



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

# Assessing the role of spatial heterogeneity and human movement in malaria dynamics and control

Olivia Prosper  
Nick Ruktanonchai  
Maia Martcheva

ELSEVIER: *Journal of Theoretical Biology*, 2012

**Aluno: Jaidson Nandi Becker**

**Padrões e Processos em Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra**

**Profa. Dra. Maria Isabel S. Escada**

## Problema:

Qual a influência do movimento humano na transmissão da malária entre duas regiões heterogêneas.

## Hipótese:

Se sem migração uma região é endêmica e outra não, quando incorporado o movimento humano entre as mesmas pode ocorrer que as duas tornem-se endêmicas.

## Justificativa:

Frequentemente recursos para o controle da malária são locados em regiões com alta transmissão de malária. Mas se a migração em uma região de baixa transmissão é muito maior que a migração da região de alta transmissão, a região de baixa transmissão é o melhor alvo para execução das ações de controle da malária.

## Método: Incorpora a movimento humano ao Número Básico de Reprodução (R0)

O R0 expressa o potencial de transmissibilidade. Sendo tradicionalmente definido como o número de casos resultantes de um indivíduo infectado em uma população totalmente susceptível. (Dietz (1975) e Hethcote (1976)).

**R0 = contato x taxa de infecção x taxa de recuperação**

### Modelo de Ross–Macdonald

$$\frac{dS}{dt} = -\alpha * I(t) * S(t)$$

$$\frac{dI}{dt} = \alpha * I(t) * S(t) - \beta * I(t)$$

$$\frac{dR}{dt} = \beta * I(t)$$

*I* - população.

*S* - susceptíveis.

*R* - recuperados.

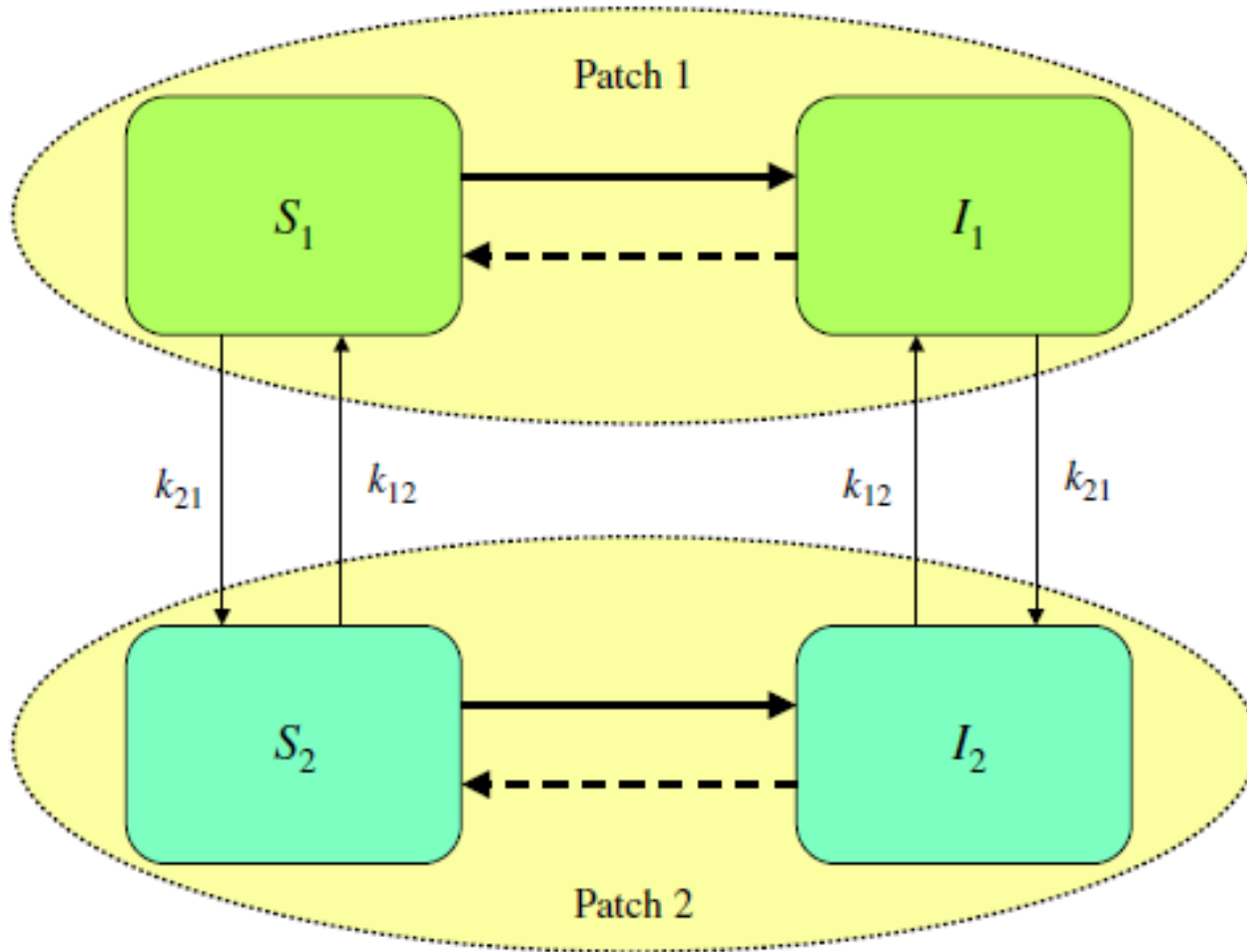
$\alpha$  - taxa de infecção

$\beta$  - taxa de recuperação

**R0 < 1, a doença extinguirá.**

**R0 > 1, a doença persistirá.**

# Dinâmica de doenças em populações humanas



$I$  - população.  
 $S$  - susceptíveis.  
 $k$  - taxa de migração.

$$R_0 = \frac{1}{2\sigma} \left[ s_1 t_2 + s_2 t_1 + \sqrt{(s_1 t_2 - s_2 t_1)^2 + 4s_1 s_2 k_{12} k_{21}} \right]$$

$$\sigma = k_{12}r_1 + k_{21}r_2 + r_1r_2 \quad t_i = r_i + k_{ji} \quad \alpha_i = m_i a_i b_i e^{-g_i n_i}$$

$$s_i = \frac{\alpha_i \beta_i}{g_i} = r_i * R_{0i} \quad R_{0i} = \alpha_i \beta_i / g_i r_i \quad \beta_i = a_i c_i$$

$m_i$  Ratio of the number of mosquitoes to the number of humans

$a_i$  Human biting rate

$m_i a_i$  Number of mosquito bites on a human per unit of time

$b_i$  Transmission efficiency from mosquito to human

$c_i$  Transmission efficiency from human to mosquito

$g_i$  Natural death rate of mosquitoes

$n_i$  Length of mosquito incubation period

$\alpha_i$   $m_i a_i b_i e^{-g_i n_i}$

$\beta_i$   $a_i c_i$

$r_i$  Natural human recovery rate

$k_{ij}$  Migration rate from patch  $j$  to patch  $i$

## Resultados:

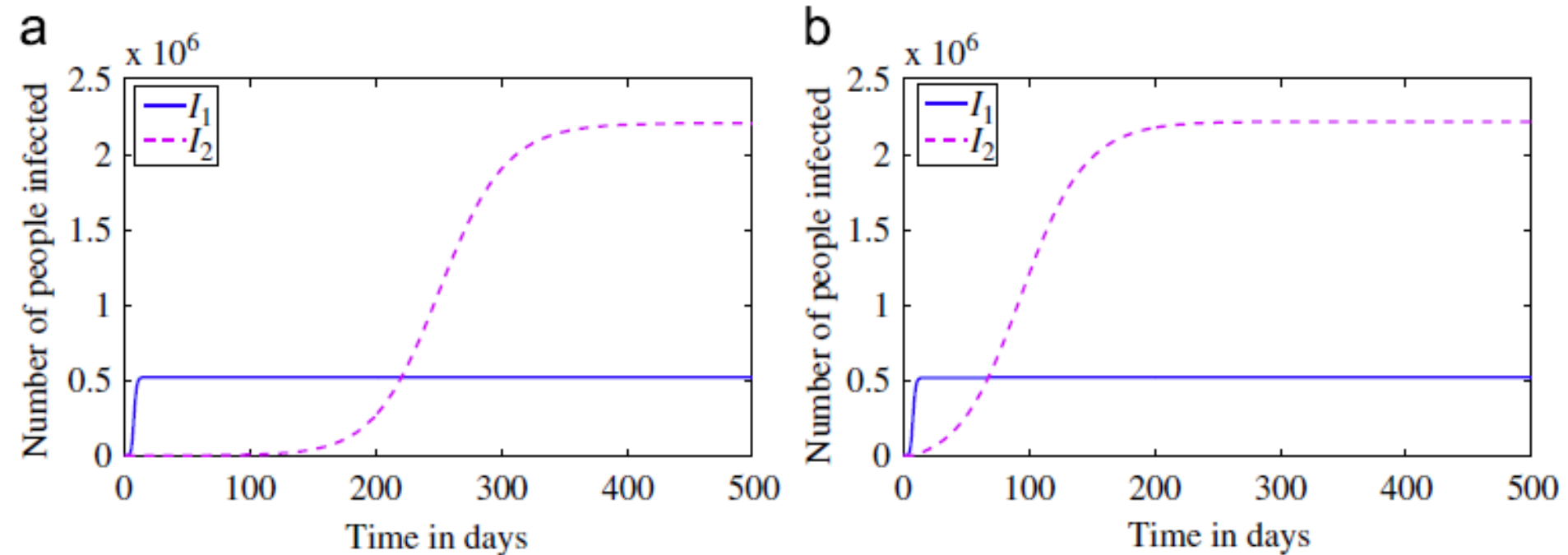
Duas regiões endêmicas heterogêneas (hipotéticas), Sub-Sahara Africana (alta transmissão) e América do Sul (baixa transmissão).

03 cenários:

- Uma região com alta transmissão e outra baixa, ambas período chuvoso.
- As duas regiões com baixa transmissão e período seco.
- Uma região com alta transmissão e outra baixa, ambas período seco.

Season	High transmission	Low transmission
Wet	187.15	7.03
Dry	3.80	0.70

# Alta e baixa transmissão, ambas período chuvosos



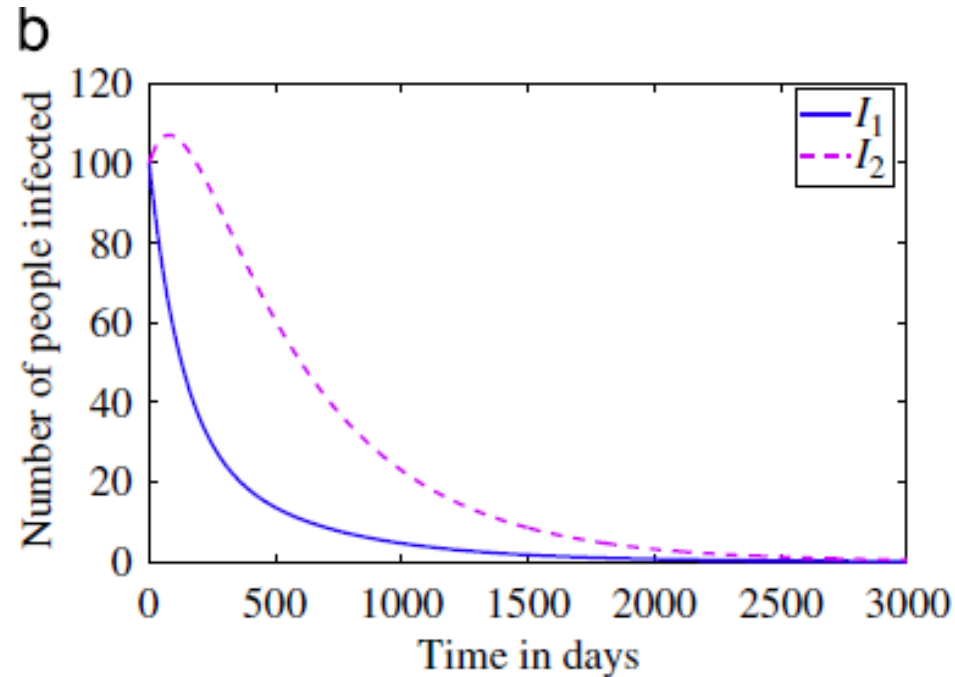
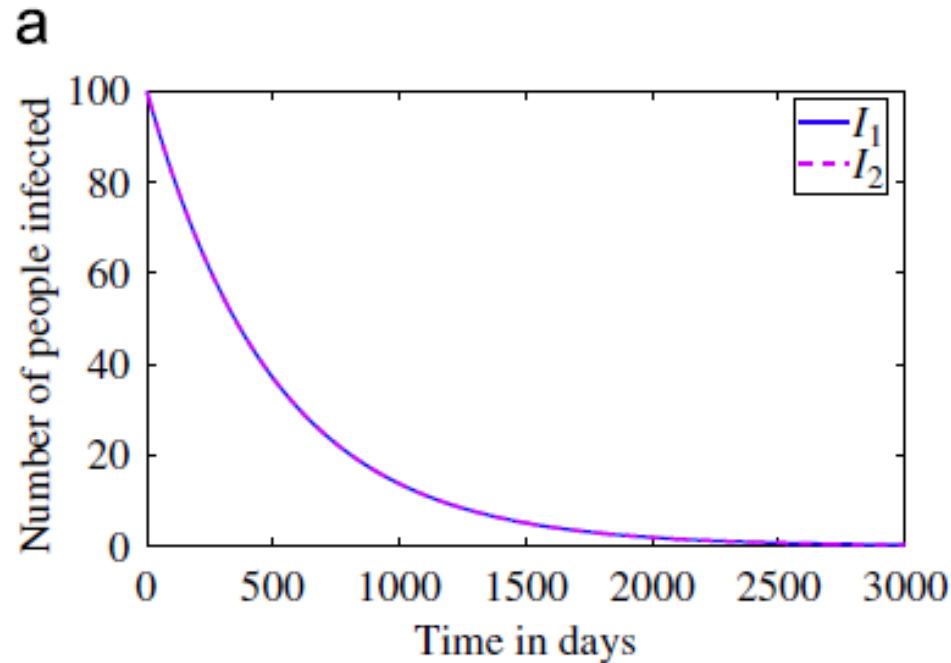
(a) sem movimento humano.

(b) com movimento humano.

$$R_{01} = 187,15 \quad R_{02} = 7.03$$

$$k_{12} = 0.001 \quad k_{21} = 0.005$$

# Ambas baixa transmissão e período seco



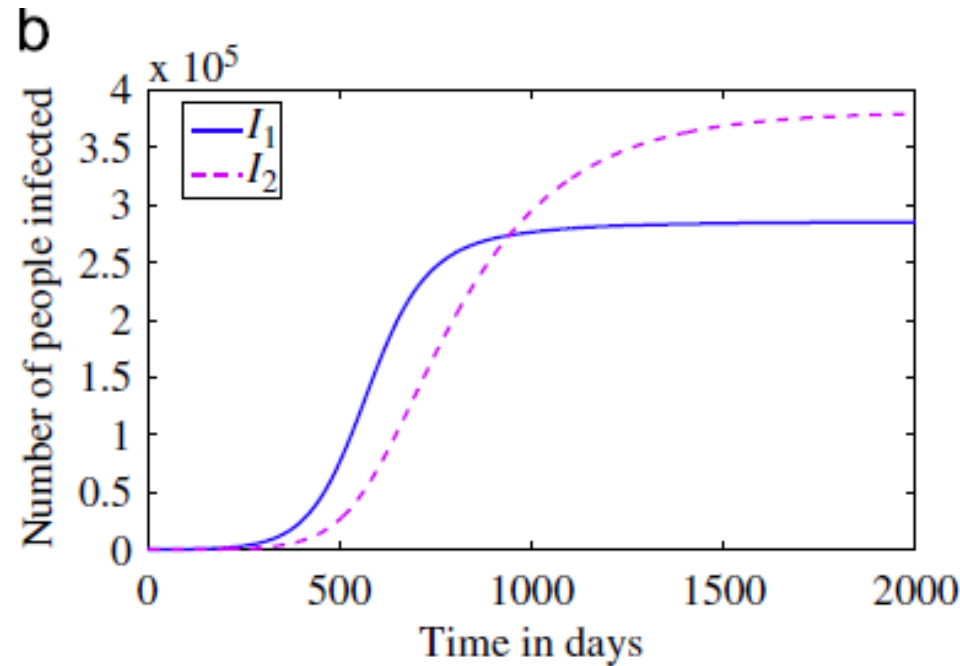
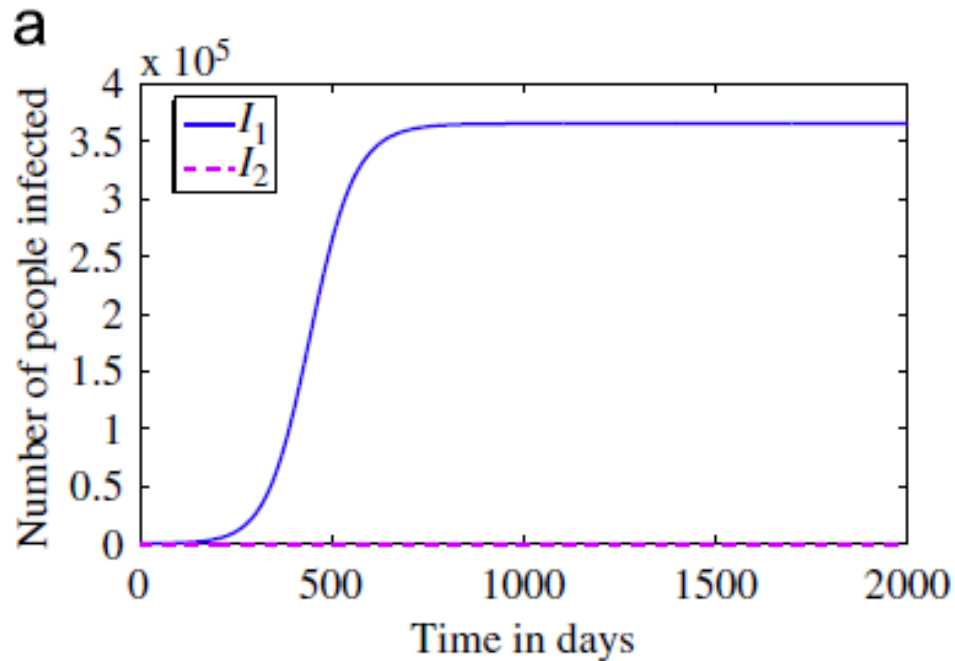
- (a) sem movimento humano.  
 (b) com movimento humano.

$$R_{01} = 0,70 \quad R_{02} = 0,70$$

$$k_{12} = 0.001 \quad k_{21} = 0.005$$



# Alta e baixa transmissão, ambas período seco



- (a) sem movimento humano.  
 (b) com movimento humano.

$$R_{01} = 3,80$$

$$R_{02} = 0,70$$

$$k_{12} = 0.001$$

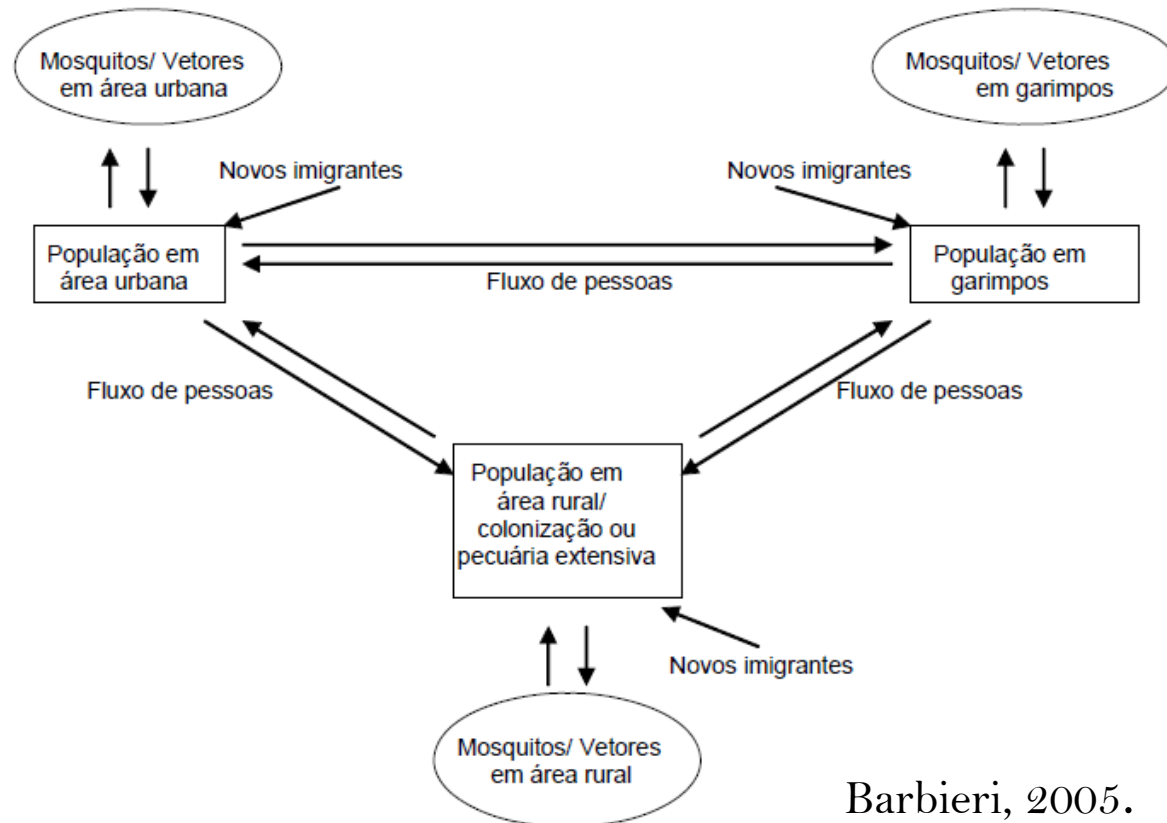
$$k_{21} = 0.005$$

## Conclusões:

- O Modelo de Ross-Macdonald assume que as populações são isoladas e homogêneas.
- O modelo heterogêneo oferece um novo embasamento para tomadas de decisão quanto ao controle de malária.
- Nem sempre regiões com alta transmissão de malária não são a melhor escolha para a aplicação de recursos no controle da malária.
- O movimento humano pode resultar na persistência da malária em regiões onde a mesma deveria extinguir-se.

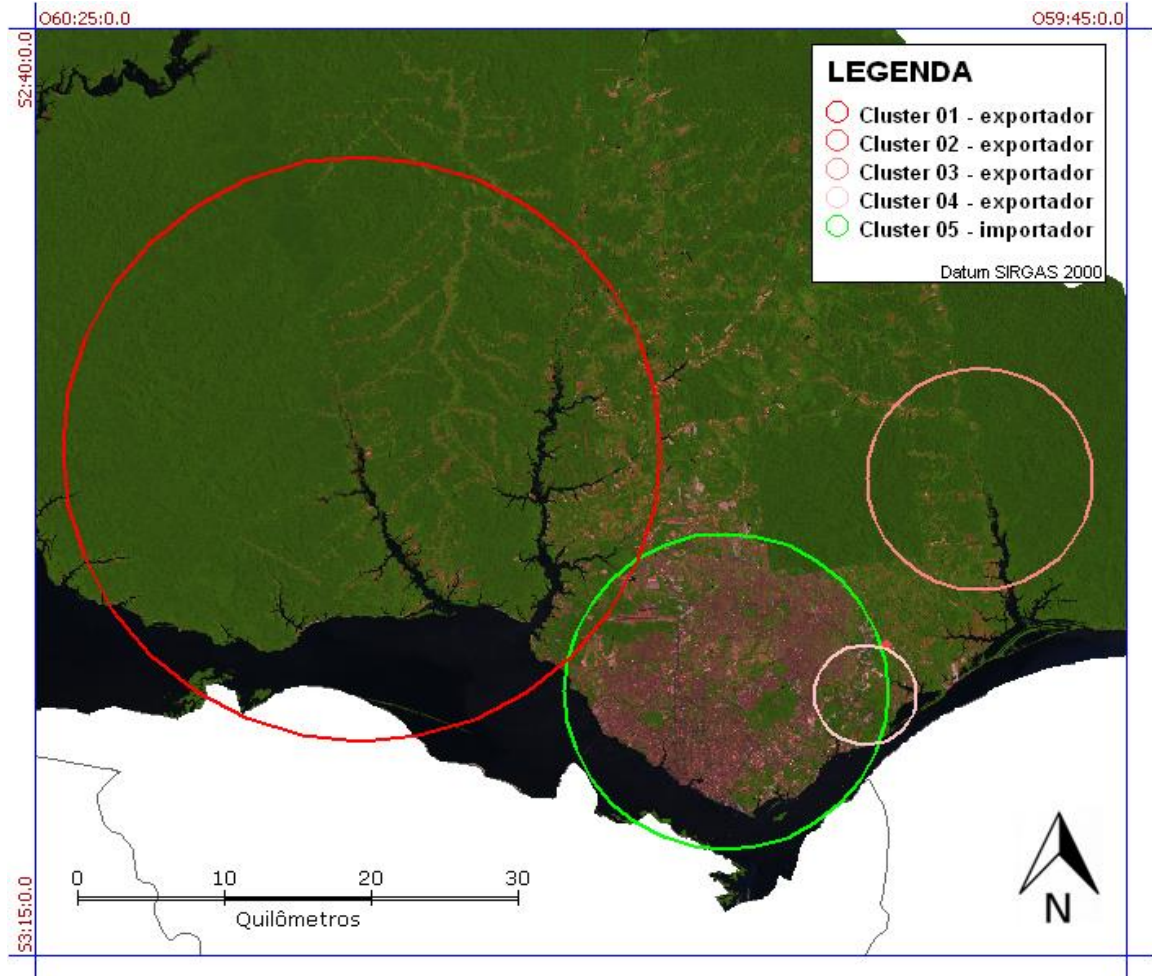
## Por que deste artigo:

- Malária e movimento humana.
- Identificar diferentes regiões, analisar como estão conectadas quanto ao movimento humano e como isso influencia na transmissão da malária.



## Como vai auxiliar em minha tese:

- Labim (2010), descreve sobre a baixa análise da paisagem nos estudos epidemiológicos que utilizam do Modelo de Ross-Macdonald.
- Suprir esta deficiência (estudo preliminar).
- Determinar o  $R_0$  para padrões de paisagem heterogêneos .



## Bibliografia de apoio:

- Amy Wesolowski et al. **Quantifying the Impact of Human Mobility on Malaria.** Science, 2010.
- BARBIERI, A. F. **Uso do solo e prevalência de malária em uma região da amazônia brasileira.** Caderno de Geografia, 24. Belo Horizonte/MG, 2005.
- Eric F. Lambin, Annelise Tran, Sophie O. Vanwambeke, Catherine Linard, Valérie Soti. **Pathogenic landscapes: Interactions between land, people, disease vectors, and their animal hosts.** International Journal of Health Geographics, 2010.
- Sarah E. Randolph, David J. Rogers. **The arrival, establishment and spread of exotic diseases: patterns and predictions.** Nature Reviews, 2010.

# Obrigado!

Jaidson Nandi Becker