os métodos coprológico e sorológico para diagnóstico de *S. mansoni* (Gentile *et al.* 2006, Bonecker *et al.* 2009).

Os resultados do estudo de dinâmica populacional dos roedores concordaram com os do estudo realizado no Pamparrão, onde *N. squamipes* apresentou reprodução o ano inteiro, com predominância nos períodos chuvosos devido a sua associação com recursos encontrados na água. Nas populações do roedor, a sobrevivência e o recrutamento foram maiores no final da época chuvosa. A reprodução seria desencadeada pela disponibilidade dos recursos,

resultando em aumento nas taxas de sobrevivência após os períodos de chuva. Indivíduos jovens foram mais observados neste período. Os roedores não apresentaram potencial para ocorrência de surtos populacionais nem para se tornarem pragas agrícolas (Bonecker *et al.* 2008).

Foram encontrados caramujos *B. glabrata* em diversos pontos da localidade. Entretanto, espécimes infectados por *S. mansoni* foram observados somente em uma caixa de esgoto com uma taxa de infecção de 29%.

Houve correlação positiva significativa entre as prevalências estimadas pelos dois métodos de diagnóstico, no entanto, o coprológico subestimou as taxas de infecção por *S. mansoni* dos roedores em aproximadamente 35%, principalmente nos meses com baixas prevalências. Os dois métodos apresentaram as mesmas tendências ao longo do tempo. Desta forma, o diagnóstico pelo método sorológico mostrou-se mais adequado para a avaliação das taxas de infecção por *S. mansoni* nos roedores *N. squamipes* (Gentile *et al.* 2006).

A abundância de *N. squamipes* estava relacionada com o regime de chuvas da localidade, que por sua vez, teve influência direta nas taxas de transmissão do *S. mansoni* entre os roedores. Deste modo, observou-se que a prevalência estimada para *S. mansoni* foi correlacionada negativamente com as chuvas com quatro meses de defasagem, e as maiores taxas de prevalência foram observadas nos períodos de menor abundância na população de roedor, o que ocorria no final das estações secas. As incidências não apresentaram um padrão estacional. Conversão sorológica para infecção por *S. mansoni* foi observada em cinco indivíduos monitorados ao longo do tempo. Não houve diferença quanto ao sexo dos animais infectados e não infectados.

A prevalência na população humana, em 2002, foi determinada pelo exame coprológico sendo de 19,3%, com 26 indivíduos positivos. No inquérito coprológico realizado em 2005, dois anos após o tratamento, a prevalência registrada na população humana foi de 4,8%. O tratamento quimioterápico na população humana não interferiu no ciclo de transmissão do *S. mansoni* dos roedores por um período de 18 meses (Gentile *et al.* 2006).



*AVALIAÇÃO PARASITOLÓGICA E  
MONITORAMENTO EPIDEMIOLÓGICO EM  
DIVERSAS LOCALIDADES - 2001 A 2006*

Estudos transversais foram desenvolvidos em outras localidades de Sumidouro paralelamente ao realizado na localidade de Encanto. Nas localidades de Pamparrão e Soledade, área de baixa e alta endemicidade segundo critérios de Dias *et al.* (1994), os animais foram capturados e necropsiados em coletas não regulares. Na localidade de Bairro da Volta (sem casos humanos de esquistossomose) foi feito um estudo de marcação e recaptura. Nestas áreas, também foram feitos levantamentos da população de moluscos e exames de diagnóstico de helmintos e tratamento na população humana (Gentile *et al.* 2006). Além disso, o diagnóstico para *S. mansoni* foi feito através dos métodos sorológico e coprológico e de necropsia para busca de vermes adultos nos roedores, a fim de comparar as técnicas e aprimorar o diagnóstico para áreas de baixa endemicidade.

Nesta etapa do estudo observaram-se diferentes padrões quanto à participação do rato d'água na dinâmica da transmissão do *S. mansoni* em cada localidade. No Bairro da Volta os roedores conseguiram manter a infecção de *S. mansoni* mesmo sem a presença de pessoas infectadas, durante o período de estudo. No Pamparrão, observou-se neste período baixos tamanhos populacionais do roedor e a ausência de roedores infectados, e prevalência na população humana de 13,4%. Na localidade de Soledade, considerada de alta endemicidade na qual 40% da população humana estava infectada, foram observados roedores infectados longe de habitações humanas e os ciclos de transmissão dos humanos e do roedor pareceram não afetar um ao outro (Gentile *et al.* 2006).

Em relação à comparação dos métodos diagnósticos, observou-se uma similaridade no perfil de reatividade sorológica entre indivíduos diagnosticados negativos na coprologia/necropsia e os positivos, mostrando que a sorologia detecta infecção recente, incluindo os falso-negativos da coprologia, uma vez que os anticorpos podem ser encontrados

após cinco dias da infecção em experimentos de laboratório com *N. squamipes* (Peralta *et al.* 2009). Os baixos títulos de anticorpos observados na maioria das amostras corroboraram esta hipótese.

*EXPERIMENTO NATURAL SOBRE O HORÁRIO  
DE ATIVIDADE DO N. SQUAMIPES*

D'Andrea *et al.* (2002) realizaram dois experimentos de campo na localidade do Pamparrão com os seguintes objetivos: 1) Determinar o padrão de horário de atividade do *N. squamipes* e de uso do ambiente aquático; 2) comprovar a ocorrência de transmissão tardia do *S. mansoni* ao *N. squamipes* em condições naturais, utilizando-se animais sentinela. Estes experimentos mostraram a ocorrência de infecção de *N. squamipes* por cercárias em condições naturais nos horários diurno e crepuscular sem apresentarem diferenças significativas, demonstrada pela recuperação de vermes nos roedores sentinelas utilizados. A constatação de ocorrência de infecções nos roedores no seu horário natural de atividade (ao entardecer), levantou a hipótese de haver um processo de adaptação do *S. mansoni* a diferentes hospedeiros definitivos (D'Andrea *et al.* 2002). O pico de emissão diurno estaria mais relacionado à infecção humana, uma vez que este é o horário de maior atividade das pessoas e de maior contato com os corpos d'água contaminados (Soares, comunicação pessoal); e o pico crepuscular, poderia estar relacionado à infecção nos roedores, pois estes têm horário de atividade crepuscular/noturno (D'Andrea *et al.* 2002).

Estudos anteriores tentaram estabelecer diferenças entre cepas de roedores e humanos, quanto a: morfologia externa de vermes adultos (Machado-Silva *et al.* 1994); patogenicidade em camundongos (Bastos *et al.* 1984, Silva & Andrade 1989); compatibilidade com moluscos (Dias *et al.* 1978, Bastos *et al.* 1984); sensibilidade a medicamentos (Souza *et al.* 1992) e padrões iso-enzimáticos (Oliveira 1996). Estas diferenciações biológicas aliadas à existência de dois padrões diferentes de emissão de cercárias (diurno e crepuscular/noturno) levantaram a hipótese de haver diferenças a nível molecular entre as cepas humanas

e de roedores e também entre regiões geográficas diferentes (Gentile & Oliveira 2008). Diversos estudos já haviam evidenciado anteriormente variações intra-específicas em *S. mansoni* a nível enzimático (Fletcher *et al.* 1981, Navarro *et al.* 1992) e molecular em ADN mitocondrial (Despres *et al.* 1991, Despres *et al.* 1993, Pena *et al.* 1995, Blair *et al.* 1999, Le *et al.* 2000) e ADN total (Barral *et al.* 1993, Neto *et al.* 1993, Simpson *et al.* 1995, Barral *et al.* 1996, Sire *et al.* 1999).

## CONCLUSÕES

Considerando as informações obtidas neste estudo empírico de longo prazo em campo, bem como os resultados dos experimentos feitos em laboratório, podemos estabelecer um conjunto de critérios para caracterizar o *N. squamipes* como um hospedeiro – reservatório do *S. mansoni*:

1) Alta susceptibilidade à infecção: A espécie demonstrou ser extremamente suscetível a contrair a infecção, mesmo em áreas de baixa endemicidade;

2) Capacidade de completar o ciclo do parasito – o rato d'água elimina ovos viáveis do *S. mansoni* em suas fezes, e pelo seu hábito semi-aquático, esses ovos têm alta probabilidade de eclodirem, possibilitando a infecção do hospedeiro intermediário, fechando o ciclo do parasito;

3) O roedor não é afetado pela infecção, possibilitando a transmissão do parasita ao longo de toda a sua vida – os dados ecológicos atestam que em condições naturais a infecção por *S. mansoni* não afeta a sobrevivência, capacidade de reprodução, a mobilidade, ou seja, de maneira geral, a infecção não causa redução na aptidão dos indivíduos infectados nem interfere na dinâmica populacional;

4) A infecção é crônica e persistente ao longo da vida do animal – dados de infecções experimentais revelam patologia branda sem alteração da sobrevivência do animal, e em condições naturais mostram que a infecção é cumulativa, não havendo auto-imunização ou cura, e que a eliminação de ovos viáveis do parasita é persistente ao longo de toda sua vida;

5) Sobreposição das áreas de ocorrência parasito x reservatório – existe sobreposição geográfica e ecológica entre o *S. mansoni* e o *Nectomys* na maior parte da distribuição da esquistossomose no país;

6) O reservatório deve fazer o elo entre o meio silvestre e o ambiente doméstico – o rato d'água é um roedor abundante e totalmente adaptado às áreas naturais degradadas e áreas rurais, ocorrendo com muita frequência no peri-domicílio e áreas de pequenos cultivos agrícolas, potencializando a transmissão às populações humanas de risco;

7) O reservatório deve manter a infecção na ausência do homem – experimentos em condições controladas (semi-naturais) e evidências deste estudo sugerem essa possibilidade;

8) Possibilidade de adaptação do *S. mansoni* ao *N. squamipes* com ciclo parasitário independente – Diferenças cronobiológicas entre roedores e humanos quanto aos seus horários de atividades e de exposição aos cursos d'água e evidências experimentais de dois picos na emissão de cercárias (um matinal e outro crepuscular) com possibilidade de infecção tardia nos roedores, sugerem processo de adaptação de cepa do *S. mansoni* ao rato d'água.

Estes estudos enfatizam a importância dos ratos-d'água como potenciais reservatórios silvestres do *S. mansoni* e o fato de que ele pode potencializar a transmissão da esquistossomose nas áreas endêmicas. Além disso, os roedores podem ser considerados como indicadores biológicos dos sítios de transmissão deste parasita, uma vez que eles são altamente suscetíveis a infecção. Contudo, os ratos d'água apresentam diferentes graus de importância na transmissão do *S. mansoni* em cada área, mesmo numa pequena escala regional. Desta forma, a participação destes roedores deve sempre ser levada em consideração nos programas de controle da esquistossomose.

Diferentes populações naturais do *S. mansoni* podem se adaptar a condições locais do ambiente em relação, não apenas a parâmetros abióticos, mas também às espécies e às características dos hospedeiros. As populações do parasita podem desenvolver características particulares nas interações parasita-hospedeiro, que podem resultar em diferentes perfis da transmissão em áreas endêmicas e focos isolados. Deste modo, as ações de controle da esquistossomose devem considerar, além da participação de hospedeiros não humanos na transmissão, peculiaridades locais com o objetivo de proporcionar melhores resultados para a redução de sua transmissão.

**AGRADECIMENTOS:** Gostaríamos de agradecer a todos que de alguma forma contribuíram em alguma das etapas deste estudo, em especial a Marisa S. Soares, Arnaldo Maldonado Jr., José Roberto Machado e Silva, Rosângela Rodrigues e Silva, Magali G.M. Barreto, Margareth M.L. Gonçalves, José M. Peralta, Juberlan S. Garcia, José W. F. da Costa, Cláudia H. Almeida, Carlos E.V. Grelle, Fabiano F. Fernandes, Alexandre Giovanelli, Rgina M.O. Figueiredo, Elaine M. Martinez, Simone T. Bonecker, Luciana G. Portugal, Cibele R. Bonvicino, Silmar Serafim, dois revisores anônimos e toda equipe do LABPMR da FIOCRUZ de 1990 a 2006. Gostaríamos de fazer um agradecimento especial ao Dr. Luis Rey responsável pela concepção original do programa de estudos e pela viabilização do mesmo. Estes estudos foram realizados com recursos e apoio da FIOCRUZ (IOC), CNPq, FAPERJ, PAPES – FIOCRUZ e Prefeitura Municipal de Sumidouro.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, J.P. 1953. Infestação experimental e natural de murídeos pelo *Schistosoma mansoni* (nota prévia). *Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais*, 5: 219-222.
- ANTUNES, C.M.F.; MILWARD DE ANDRADE, R.; KATZ, N.; COELHO, P.M.Z. & PELLEGRINO, J. 1973. Role of *Nectomys squamipes squamipes* in the epidemiology of *Schistosoma mansoni* infection. *Exp. Parasit.*, 34: 181-188.
- BARBOSA, F.S.; DOBBIN, J.E. JR. & COELHO, M.V. 1953. Infestação natural de *Rattus rattus frugivorus* por *Schistosoma mansoni* em Pernambuco. *Publicação Avulso do Instituto Aggeu Magalhães*, 2: 42-43.
- BARBOSA, C. S.; PIERI, O. S.; SILVA, C. B. & BARBOSA, F. S., 2000. Ecoepidemiologia da esquistossomose urbana na ilha de Itamaracá, Pernambuco. *Revista de Saúde Pública* 34: 337-341.
- BARBOSA, C.S.; COUTINHO, A.L.; MONTENEGRO, S.M.L.; ABATH, F.; GUIDA, U.; SPINELLI, V. 2001. Epidemia de esquistossomose aguda na praia de Porto de Galinhas, Pernambuco. *Cadernos de Saúde Pública* 17: 725-728.
- BARRAL, V.; MORAND, S.; POINTIER, J.P. & THERON, A. 1996. Distribution of schistosome genetic diversity within naturally infected *Rattus rattus* detected by RAPD markers. *Parasitology*, 113: 511-517.
- BARRAL, V.; THIS, P.; IMBERT-ESTABLET, D.; COMBES, C. & DELSENY, M. 1993. Genetic variability and evolution of the *Schistosoma* genome analysed by using random amplified polymorphic DNA markers. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 59: 211-221.
- BASTOS, O.C.; SADIGURKY, M.; NASCIMENTO, M.D.S.B.; BRAZIL, R.P. & HOLANDA, J.C. 1984. *Holochilus brasiliensis nanus* Thomas, 1897. Sugestão de modelo experimental para filariose, leishmaniose e esquistossomose. *Revista do Instituto de Medicina Tropical São Paulo*, 26: 307-315.
- BASTOS, O.C.; SILVA, A.M.A.; SOUZA, E.P.; LEMOS-NETO, R.C. & PIEDRABUENA, A.E. 1982. Ocorrências de linhagens humana e silvestre de *Schistosoma mansoni*, na pré-amazônia. 1º Estudo em molusco. *Revista de Saúde Pública*, 16: 292-298.
- BLAIR, D.; LE, T.H.; DESPRES, L. & MCMANUS, D.P. 1999. Mitochondrial genes of *Schistosoma mansoni*. *Parasitology*, 119: 303-313.
- BONECKER, S.T.; PORTUGAL, L.G.; COSTA-NETO, S.F. & GENTILE, R. 2009. A long term study of small mammal populations in a Brazilian agricultural landscape. *Mammalian Biology*, 74: 467-477.
- BONVICINO, C.R. 1994. Especificação do rato d'água *Nectomys squamipes* (Rodentia, Cricetidae): Abordagem cariológica, morfológica e geográfica. *Tese de Doutorado*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 265p.
- BONVICINO, C.R.; OLIVEIRA, J.A. & D'ANDREA, P.S. 2008. *Guia dos roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos*. Centro Pan-Americano de Febre Aftosa – OPAS/OMS, Rio de Janeiro, RJ. 120p
- BORDA, C.E. & REA, M.J.F. 2006. Intermediate and definitive hosts of *Schistosoma mansoni* in Corrientes province, Argentina. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 101(I): 233-234.
- CAMERON, T.W.M. 1928. A new definitive host for *Schistosoma mansoni*. *Journal of Helminthology*, 6: 219-222.
- CARVALHO, D.M. 1982. Sobre a importância de *Nectomys squamipes* na epidemiologia da esquistossomose mansônica no município de Sumidouro, Rio de Janeiro. *Dissertação de Mestrado*. Escola Nacional de Saúde Pública, FIOCRUZ, Rio de Janeiro. 87p.
- CARVALHO, O.S.; ANDRADE, R.M. & CORTÊS, M.I.N. 1976. Ciclo vital de *Schistosoma mansoni* através do *Holochilus brasiliensis* (Desmarest, 1818), em ambiente semi-natural (Trematoda: Schistosomatidae; Rodentia: Cricetidae). *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 10: 235-247.
- CERQUEIRA, R. 1976. Contribuição ao estudo do *Holochilus brasiliensis* (Desmarest, 1819) (Rodentia, Cricetidae). *Dissertação de Mestrado*. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 72p.

- COSTA-NETO, S.F. 2006. O rato d'água, *Nectomys squamipes* Brants, 1827 (Rodentia: Sigmodontidae), como reservatório da esquistossomose mansônica em áreas endêmicas do município de Sumidouro, RJ. *Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas*. Universidade Castelo Branco (UCB), Rio de Janeiro. 57p.
- COSTA-SILVA, M. 2000. Suscetibilidade experimental de *Nectomys squamipes* (Rodentia: Sigmodontinae) a cepas de *Schistosoma mansoni* (Trematoda: Schistosomatidae): Estudo morfológico de vermes adultos machos e fêmeas por microscopia de luz. *Monografia de Bacharelado*. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 56p.
- D'ANDREA, P.S.; FERNANDES, F.A.; CERQUEIRA, R. & REY, L. 2002. Experimental evidence and ecological perspectives for the adaptation of *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907 (Digenea: Schistosomatidae) to a wild host, the water-rat, *Nectomys squamipes* Brants, 1827 (Rodentia: Sigmodontinae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 97(1): 11-14.
- D'ANDREA, P.S.; GENTILE, R.; CERQUEIRA, R.; GRELLE, C.E.V.; HORTA, C. & REY, L. 1999. Ecology of small mammals in a Brazilian rural area. *Revista Brasileira de Zoologia*, 16(3): 611- 620.
- D'ANDREA, P.S.; GENTILE, R.; MAROJA, L.S.; FERNANDEZ, F.A.; COURA, R.S. & CERQUEIRA, R. 2007. Small mammal populations of an agroecosystem in the Atlantic Forest domain, southeastern of Brazil. *Brazil Journal of Biology*, 67(1): 179-186.
- D'ANDREA, P.S.; HORTA, C.; CERQUEIRA, R. & REY, L. 1996. Breeding of the water rat (*Nectomys squamipes*) in the laboratory. *Laboratory Animals*, 30: 369-376.
- D'ANDREA, P.S.; MAROJA, L.S.; GENTILE, R.; CERQUEIRA, R.; MALDONADO JR., A. & REY, L. 2000. The parasitism of *Schistosoma mansoni* (Digenea-Trematoda) in a naturally infected population of water rats, *Nectomys squamipes* (Rodentia-Sigmodontinae) in Brazil. *Parasitology*, 120: 573-582.
- DESPRES, L.; IMBERT-ESTABLET, D. & MONNEROT, M. 1993. Molecular characterization of mitochondrial DNA provides evidence for the recent introduction of *Schistosoma mansoni* into America. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 60: 221-229.
- DESPRES, L.; IMBERT-ESTABLET, D.; COMBES, C. & BONHOMME, E. 1992. Molecular evidence linking hominid evolution to recent radiation of *Schistosoma* (Platyhelminths: Trematoda). *Molecular Phylogeny and Evolution*, 4: 295-304.
- DESPRES, L.; IMBERT-ESTABLET, D.; COMBES, C.; BONHOMME, F. & MONNEROT, M. 1991. Isolation and polymorphism in mitochondrial DNA from *Schistosoma mansoni*. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 47: 139-141.
- DIAS, L. C. S.; GLASSER, C. M.; MARCAL JR. O.; BONESSO, P. I. P. 1994. Epidemiologia da esquistossomose mansônica em área de baixa endemicidade. *Cadernos de Saúde Pública*. Rio de Janeiro, v. 10, supl. 2, p. 254 - 260.
- DIAS, L.C.S.; PIRES, F.A. & PINTO, A.C.W. 1978. Parasitological and ecological aspects of schistosomiasis mansoni in the valley of Paraíba do Sul river (São Paulo, Brazil). 1. Natural infection of small mammals with *Schistosoma mansoni*. *Transactions of Royal Society of Tropical Medicine. Hygiene*, 72: 496-500.
- EMMONS, L.H. & FEER, F. 1997. *Neotropical Rainforest Mammals: A field Guide*. University of Chicago Press, Chicago. 307p.
- ERNEST, K.A. & MARES, M.A. 1986. Ecology of *Nectomys squamipes*, the Neotropical Water rat, in central Brazil: home range, habitat selection, reproduction and behaviour. *Journal of Zoology*, 210: 599-612.
- FLETCHER, M.; LOVERDE, P.T. & WOODRUFF, D.S. 1981. Genetic variation in *Schistosoma mansoni* enzyme polymorphisms in populations from Africa, Southwest Asia, South America and West Indies. *American Journal of Tropical Medicine Hygiene*, 30: 406-421.
- GENTILE, R. & FERNANDEZ, F.A.S. 1999. Influence of habitat structure on a streamside small mammal community in a Brazilian rural area. *Mammalia*, 63: 29-40.
- GENTILE, R.; COSTA-NETO, S.F.; GONÇALVES, M.M.L.; BONECKER, S.T.; FERNANDES, F.A.; GARCIA, J.S.; BARRETO, M.G.M.; SOARES, M.S.; D'ANDREA, P.S.; PERALTA, J.M. & REY, L. 2006. An ecological field study of the water rat *Nectomys squamipes* as a wild reservoir indicator of *Schistosoma mansoni* transmission in an endemic area. *Memórias do Instituto Oswaldo*, 101(I): 111-117.
- GENTILE, R.; D'ANDREA, P.S.; CERQUEIRA, R. & MAROJA, L.S. 2000. Population dynamics and reproduction of marsupials and rodents in a Brazilian rural area: a five-year study. *Study Neotropical Fauna & Environment*, 35: 1-9.
- GENTILE, R. & OLIVEIRA, G. 2008. Brazilian studies on the genetics of *Schistosoma mansoni*. *Acta Tropica*, 108(2-3): 175-178.

- GIOVANELLI, A.; SOARES, M.S.; D'ANDREA, P.S.; GONÇALVES, M.M.L. & REY, L. 2001. Abundância e infecção do molusco *Biomphalaria glabrata* pelo *Schistosoma mansoni* no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 35: 523-530.
- GIOVANNONI, M.; VELLOZO, L.G.C. & KUBIAK, G.V.L. 1946. Sobre as "ratadas" do primeiro planalto paranaense. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 1, 185-195.
- GONÇALVES, M.M.L. 1999. Estudo de uma área de baixa endemicidade da esquistossomiase mansônica (Sumidouro, RJ, Brasil): Avaliação de procedimentos de diagnóstico. *Dissertação de Mestrado*. Curso de Pós-Graduação em Biologia Parasitária do Instituto Oswaldo Cruz, 68p.
- GRAEFF-TEIXEIRA, C. & MORAES, C. 1999. Identification of a transmission focus of *Schistosoma mansoni* in the southernmost Brazilian state, Rio Grande do Sul. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 94: 9-10.
- GUIMARÃES, C.T.; SOUZA, C.P.; CARVALHO, O.S. & KATZ, N. 1993. Sobre um foco urbano de esquistossomose em área metropolitana da região sudeste do Brasil. *Revista de Saúde Pública*, 27: 210-213.
- GUIMARÃES, C.T.; SOUZA, C.P.; SOARES, D.M.; ARAÚJO, N. & SCHUSTER, L.M.R. 1990. Occurrence of moluscs in aquaria of ornamental fishes in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 85: 127-129.
- GUIMARÃES, C.T.; KATZ, N. SOUZA, C.P.; SANTOS, O.C. 1993. Sobre um foco urbano de esquistossomose em área metropolitana da região sudeste do Brasil. *Revista Saúde Pública (São Paulo)* 27: 210-213.
- GUIMARÃES, I.C.S. & NETO, J. T. 2006. Transmissão urbana de esquistossomose em crianças de um bairro de Salvador, Bahia. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 39:451-455.
- KAWAZOE, U. & PINTO, A.C.M. 1983. Importância epidemiológica de alguns animais silvestres na esquistossomose mansônica. *Revista de Saúde Pública*, 17: 345-366.
- KUNTZ, R.E. 1952. Natural infection of an Egyptian gerbil with *Schistosoma mansoni*. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 19: 123-124.
- LE, T.H.; BLAIR, D. & MCMANUS, D.P. 2000. Mitochondrial DNA sequences of human schistosomes: the current status. *International Journal for Parasitology*, 30: 283-290.
- MACHADO-SILVA, J.R.; GALVÃO, C.; PRESGRAVE, O.A.; F.; REY, L. & GOMES, D.C. 1994. Host induced morphological changes of *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907 male worms. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 89: 411-416.
- MALDONADO JR., A.; GENTILE, R.; FERNANDES, C.M.; D'ANDREA, P.S.; LANFREDI, R.M. & REY, L. 2006. Helminth communities of *Nectomys squamipes* (Rodentia: Sigmodontine) naturally infected by the exotic trematode *Schistosoma mansoni* in southeastern Brazil. *Journal of Helminthology*, 80: 369-375.
- MALDONADO JR., A.; MACHADO E SILVA, J.R.; RODRIGUES E SILVA, R.; LENZI, H.L. & REY, L. 1994. Evaluation of the resistance to *Schistosoma mansoni* infection in *Nectomys squamipes* (Rodentia: Cricetidae), a natural host of infection in Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 36: 193-198.
- MARTINEZ, E.M. 1998. Suscetibilidade experimental de *Nectomys squamipes* (Brants, 1827), possível reservatório silvestre de esquistossomiase, a cepas de *Schistosoma mansoni* (Sambom, 1907): Avaliação parasitológica. *Dissertação de Mestrado*. Curso de Pós-Graduação em Biologia Parasitária do Instituto Oswaldo Cruz, 67p.
- MARTINEZ, E.M.; COSTA-SILVA, M.; NEVES, R.H.; OLIVEIRA, R.M.F. & MACHADO-SILVA, J.R. 2008. Biological implications of the phenotypic plasticity in the *Schistosoma mansoni*-*Nectomys squamipes* model. *Revista do Instituto de Medicina tropical de São Paulo*, 50(4):229-232.
- MARTINS, A.V.; MARTINS, G. & BRITO, R.S. 1955. Reservatórios silvestres do *Schistosoma mansoni* no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais*, 7: 259-265.
- MASSOIA, E. 1974. Ataques graves de *Holochilus* y otros roedores a cultivos de cana de açúcar. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*, (321/24): 1-12.
- MELLO, D.A. 1986. Breeding of wild-caught rodent cricetidae *Holochilus brasiliensis* under laboratory conditions. *Laboratory Animals*, 20: 195-196.
- MODENA, C.M.; LIMA, W.S. & COELHO, P.M.Z. 2008. Wild and domesticated animals as reservoirs of *Schistosomiasis mansoni* in Brazil. *Acta Tropica*, 108: 242-244.
- MORGAN, J.A.T.; DEJONG, R.J.; ADOYE, G.O.; ANSA, E.D.O.; BARBOSA, C.S.; BRÉMOND, P.; CESARI, I.M.; CHARBONNEL, N.; CORRÊA, L.R.; COULIBALY, G.; D'ANDREA, P.S.; SOUZA, C.P.; DOENHOFF, M.J.; FILE, S.;

- IDRIS, M.A.; INCANI, N.; JARNE, F.; KARANJA, D.M.S.; KAZIBWE, F.; KPIKPI, J.; LWAMBO, N.J.S.; MABAYE, A.; MAGALHÃES, L.A.; MAKUNDI, A.; MONÉ, H.; MOUAHID, G.; MUCHEMI, G.M.; MUNGAI, B.N.; SÉNE, M.; SOUTHGATE, V.; TCHUENTÉ, L.A.T.; THÉRON, A.; YOUSIF, F.; ZANOTTI-MAGALHÃES, E.M.; MKOJI, G.M. & LOKER, E.S. 2005. Origin and diversification of the human parasite *Schistosoma mansoni*. *Molecular Ecology*, 14: 3889-3902.
- MORGAN, J.A.T.; DEJONG, R.J.; KAZIBWE, F.; MKOJI, G.M. & LOCKER, E.S. 2003. A newly – identified lineage of *Schistosoma*. *International Journal for Parasitology*, 33: 977-985.
- MOTT, K.E.; DESJEUX, P.; MONCAYO, A.; RANQUE, P. & De RAADT, P. 1990. Parasitic diseases and urban development. *Bull WHO*, 68: 691-698.
- NAVARRO, M.C.; CESARI, I.M. & INCANI, R.N. 1992. Isoenzyme studies in one Brazilian and two Venezuelan strains of *Schistosoma mansoni*. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part B: Biochemistry & Molecular Biology*, 102: 471-474.
- NETO, E.D.; SOUZA, C.P.; ROLLINSON, D.; KATZ, N.; PENA, S.D.J. & SIMPSON, A.J.G. 1993. The random amplification of polymorphic DNA allows the identification of strains and species of schistosome. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 57: 83-88.
- OLIVEIRA, R.M.F. 1996. *Características parasitológicas e perfil enzimáticos de amostras de Schistosoma mansoni Sambon, 1907. Tese de Mestrado*. Instituto Oswaldo Cruz, FIOCRUZ, Rio de Janeiro. 170p.
- OZANAN, C.C.A.F. 1969. Notas sobre o rato de cana, "*Holochilus sciureus*" Wagner, na região do Cariri, Ceará. *Revista Brasileira de Biologia*, 29(4): 567-570.
- PENA, H.B.; DE SOUZA, C.P.; SIMPSON, A.J. & PENA, S.D. 1995. Intracellular promiscuity in *Schistosoma mansoni*: nuclear transcribed DNA sequences are part of a mitochondrial minisatellite region. *Proceedings of the National Academy Sciences of the United States America*, 92: 915-919.
- PERALTA, R.H.S.; MELO, D.G.S.; GONÇALVES, M.M.L.; D'ANDREA, P.S.; REY, L.; MACHADO-SILVA, J.R. & PERALTA, J.M. 2009. Serological Studies in *Nectomys Squamipes* demonstrate the low sensitivity of coprological exams for the diagnosis of schistosomiasis. *The Journal of Parasitology*, 95, 764-766.
- PICOT, H. 1992. *Holochilus brasiliensis* and *Nectomys squamipes* (Rodentia, Cricetidae) natural hosts of *Schistosoma mansoni*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 87: 255-260.
- PIVA, N. & BARROS, P.R.C. 1966. Infecção natural de animais silvestres e domésticos pelo *Schistosoma mansoni* em Sergipe. *Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais*, 18: 221-233.
- REY, L. 1993. Non-human vertebrate hosts of *Schistosoma mansoni* and schistosomiasis transmission in Brazil. *Research and Review in Parasitology*, 53: 13-25.
- RIBEIRO, A.C. 1998. Avaliação da suscetibilidade dos roedores silvestres *Nectomys squamipes* (Brants, 1827) e *Nectomys rattus* (Pelsen, 1883) à infecção experimental por *Schistosoma mansoni* (Sambon, 1907). *Dissertação de Mestrado*. Curso de Pós-Graduação em Biologia Parasitária do Instituto Oswaldo Cruz, 55p.
- RIBEIRO, A.C.; MALDONADO JR, A.; D'ANDREA, P.S.; VIEIRA, G.O. & REY, L. 1998. Susceptibility of *Nectomys rattus* (Pelsen, 1883) to experimental infection with *Schistosoma mansoni* (Sambon, 1907): a potencial reservoir in Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 93(I): 295-299.
- RODRIGUES, D.C. & FERREIRA, C.S. 1969. Primeiro encontro de roedores (*Nectomys squamipes*) naturalmente infestado pelo *Schistosoma mansoni*, no Estado de São Paulo, Brasil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical. São Paulo*, 11: 306-308.
- RODRIGUES-SILVA, R. 1988. *Nectomys squamipes* e *Akodon arviculoides* (Rodentia: Cricetidae) como hospedeiro naturais do *Schistosoma mansoni* em Sumidouro (RJ – Brasil). Emprego do *Nectomys* como modelo alternativo no estudo da esquistossomose mansoni. *Tese de Mestrado*. Fundação Oswaldo Cruz, xiv + 147p.
- RODRIGUES-SILVA, R.; MACHADO E SILVA, J.R.; FAERSTEIN, N.F.; LENZI, H.L. & REY, L. 1992. Natural infection of wild rodents by *Schistosoma mansoni*. Parasitological aspects. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 87: 271-276.
- RODRIGUES-SILVA, R.; MACHADO E SILVA, J.R.; OLIVEIRA, R.M.F.; MALDONADO JR, A. & REY, L. 1991. Roedores silvestres como modelos experimentais da esquistossomose mansônica: *Akodon arviculoides* (Rodentia: Cricetidae). *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 33(4), 257-261.
- SERVIÇO DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE DO MINISTÉRIO DA SAÚDE-BRASIL (SVS/MS). 2008. Óbitos por Esquistossomose. Brasil, Grandes Regiões e Unidades Federadas. 1990-2007.

- <[http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/obitos\\_por\\_esquistossomose.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/obitos_por_esquistossomose.pdf)>. (Acesso em: 25/02/2010).
- SILVA, M.D. 2004. Memória da Esquistossomose no Município de Sumidouro, RJ, Brasil. *Monografia do Programa de Vocação Científica*. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Fiocruz, 54p.
- SILVA, R.R.; SILVA, J.R.M.; FAERSTEIN, N.F.; LENZI, H.L. & REY, L. 1992. Natural infection of wild rodents by *Schistosoma mansoni* parasitological aspects. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 87: 271-276.
- SILVA, T.M. & ANDRADE, Z.A. 1989. Infec o natural de roedores silvestres pelo *Schistosoma mansoni*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 84: 227-235.
- SIMPSON, A.J.; DIAS, N.E.; VIDIGAL, T.H.; PENA, H.B.; CARVALHO, O.S. & PENA, S.D. 1995. DNA polymorphism of schistosomes and their snail hosts. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 90: 211-213.
- SIRE, C.; DURAND, P.; POINTIER, J.P. & THERON, A. 1999. Genetic diversity and recruitment pattern of *Schistosoma mansoni* in a *Biomphalaria glabrata* snail population: a field study using random-amplified polymorphic DNA markers. *Journal Parasitology*, 85: 436-441.
- SOARES, S.M.; BARRETO, M.G.M.; SILVA, C.L.P.A.C.; PEREIRA, J.B.; MOZA, P.; REY, L.; CAL ADO, M.S.; LUSTOZA, A. & MASPERO, R. 1995. Schistosomiasis in a low prevalence area: Incomplete urbanization increasing risk of infection in Paracambi, RJ, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 90: 451-458.
- SOUZA, V.A.M.; SILVA, R.R.; MALDONADO JR, A.; MACHADO E SILVA, J.R. & REY, L. 1992. *Nectomys squamipes* (Rodentia - Cricetidae) as an experimental model for schistosomiasis mansoni. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 87: 277-280.
- THÉRON, A. 1984. Early and late shedding patterns of *Schistosoma mansoni* cercarie: ecological significance in transmission to human and murine hosts. *Journal Parasitology*, 70: 652-655.
- THÉRON, A. 1985. Polymorphisme du rythme d'émission des cercaries de *Schistosoma mansoni* et ses relations avec l'écologie de la transmission du parasite. *Vie et Milleu*, 35: 23-31.
- THÉRON, A & POINTIER, J.P. 1985. Recherche des facteurs susceptibles d'empêcher la réalisation du cycle de *Schistosoma mansoni* dans les mares de la Grand Terre de Guadeloupe. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 60: 155-164.
- THÉRON, A. & POINTIER, J.P. 1995. Ecology, dynamics, genetics and divergence of trematode populations in heterogeneous environments: The model of *Schistosoma mansoni* in the insular focus of Guadeloupe. *Research and Reviews in Parasitology*, 55: 49-64.
- THÉRON, A.; POINTER, J.P.; MORAND, S.; IMBERT-ESTABLET, D. & BOREL, G. 1992. Long-term dynamics of natural populations of *Schistosoma mansoni* among *Rattus rattus* in patchy environment. *Parasitology*, 104: 291-298.
- VEIGA-BORGEAUD, T.; NETO, R.C.L.; PETER, F. & BASTOS, O.C. 1986. Constata es sobre a importância dos roedores silvestres (*Holochilus brasiliensis nanus* Thomas, 1897) na epidemiologia da esquistossomose mansônica pr pria da pr -Amazônia, Maranhão-Brasil. *Cadernos de Pesquisa, São Luis*, 2: 86-99.
- WILSON, D.E. & REEDER, D.M. 2005. *Mammal Species of the World. A taxonomic and Geographic Reference*. The John Hopkins University Press, Baltimore, MD. 2142p.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 2010. Programs and Projects: Schistosomiasis – A major public health. <http://www.who.int/schistosomiasis/en/> (Acesso em 25/02/2010).

Submetido em 19/03/2010

Aceito em 28/06/2010