

# Avaliação quantitativa de risco microbiológico no suporte à gestão de recursos hídricos

**Caroline Rigotto**

*Pesquisadora Pós-doutoral programa DOCFIX FAPERGS/CAPES*

*Laboratório de Microbiologia Molecular*

**Universidade Feevale**



# Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico - AQRM

- No Início da década de 80, a agência de Proteção Ambiental Norte-americana (USEPA - U.S. Environmental Protection Agency) entendeu que havia a necessidade de buscar uma ferramenta que pudesse estimar os riscos à saúde humana associados ao consumo de água e propor formas de tratamento para minimizar os riscos.
- Ferramenta útil na estimativa de risco de infecção, doença ou morte em decorrência da exposição à patógenos.
- Formas de tratamento para se alcançar o risco tolerável de infecção por patógenos presentes em águas de consumo humano.
- A AQRM tem sido aplicada: águas de consumo, recreacionais, residuárias, alimentos, ar e biossólidos.
- Avaliação se dá quantitativamente em termos de probabilidade.



# Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico - AQRM

- Destaque pela Organização Mundial de Saúde (WHO – World Health Organization) como importante instrumento para a validação de planos para segurança da água (HOWARD et al., 2006) e pela Codex Alimentarius para os planos de segurança alimentar.
- Organizações e agências regulatórias no mundo vêm utilizando a AQRM para estabelecer políticas que visem à melhoria da qualidade da água, a segurança alimentar e, portanto a promoção da saúde humana e para avaliar a eficiência dos programas e ações de intervenção realizadas.
- USEPA, ILSI (Internacional Life Sciences Institute), FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations), Codex Alimentarius, HPA (Health Protection Agency - Reino Unido), EFSA (European Food Safety Authority), TEAGASC (The Agriculture and Food Development Authority – Irlanda), FEHD (Food and Environmental Hygiene Department – Hong Kong), AFSSA (French Food Safety Agency – França), CFS (Centre for Food Safety – Hong Kong), WHO (World Health Organization), Health Canada (Department of Health – Canadá), Department of Health and Ageing – Austrália, New Zealand Food Safety Authority.

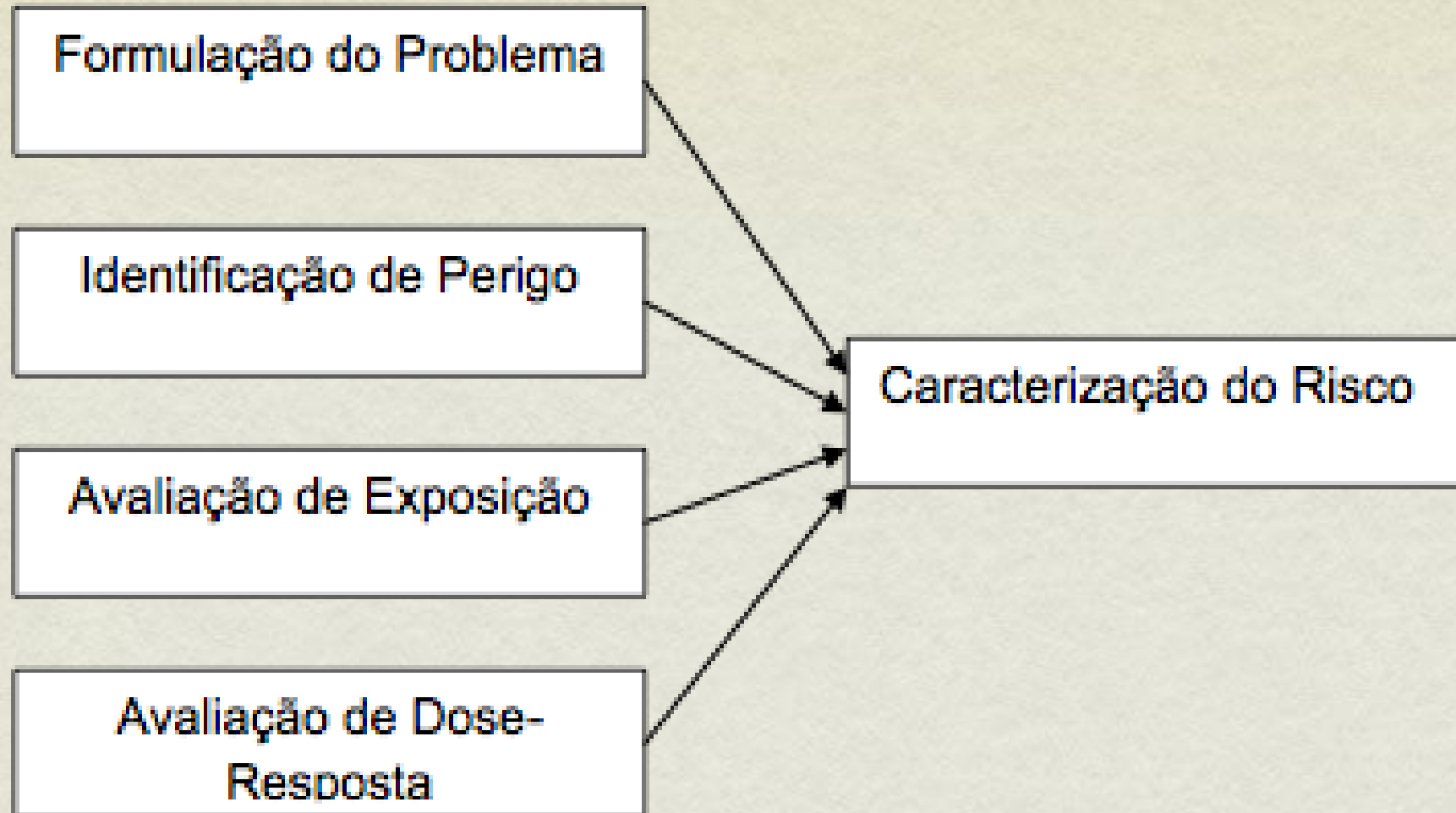


# AQRM

- Importância da temática para:
- i) estabelecimento de padrões e valores-limite para presença de patógenos em águas de consumo, águas residuárias para reúso, águas recreacionais, biossólidos, ar e alimentos;
- ii) criação de planos de segurança da água e alimentar;
- iii) discussões sobre reúso de água e biossólidos;
- iv) subsídios aos gestores nas tomadas de decisão; e
- v) criação e revisão de legislações.



# Etapas da avaliação de risco microbiológico

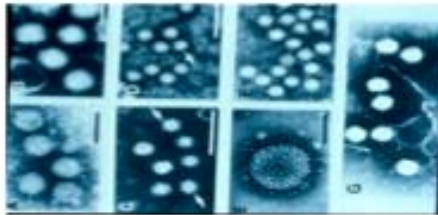


- Abordagem proposta pela USEPA e pelo Instituto Internacional de Ciências da Vida (ILSI - *International Life Sciences Institute*).

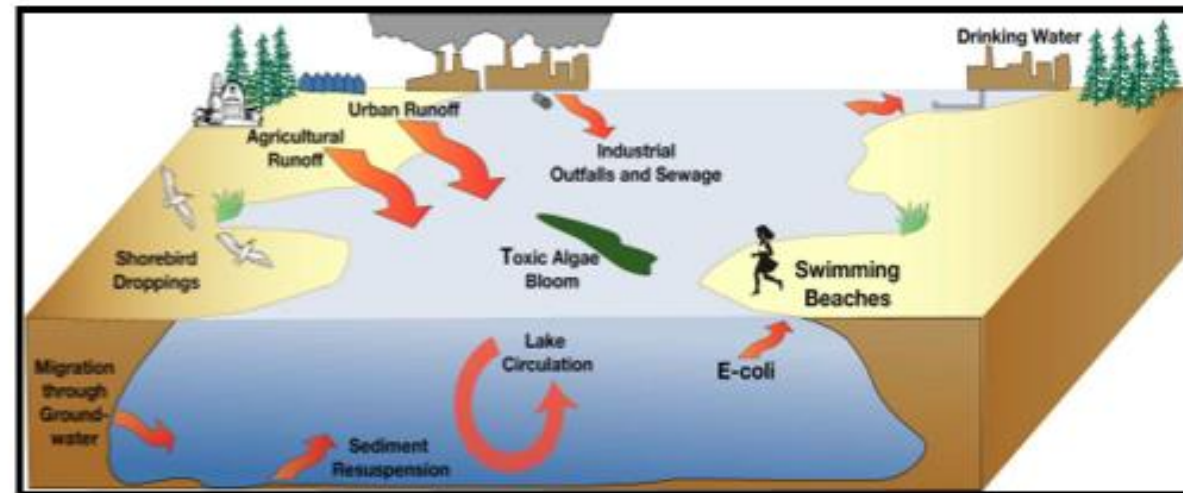


# Etapas da avaliação de risco microbiológico

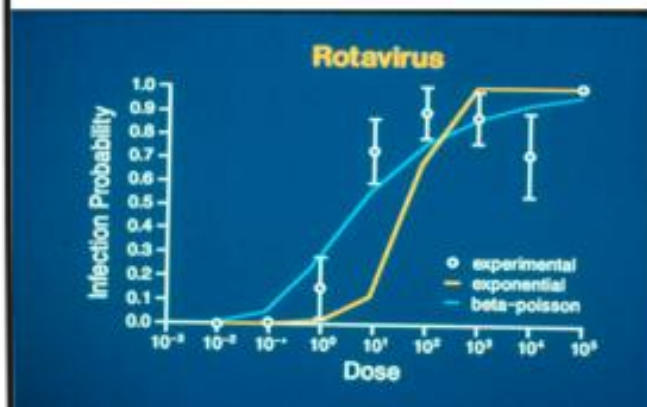
## The Hazard



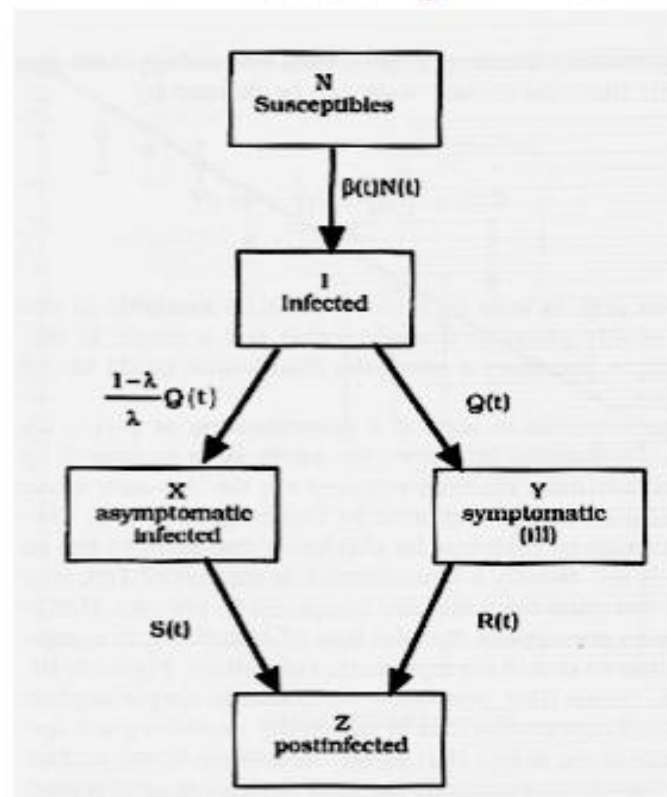
## The Exposure



## The Dose-response



## The Disease Dynamics



## The Risk Characterization





# identificação do perigo - hazard

## Language of Disease

PLAGUES

CONTAGION

EPIDEMICS

OUTBREAKS



# identificação do perigo - hazard





# identificação do perigo - hazard





# identificação do perigo - hazard

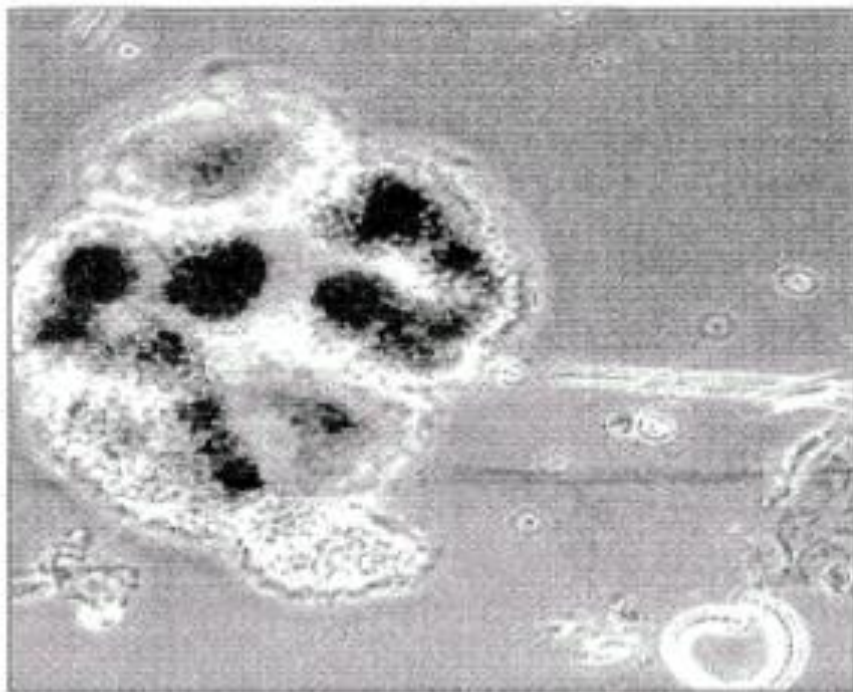
**Bizarro** | *Dan Piraro*





# identificação do perigo - hazard

## Algae poisons lurk in Florida drinking water



MICROCYSTIS



CYLINDROSPERMOPSIS

### Algae facts:

Most algae are simple plants, with no roots, stems or leaves. However, blue-green algae, called cyanobacteria, are

Toxins are being unleashed by algae into some treated water. Scientists are unsure of the long-term health threat.

By RAMSEY CAMPBELL and ROBERT SARGENT JR.

### Toxins:

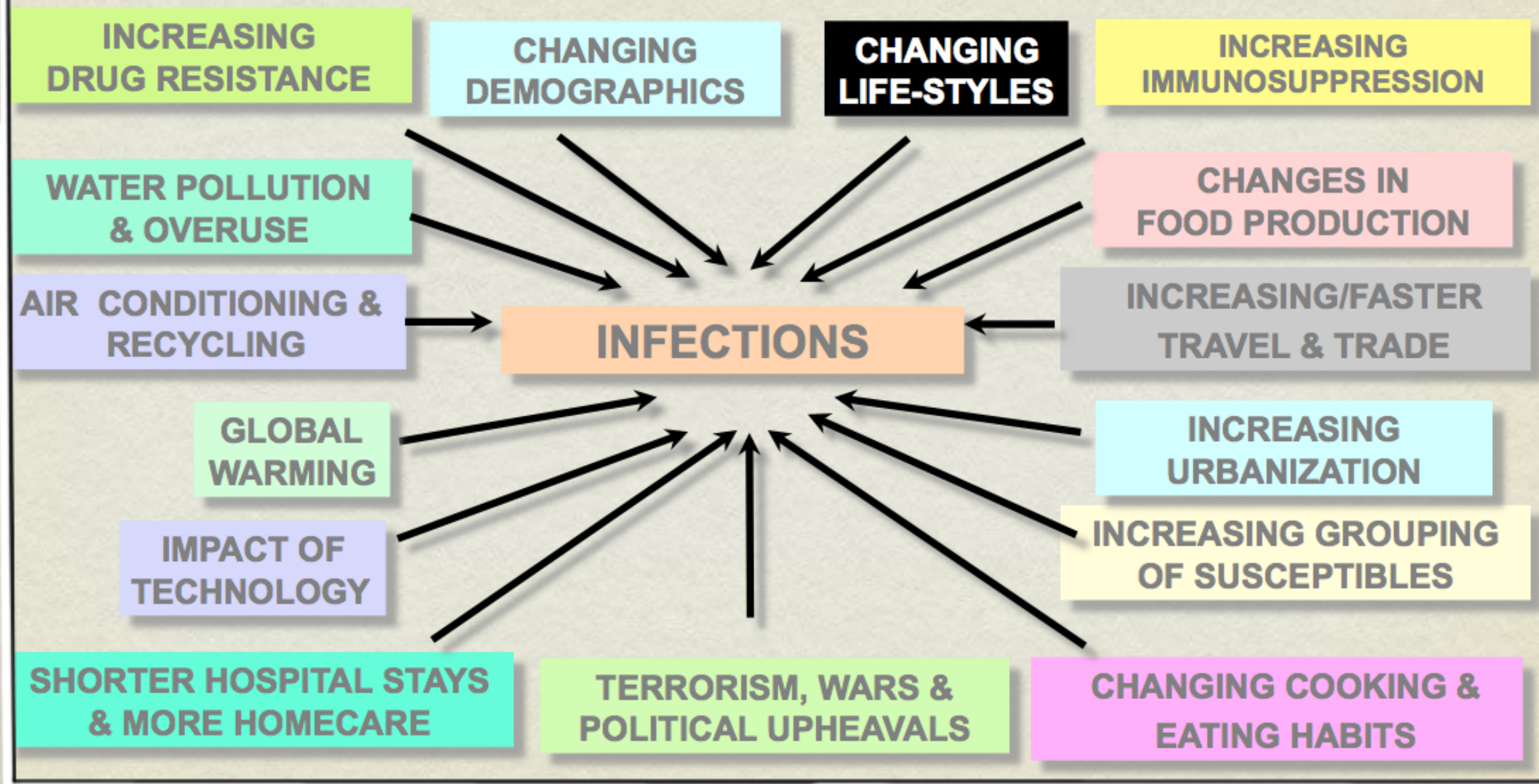
#### Microcystin

- Produced by several types of algae, including *Microcystis* (above left) and *Anabaena*.

- Can cause tumors



## Societal Changes with Known or Potential Impact on Exposure and Susceptibility to Infectious Agents





# avaliação de dose-resposta

- Os modelos matemáticos mais comuns utilizados na etapa da avaliação de dose-resposta, para relacionar a dose ingerida de patógeno à infecção, são os **modelos exponenciais e os modelos de beta-Poisson** (REGLI et al. 1991; HAAS et al., 1999)
- No modelo exponencial** se assume que todos os microrganismos estão distribuídos aleatoriamente e que todos têm a mesma probabilidade,  $r$ , de causar uma infecção.
- Onde  $P_{inf}$  é a probabilidade de infecção,  $r$  é a probabilidade de um organismo iniciar uma infecção e  $D$  é a dose.  
$$P_{inf} = 1 - \exp(-rD)$$
- No modelo beta-Poisson**, a probabilidade de infecção por organismo varia de acordo com a população. Nesse caso, a probabilidade  $r$  do microrganismo sobreviver e atingir o hospedeiro segue a distribuição beta.
- Onde  $P_{inf}$  é a probabilidade de infecção,  $D$  é a dose e  $\alpha$  e  $\beta$  são os parâmetros dose-resposta.

$$P_{inf} = 1 - (1 + D/\beta)^{-\alpha}$$



# Exemplos de dose-resposta

- Os parâmetros de dose-resposta utilizados e publicados na literatura disponível foram determinados com base em uma população estudada, o que demonstra a importância de se conhecer os **dados de uma população, a infectividade dos patógenos nessa população e a população mais suscetível**.

Microrganismo	Modelo	Parâmetros
Echovirus 12	beta-Poisson	$\alpha = 0,374$ $\beta = 186,69$
Rotavírus	beta-Poisson	$\alpha = 0,26$ $\beta = 0,42$
Poliovírus 1	exponencial	$r = 0,009102$
Poliovírus 1	beta-Poisson	$\alpha = 0,1097$ $\beta = 1524$
Poliovírus 3	beta-Poisson	$\alpha = 0,409$ $\beta = 0,788$
<i>Cryptosporidium</i>	exponencial	$r = 0,004191$
<i>Entamoeba coli</i>	beta-Poisson	$\alpha = 0,128$ $\beta = 0,581$
<i>Giardia lamblia</i>	exponencial	$r = 0,02$
<i>Salmonella</i>	exponencial	$r = 0,00752$
<i>Escherichia coli</i>	beta-Poisson	$\alpha = 0,1705$ $\beta = 1,61 \cdot 10^6$

Fonte: REGLI et al. (1991); GERBA et al. (2000)



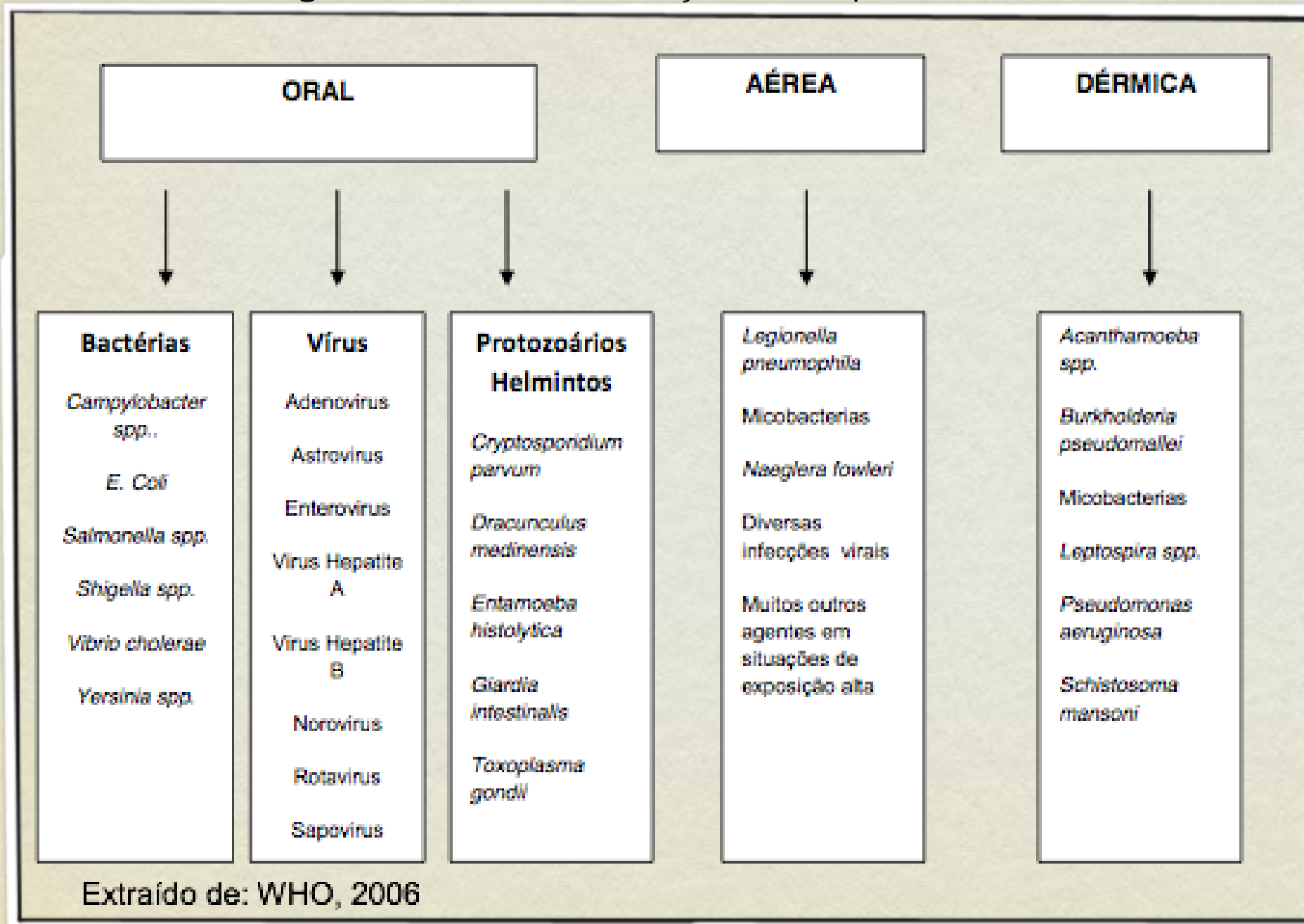
# caracterização do risco

- A caracterização do risco representa a integração da identificação do perigo, a avaliação de exposição e a avaliação de dose-resposta para que seja possível determinar a probabilidade de infecção, de doença e de morte.
- Na caracterização do risco também são discutidas a variabilidade e a incerteza na avaliação
- Fontes de incertezas: extrapolação de doses altas para doses baixas, de uma via de transmissão para outra, de animais para humanos, de uma rota de exposição para outra, limitações de métodos analíticos e estimativas de exposição (GERBA et al., 2000; RAZZOLINI e NARDOCCI, 2006), comportamento relacionado à higiene e padrões de consumo (NAVARRO et al., 2009).
- Duas abordagens comumente usadas para caracterizar incertezas são análise de sensibilidade e simulações de Monte Carlo.
- Todos os esforços de modelagem em avaliação de risco microbiológico são baseados **empiricamente**, não são dirigidos teoricamente ou mecanicamente, e grande parte dos dados de boa qualidade é necessária para **derivar modelos realísticos** para avaliação de risco microbiológico.



# AQRM x água x saúde humana

- Segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2006), as **doenças diarréicas são responsáveis pela morte de 1,8 milhões de pessoas** todo ano em todo mundo, sendo que **88% dessas mortes são atribuídas ao consumo de água** contaminada e condições inadequadas de saneamento e de higiene.



AQRM traz informações sobre o risco de doenças a que estão expostas as populações;

Medidas de controle e proteção são propostas para minimizar esses riscos relacionados aos patógenos de veiculação hídrica.



# exemplos: água de consumo humano

- USPA: Programa chamado Surface Treatment Rule (STR) com objetivo de remover *Giardia* e eliminar os vírus presentes na água de consumo de forma a alcançar o risco mínimo de infecção tolerável que é de 1 em cada 10000 pessoas expostas anualmente ( $10^{-4}$ ).
- O tratamento consiste na filtração e desinfecção da água devendo reduzir a concentração de cistos de *Giardia* em 99,9% e vírus entéricos em 99,99% (ROSE et al., 1991b; GERBA et al., 2000; MACLER e REGLI, 1993).
- ROSE et al. (1991b) conduziram avaliação de risco microbiológico para estimar o risco de infecção por exposição a cistos de *Giardia* veiculado pela água de consumo utilizando modelo exponencial. Considerando o consumo diário de 2 L por pessoa e diferentes concentrações de cistos de *Giardia* presentes na água de consumo, o risco de infecção anual encontrado variou de  $1,3 \cdot 10^{-6}$  a  $4,8 \cdot 10^{-3}$ .
- **Baixa sensibilidade dos métodos de detecção = risco subestimado!!!**



# métodos de detecção

- Baixa taxa de recuperação dos métodos de detecção de patógenos e dados de consumo equivocados podem **subestimar ou superestimar** o risco de infecção, doença ou morte encontrados.
- Por esse motivo, é importante desenvolver métodos ou técnicas em que haja uma **taxa de recuperação mais alta**.

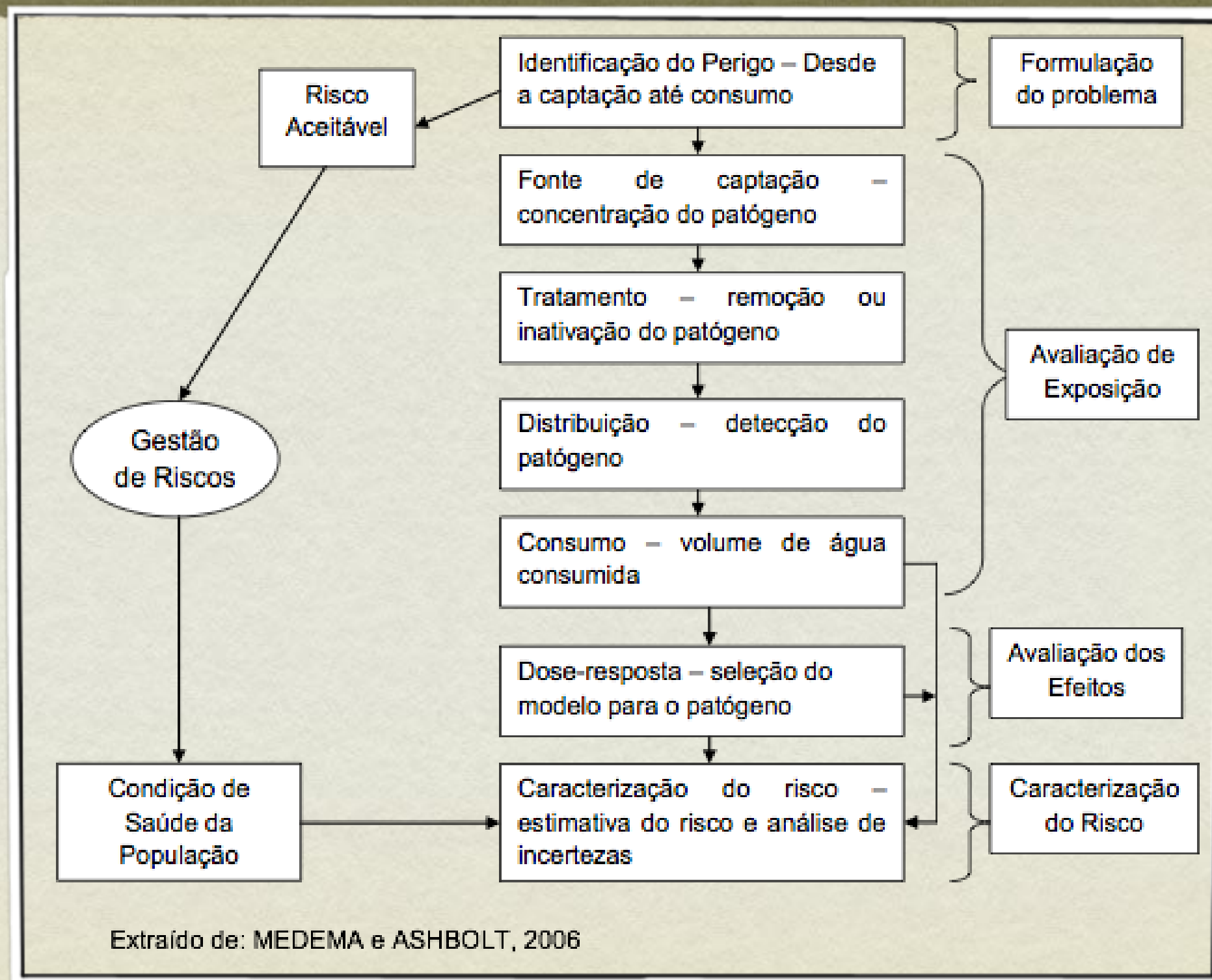


# exemplos: água de consumo humano

- HAAS et al. (1996) utilizaram a avaliação de risco microbiológico para determinar a concentração máxima de oocistos de *Cryptosporidium parvum* em águas de consumo para que o **risco anual de infecção tolerável** não seja superior a  $10^{-4}$ . Os autores concluíram que a concentração de oocistos de *Cryptosporidium parvum* deve ser **igual ou inferior a 0,003/100L** de água de consumo.
- CRABTREE et al. (1997) estimaram os riscos associados à **exposição a adenovírus** presentes em água de consumo fazendo uso do modelo exponencial ( $r=0,4172$ ). Considerando o consumo diário de 2L de água ao dia e concentração de vírus de 1/1000L – 1/100L, a **probabilidade anual de infecção encontrada foi de  $2,3 \cdot 10^{-1}$  e  $9,52 \cdot 10^{-1}$** , respectivamente.



# Etapas da AQRM no plano de segurança da água





# considerações finais

- A avaliação de risco microbiológico é uma importante ferramenta para estimar os riscos associados à patógenos presentes em diversas fontes (água, biossólidos, alimentos, ar e fômites)
- Determinação da dose de patógenos ingerida, inalada ou absorvida, por isso da importância dos resultados provenientes de estudos relacionados ao consumo e exposição de forma a subsidiar a estimativa do risco de infecção e/ou doença.
- É relevante conhecer os dados de consumo no país e levar em conta as regionalidades.
- Aprimoramento dos métodos de detecção de patógenos,
- Importância de estudos epidemiológicos para estimar o risco a que estão expostas as populações suscetíveis como crianças, idosos, gestantes e imunodeprimidos.



# Gerenciamento do risco

- Avaliação de risco caracteriza o risco
- Mas o que devemos fazer com o risco????
- Avaliação de risco deixa claro que estamos desejando aceitar certo risco: uso de produtos comuns, atividades gerais sempre possuem risco!
- Como decidimos o risco aceitável?
- Essa não é uma questão puramente técnica, depende de valores sociais.
- Gerenciamento do risco: valor estatístico da vida.



# considerações finais

- Os resultados provenientes da avaliação quantitativa de risco microbiológico podem:
- Subsidiar e incentivar os gestores a atuarem preventivamente na proteção da saúde humana;
- pelo estabelecimento de **processos e tratamentos** que visem à redução de patógenos nas fontes de águas e biossólidos,
- pelo estabelecimento de **normas, padrões e leis** que regulem a qualidade sanitária das águas de consumo e recreacionais, das águas residuárias para reuso e dos biossólidos.
- discutir políticas públicas e rever legislações vigentes.