

## CONTROLE DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA E PARASITÁRIA EM ÁREAS DE RECREAÇÃO

### MICROBIOLOGICAL AND PARASITOLOGICAL QUALITY CONTROL OF RECREATION AREAS

### CONTROL DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y PARASITOLÓGICA DE LAS ÁREAS DE RECREACIÓN

Adriana Sotero-Martins<sup>1</sup>; Antonio Nascimento Duarte<sup>2</sup>; Elvira Carvajal<sup>3</sup>; Maria Inez de Moura Sarquis<sup>4</sup>; Ormezinda Celeste Cristo Fernandes<sup>5</sup>

**RESUMO:** As áreas de recreação são constituídas por matrizes ambientais de contato primário com a população (água e areia) e por isso precisam ser monitoradas periodicamente, pois podem ser encontrados microrganismos patogênicos que oferecem riscos à saúde humana e animal. Este trabalho teve como objetivos abordar tópicos críticos do saneamento ambiental como uso da água e da areia nos ambientes de recreação, bioindicadores e riscos associados à saúde, doenças causadas por exposição a matrizes ambientais contaminadas e indicar a importância dos bioindicadores nas normativas legais que embasam a fiscalização, para assegurar o monitoramento mais completo e dar suporte as ações dos órgãos de controle ambiental e de saúde. Utilizou-se como instrumental da pesquisa a revisão bibliográfica. No Brasil, há descrito na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente os limites padrões aceitáveis para coliformes encontrados na matriz água utilizada para balneabilidade, mas o mesmo não ocorre para areia. Apenas iniciativas isoladas de órgãos ambientais municipais estabeleceram limites de classificação para a matriz areia, levando-se em conta parâmetros bacteriológicos. Concluiu-se que estudos científicos que possam embasar outros bioindicadores de condições sanitárias estão sendo realizados no Brasil, propondo-se os fungos e parasitas na avaliação da qualidade sanitária das áreas de recreação.

**Descritores:** Qualidade Sanitária; Áreas de Recreação; Coliformes; Parasitas; Bioindicadores.

<sup>1</sup> Bióloga,Doutora em ciências, pesquisadora titular em saúde pública na Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), ENSP/DSSA.E-mail: [adrianasotero@ensp.fiocruz.br](mailto:adrianasotero@ensp.fiocruz.br)

<sup>2</sup> Biólogo;Doutor em ciências,Pesquisador titular em saúde pública na Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), ENSP/DCB.E-mail: [duarte@ensp.fiocruz.br](mailto:duarte@ensp.fiocruz.br)

<sup>3</sup> Bióloga,Doutora em ciências;Professora na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) – IBRAG - DBC.E-mail: [elvcarvajal@hotmail.com](mailto:elvcarvajal@hotmail.com)

<sup>4</sup> Bióloga,Doutora em ciências, Pesquisadora titular em saúde pública na Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), IOC - LTBBF.E-mail: [isarquis@ioc.fiocruz.br](mailto:isarquis@ioc.fiocruz.br)

<sup>5</sup> Doutora em ciências,Pesquisadora titular em saúde pública na Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), ILMD – LBS.E-mail: [ofernandes@amazonia.fiocruz.br](mailto:ofernandes@amazonia.fiocruz.br)

**ABSTRACT:** The recreation areas are composed of environmental matrices primary contact with the population (water and sand) and therefore need to be periodically monitored, because pathogenic microorganisms can be found that offer risks to human and animal health. This study aimed to develop critical topics in environmental sanitation as use of water and sand in recreation places, biomarkers associated with health risks, diseases caused by exposure to contaminated environmental matrices and indicate the importance of bioindicators in laws that underpin the supervisory board, to secure the most complete monitoring and give support the actions of environmental control and health agencies. The literature review was used as instrumental to the research. In Brazil, the acceptable limits standards are described in Resolution by National Environmental Council for coliforms present in bathing water, but not exist to sand matrix. Only isolated initiatives of municipal environmental agencies have established limits for the classification of sand matrix, based on only bacteriological parameters. Concluded that scientific studies may support others biomarkers of sanitary conditions are being conducted in Brazil, proposing fungi and parasites in evaluating the sanitary quality of recreation areas.

**Key words:** Sanitary Quality; Recreation Areas; Coliforms; Parasites; Bioindicators

**RESUMEN:** Las áreas de recreación están compuestas de matrices ambientales de contacto primario con la población (agua y arena) y por lo que debe controlarse periódicamente ya que se pueden encontrar los patógenos que representan un riesgo para la salud humana y animal. Este estudio tuvo como objetivos desarrollar los puntos críticos de saneamiento ambiental como el uso de agua y arena en ambientes de recreación, biomarcadores y riesgos asociados a la salud, las enfermedades causadas por la exposición a matrices ambientales contaminadas y indican la importancia de los biomarcadores en la legislación que subyacen a la supervisión, para garantizar el control más completo y apoyar las acciones de los organismos de control del ambiente y la salud. La revisión de la literatura se utilizó como instrumento de investigación. En Brasil, se describen en la Resolución del Consejo Nacional de Medio Ambiente los límites padrones aceptables para coliformes que se encuentran en la matriz agua utilizada para bañarse, lo mismo no ocurre para la arena. Sólo iniciativas aisladas de los organismos ambientales municipales han establecido límites para la clasificación de matriz arena, teniendo en cuenta los parámetros bacteriológicos. Concluyó que los estudios científicos que puedan apoyar otros biomarcadores de las condiciones de salud se están llevando a cabo em Brasil, siendo propuestos hongos y parásitos en la evaluación de la calidad sanitaria de las áreas recreativas.

**Descritores:** Calidad Sanitária; Áreas de Recreación; Coliformes; Parasitos; Biomarcadores

## INTRODUÇÃO

O conceito clássico de saneamento básico refere-se à implantação de barreiras sanitárias para evitar o contato entre o agente causal patogênico e o hospedeiro, como definido no Plano Nacional de Saneamento (PLANASA). Esse plano, embora tenha relevância, não conseguiu garantir a solução para grandes problemas devido a dissociação entre os diferentes componentes como por exemplo da coleta e do tratamento do esgoto. A evolução desse conceito está no saneamento ambiental, entendido como uma estratégia que visa a melhoria da qualidade de vida, do perfil de saúde da população e das condições ambientais da bacia hidrográfica inserida, integrando a gestão ambiental que comporta recursos hídricos e de saneamento<sup>(1)</sup>. O saneamento ambiental é considerado pré-requisito para a urbanização, pois o cotidiano da população é diretamente influenciado pelas condições da oferta dos serviços de saneamento, pelo conforto representado pela disponibilidade de água nas residências, pela coleta e tratamento do esgoto e do lixo, do manejo das águas fluviais, pela segurança contra cheias e etc.

A falta de infraestrutura sanitária, principalmente nas grandes cidades, agrava problemas como processos erosivos, aumento do escoamento superficial e inundações, que se tornam mais evidentes nas margens dos rios, afetando as pessoas residentes nessas áreas. As políticas adotadas pelos governos no âmbito nacional e regional, através das leis, não dão conta da complexidade dos fatores que geram esses problemas socioambientais e acabam refletindo diretamente na poluição dos recursos hídricos, onde a degradação é mais visível<sup>(2)</sup>. No Brasil, na cidade de Manaus, rodeada por florestas, as grandes empresas, que se instalaram no pólo industrial, receberam incentivos do Estado para sua implantação principalmente na década de 1960. As políticas públicas nacionais e regionais para o desenvolvimento econômico da região Norte não consideraram a degradação socioambiental (recursos naturais e população) que viria junto com essas medidas. Consoante a isto se verifica nessa microbacia, *in locus*, que 100% do esgoto sanitário das casas é lançado em igarapés, fato reconhecido por 97% da população de Manaus. Outro fator agravante é o indicador social que mostra que 67% da população são trabalhadores autônomos, que desenvolvem atividades informais, 36% possuem nível de escolaridade em ensino fundamental e 7% analfabetos. Em função dessas limitações são obrigados a ocuparem as áreas menos valorizadas e degradadas, como as margens dos igarapés. Além disso, 17% do lixo é lançado diretamente nos igarapés, ocasionando assoreamento e erosões, que mudam a dinâmica hidrológica da microbacia da cidade<sup>3</sup>.

As carências de infraestrutura sanitária no Brasil resultam em fontes de poluição concentradas que ocasionam a deteriorização da água e do solo. A interface entre saneamento e recursos hídricos é estreita, pois os mananciais de fonte de água potável tornam-se vulneráveis à

contaminação, assim como a saúde da população. Como esses ambientes degradados podem ser usados como áreas de recreação, o risco para a saúde humana é aumentado. A busca de soluções sustentadas em inovações que envolvam a transversalidade do setor de saneamento básico, voltada para as demandas de melhoria das águas, coleta e tratamento de esgotos, manejo de resíduos sólidos, implementação de sistemas de reuso da água e minimização do lançamento de resíduos no meio ambiente são aliados da saúde pública e da proteção do ambiente<sup>(2)</sup>.

A política nacional de recursos hídricos brasileiros aponta para caminhos que indicam graves falhas na aplicabilidade da lei por parte dos órgãos ambientais, que de certa forma exerce influências negativas no planejamento dessas áreas, em especial nas áreas de proteção permanentes (APPs) em perímetro urbano. As políticas públicas têm papel vital nessa perspectiva e a função deste diagnóstico é propor o uso da microbacia como célula de análise ambiental, onde os governos possam ter um parâmetro real dos problemas existentes e a partir disso implantar projetos coerentes que evitem a degradação ambiental, hídrica e social dos moradores. Uma das alternativas condizentes com a realidade vigente em uma proposta de planejamento ambiental seria a inserção das microbacias hidrográficas como unidades de análise socioambiental onde estejam associados os agentes passivos (recursos naturais) e ativos (ação antrópica)<sup>(2)</sup>.

Visando ações de controle estruturadas na qualidade sanitária da água e do solo utilizadas pela população em áreas de recreação como praias, praças e campos, deve-se fornecer informações seguras sobre os riscos do uso desses ambientes, seja para balneabilidade ou recreação. É imprescindível ter investimentos para atender essas ações e ampliar o conhecimento científico em todos os aspectos relacionados direta ou indiretamente com o setor. São exemplos dessas ações: definir critérios e indicadores específicos sobre a qualidade sanitária dos ecossistemas, estabelecer padrões de comparação, metodologias seguras e de respostas rápidas aos sistemas de controle e dar cumprimento às normas de fiscalização dos órgãos oficiais competentes visando a redução de tais problemas.

## **OBJETIVOS**

Este artigo teve como objetivos discutir temas como uso da água e da areia nos ambientes de recreação, doenças causadas por exposição a matrizes ambientais contaminadas e mostrar que bioindicadores desempenham um papel importante na identificação e prevenção de patologias relacionadas ao uso de áreas de recreação.

## **MÉTODOS**

Estudo de revisão bibliográfica baseado em livros consultados, sites, legislação, artigos originais e de revisão, nos idiomas português e inglês, pesquisados por meio dos descritores qualidade sanitária, áreas de recreação, micro-organismos, parasitas e bioindicadores. Os esforços foram concentrados nas publicações dos últimos dez anos, mas diversos outros trabalhos publicados anteriormente também foram avaliados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Uso da Água**

Todos os organismos vivos têm a água como principal constituinte. Mesmo assim, com o passar dos anos, o homem vem deteriorando a qualidade desse precioso recurso através de ações irresponsáveis e conseqüentemente ameaçando a integridade de sua própria espécie<sup>(4)</sup>. Ao redor do mundo, por toda a plataforma continental e inclusive em mar aberto, observa-se um crescimento das evidências da ação do homem através da presença de fontes pontuais ou não de poluição. A descarga de efluentes como os derivados de poluentes orgânicos alteram a dinâmica dos ecossistemas e traz ameaças como organismos patogênicos, que podem transmitir doenças por via oral, cutânea e vetores, representando um grave risco à saúde e influenciando negativamente nos recursos aquáticos. A concentração da população em áreas urbanas e industriais aumenta virtualmente o consumo de água e vincula as atividades humanas à disponibilidade de águas continentais<sup>(5)</sup>.

Em todo o mundo os ambientes aquáticos são utilizados das formas mais variadas, dentre as quais podemos destacar o abastecimento de água residencial e industrial, a geração de energia, a irrigação, a navegação, a aquicultura, a harmonia paisagística, a dessedentação de animais, a preservação da fauna e da flora, recreação e a diluição e transporte de despejos<sup>(6)</sup>.

Segundo Von Sperling<sup>(6)</sup>, o uso mais nobre da água é representado pelo abastecimento residencial, o qual requer a satisfação de diversos critérios de qualidade. Igualmente importante encontra-se a recreação ou lazer e, ao mesmo tempo, um dos menos lembrados em nosso país. Pode-se observar uma carência na atenção dedicada ao uso da água para recreação, que constitui uma das mais antigas formas de apreciação desse recurso. A questão da balneabilidade das águas ainda é muito restrita, contemplando apenas o monitoramento das praias em regiões litorâneas, onde a concentração de banhistas é mais intensa, sendo muito limitado ou quase inexistente em águas doces, onde o direito dos habitantes ao contato com a água de qualidade é o mesmo.

Devido à ação antrópica, a pequena parcela de água disponível em nosso planeta para consumo vem sendo lentamente reduzida. O crescimento populacional somado ao mau uso e gerenciamento dos recursos e resíduos vem destruindo corpos hídricos. Pode-se tomar como exemplo os lançamentos de rejeitos e seu tratamento inadequado que extrapolam a capacidade de autodepuração do ambiente e expõe a população a sérios riscos à saúde. Tal condição torna necessária uma mobilização na área ambiental e sanitária que vise o desenvolvimento de tecnologias, conhecimentos e estratégias políticas para preservar a qualidade de vida da população<sup>(7)</sup>. Em seu relatório da qualidade da água das praias litorâneas, do ano de 2009, a Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico (CETESB) do Estado de São Paulo<sup>(8)</sup> ressaltou que muitas capitais brasileiras se estabeleceram a beira-mar, mas normalmente a infraestrutura de saneamento não é suficiente, fazendo das praias um destino muito comum para os aportes de esgotos. Assim, a estrutura das cidades litorâneas tem influência direta sobre a qualidade das águas costeiras. Outros fatores que podem influenciar na balneabilidade das praias são sua fisiografia, a coleta e disposição final de resíduos sólidos e as operações de portos e marinas.

Organismos patogênicos causadores de doenças chegam ao meio ambiente quando os esgotos são lançados em corpos receptores sem tratamento prévio, assim como através das excretas de animais e seres humanos, lixo e sedimentos que são carreados pelas águas das chuvas. Ao alcançarem as praias, sejam oceânicas, de baía ou de rios, os corpos de água contaminados trazem consigo bactérias, vírus, fungos e parasitas, deixando seus frequentadores suscetíveis às doenças causadas por eles. Dentre os banhistas, as crianças, idosos e pessoas com baixa resistência têm maior probabilidade de adquirirem infecções ou outras patologias após o contato com águas contaminadas<sup>(8)</sup>.

De acordo com Rouquayrol e Almeida Filho<sup>(9)</sup>, os agentes patogênicos eliminados pelo homem em seus dejetos ou através de poluentes radioativos e químicos oriundos de efluentes industriais ou outros resíduos são transportados pela água e alcançam o homem por diferentes vias. Como exemplo de doenças veiculadas pela ingestão pode-se citar as enteroinfecções em geral, febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar, disenteria amebiana, cólera, hepatite infecciosa, poliomielite e giardíase. Já aquelas veiculadas pelo contato com mucosas e pele seriam esquistossomose, infecções dos olhos, ouvidos, nariz e garganta e doenças de pele.

No Brasil, há instrumentos específicos para a avaliação da evolução da qualidade das águas, tanto nos principais rios como em reservatórios, lagoas costeiras, baías e praias. Em relação aos níveis estabelecidos para balneabilidade, visando garantir condições seguras à recreação de contato primário, está em vigor a Resolução CONAMA nº 274/2000. Pela Resolução, as águas são classificadas como próprias ou impróprias, a partir do resultado de análises microbiológicas ou da

detecção da presença de esgotos, óleos, graxas, maré vermelha, floração de algas tóxicas, incidência de doenças de veiculação hídrica ou outras que contraindiquem o contato primário<sup>(10)</sup>. O monitoramento das áreas de recreação normalmente é realizado mais intensamente nos meses de verão, sendo permanente nas regiões onde o clima favorece o fluxo de banhistas durante todo o ano. A Resolução inclui os indicadores de contaminação fecal como *Escherichia coli* e *Enterococcus*, estabelecendo quatro categorias para classificação das praias de acordo com a densidade de coliformes totais ou fecais encontrada em análises realizadas por cinco semanas consecutivas. Contudo, através da análise dos padrões estabelecidos, não só na legislação brasileira, mas também na legislação internacional e descritos em estudos pertinentes ao tema, observa-se uma variação não só no critério de escolha do indicador utilizado para a realização do monitoramento da qualidade das águas, mas também na metodologia de realização das análises em laboratório. Tal variação tende a gerar divergências quanto aos resultados, sua precisão e sensibilidade, tornando difícil uma comparação criteriosa dos estudos e intervenções. Portanto, inovações nessa área de conhecimento são necessárias.

## Uso da Areia

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) recomendou aos órgãos ambientais a avaliação da qualidade parasitológica e microbiológica da areia para futuras padronizações por meio da Resolução nº 274/2000 no oitavo artigo, que classifica as águas em doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade. Por aquela ocasião, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) do Rio de Janeiro foi de vanguarda e editou a Resolução nº 081/2000. Contudo, esta tinha caráter provisório de dois anos e tratava apenas das condições bacteriológicas, não estabelecendo a análise para fungos e parasitas, assim como não estabelecia indicadores e os respectivos limites para esses microrganismos<sup>(11)</sup>. Muitas doenças de pele, infecções da unha e do couro cabeludo, alergias respiratórias e outros comprometimentos orgânicos estão associados a micoses e doenças parasitárias pelo contato com areia contaminada, com maior risco para crianças e idosos. Em 2010, a SMAC editou uma nova Resolução nº 468, mas continuou sem realizar a avaliação das condições sanitárias quanto à presença de fungos, parasitas e vírus<sup>(12)</sup>.

O Estado de São Paulo também estabeleceu uma legislação para esta matéria, através de um projeto de lei que foi aprovado pela Assembléia Legislativa Estadual no ano de 2008, contudo somente em 2011 é que virou lei, Lei Estadual nº 14.366/2011 e responsabiliza a CETESB pelo monitoramento das areias das praias do litoral, dos rios e represas do estado. No Paraná, também no ano de 2011, foi editado o projeto de lei nº 824 e hoje encontra-se em curso o programa de limpeza

e emissão de boletins da qualidade da areia do litoral pelo Instituto das Águas do Paraná da Secretaria Estadual de Meio Ambiente. Outros estados brasileiros também estão caminhando em direção ao atendimento da Resolução do CONAMA, como o Amazonas<sup>(13)</sup>.

Na Europa, em 2002, a Associação Bandeira Azul da Europa<sup>(14)</sup> estabeleceu valores limites para indicadores sanitários como coliformes totais, *E. coli*, *Enterococcus* intestinais, fungos, dermatófitos e leveduras. Para os indicadores micóticos, tomou como base os resultados obtidos em análises de areia de praias de diferentes níveis de ação antrópica do litoral de Portugal e estabeleceu valores médios para os parâmetros selecionados. Enquanto para os indicadores bacteriológicos, utilizou os mesmos limites aceitos para balneabilidade da água de praia, adaptado-os para areia. No período de 2001/2002, a Associação promoveu a realização do projeto “Qualidade Microbiológica de Areias de Praias Litorais”, orientado para o desenvolvimento de critérios científicos de caracterização da qualidade das areias das praias de Portugal, procurando-se testar indicadores e métodos de aferição da qualidade das areias<sup>(15)</sup>.

De acordo com Boukai<sup>(15)</sup> não foram realizadas pesquisas de fungos patogênicos durante o monitoramento da qualidade sanitária da areia das praias do Rio de Janeiro no período que foi estabelecida a Resolução nº 81/2000 da SMAC. Segundo Sarquis e Oliveira<sup>(16)</sup>, poucas são as referências sobre a microbiota específica da orla litorânea brasileira. A edição da nova Resolução da SMAC nº 468/2010 foi baseada no trabalho de monitoramento realizado pela empresa terceirizada Consultoria Estudos Projetos Ltda (Cohidro). Esta acompanhou por quatro anos a qualidade sanitária bacteriológica das areias de 23 praias do RJ sendo 10 dos 35 pontos de coletas realizados nas praias e ilhas pertencentes a Baía de Guanabara em moldes metodológicos semelhantes aos da antiga Resolução, não sendo realizada a avaliação das condições sanitárias quanto à presença de fungos, parasitas e vírus. Portanto, a Resolução ainda está incompleta do ponto de vista microbiológico e há uma série de ressalvas para serem feitas pela comunidade científica, apesar do espaço temporal entre a antiga Resolução e a nova, pois não foram incorporados metodologias e avanços científicos nesta área. Ressalta-se a importância de padrões nacionais, que deveriam ser editados pelo órgão superior brasileiro, o CONAMA, como ocorre nos países europeus e nos Estados Unidos, que normatizam os padrões de avaliação da qualidade sanitária desses espaços de uso pela população.

## **Bioindicadores Utilizados em Análise de Água e Areia de Recreação e os Riscos Associados**

### **a) Coliformes Totais**

Os coliformes totais são bactérias do grupo coliforme, pertencentes a família *Enterobacteriaceae*, tendo como principais gêneros: *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Proteus* e *Serratia*. Os coliformes são definidos como bastonetes Gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não esporulados, oxidase-negativos, que fermentam lactose com formação de ácido e gás dentro de 24-48h a  $35,0\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , presentes nas fezes de animais homeotermos, indicando indiretamente a presença de fezes humanas<sup>(17-18)</sup>. Por essa razão, nas análises de diferentes matrizes ambientais (água, areia e sedimentos), eles constituem um dos parâmetros mais usados no mundo pelos órgãos ambientais, contudo mais recentemente alguns órgãos de vigilância têm usado outros parâmetros associados. A principal metodologia de detecção ainda é pela técnica de tubos múltiplos, em que se usa, por exemplo, o Caldo Fluorocult LMX, da MERCK, ref. 1.106620 em que amostras previamente diluídas ou não, são semeadas em condições assépticas e incubadas a  $35\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  por 24 e 48h. A leitura é considerada positiva para coliforme total, quando, após incubação, aparece a cor azul esverdeada. Esta reação ocorre pela capacidade da enzima  $\beta$ -D-galactosidase em hidrolisar o substrato cromogênico X-GAL (5-bromo-6-cloro-3-indol- $\beta$ -D-galactopiranosídeo), expressando os resultados em número mais provável (NMP), calculado conforme American Public Health Association (APHA)<sup>19</sup>. Contudo, metodologias mais precisas foram descritas por outros autores<sup>20-22</sup> sendo os resultados expressos em unidade formadora de colônia (UFC).

Na avaliação da qualidade sanitária das praias de Portugal, com o propósito da aplicação dos padrões propostos por Mendes<sup>(23)</sup>, indicaram os *Enterococcus*, que se caracterizam pela alta tolerância às condições adversas de crescimento tais como capacidade de crescer na presença de 6,5 % de cloreto de sódio, a pH 9,6 e nas temperaturas de  $10^{\circ}\text{C}$  a  $45^{\circ}\text{C}$ , de origem fecal humana, embora possam ser isolados de fezes de animais, confirmado pelo CONAMA em 2000, como o melhor bioindicador do que os coliformes totais e coliformes termotolerantes pesquisados. Corroborando com a Environmental Protection Agency (EPA) nos Estados Unidos, a qual publicou, em 1986, um relatório da qualidade de água em que recomendava dois organismos indicadores *Escherichia coli* e *Enterococcus*<sup>24</sup>. O relatório concluiu que esses dois bioindicadores eram os melhores para prever a presença de microrganismos que causam doenças gastrointestinais, do que os coliformes totais e coliformes termotolerantes, bioindicadores utilizados no passado para determinar a segurança das águas de recreio. De igual maneira, no Brasil, a resolução CONAMA nº 274/2000 aboliu os coliformes totais dessa legislação e adicionou os mesmos indicadores americanos. Outras bactérias patogênicas (*Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Shigella sp*, *Staphylococcus sp* e *Vibrio sp*) e não patogênicas foram referenciadas em estudos da qualidade sanitária de areia<sup>(15)</sup>.

## b) *Escherichia coli*

A espécie bacteriana *Escherichia coli* pertencente a família *Enterobacteriaceae*, pode ser identificada e enumerada rapidamente em placas de isolamento ou em caldo, por diversas técnicas baseadas em substratos enzimáticos cromogênicos e/ou fluorogênicos, que envolvem a capacidade de detecção da presença das enzimas específicas  $\beta$ -galactosidase e  $\beta$ -glicuronidase com o emprego de substrato apropriado como o cromogênico ONPG (o-nitrofenil- $\beta$ -D-galactopiranosídeo) que indica a presença de coliformes e o fluorogênico MUG (4-metil-umbeliferil- $\beta$ -D-glicuronídeo) que indica a presença de *Escherichia coli*, consumindo os carbonos do glicuronídeo e liberando 4-metil-umbeliferona, que tem fluorescência azul quando exposto à luz UV (360nm)<sup>(25)</sup>.

Essa espécie cresce em meio complexo a 44-45°C, fermentam lactose e manitol com produção de ácido e gás, produzindo indol a partir do aminoácido triptofano. São abundantes em fezes humanas e de animais de sangue quente, sendo somente encontradas em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente<sup>(10)</sup>. Essas bactérias são carregadas por meio da água de esgoto doméstico, de lixo, vindo, portanto, a contaminar areia e água, assim como outros microrganismos patogênicos<sup>(26)</sup>.

Contudo os padrões de balneabilidade, estabelecidos pela Agência de Proteção Ambiental (EPA, somente recomendam a detecção de *Escherichia coli* para água doce<sup>(19)</sup>. Por outro lado, no Brasil, a Resolução CONAMA nº 274/2000 recomenda o parâmetro *E. coli* para avaliação da qualidade microbiológica de águas doces e salinas e o parâmetro *Enterococcus*, que nos EUA é usado para avaliar a qualidade sanitária de ambas as águas, no Brasil refere-se apenas a águas marinhas.

## c) Fungos

São organismos com células eucarióticas. Algumas espécies podem estar na forma de levedura (unicelular), outras na forma de fungos filamentosos (pluricelular) ou ainda nas duas formas (dimórficas) que se desenvolvem dependendo das condições ambientais e do estresse encontrado.

Muitos gêneros são oportunistas, podendo ser potencialmente patogênicos. Crescem rapidamente, formando colônias maduras em quatro ou cinco dias. Esses são saprófitas, ou seja, vivem de matéria orgânica em decomposição no solo e às vezes se tornam aerotransportados. Como o ser humano inala constantemente os conídios (estruturas assexuadas reprodutivas imóveis) de

fungos oportunistas, as culturas rotineiras de escarro e de outras secreções respiratórias podem revelar algumas colônias desses organismos e como os conídios estão no ar podem contaminar também a pele<sup>(27)</sup>.

As leveduras cumprem as funções vegetativas e reprodutivas. As espécies *Candida albicans* e *Cryptococcus neoformans* são as mais importantes leveduras causadoras de doenças humanas. A primeira espécie pode ser encontrada em fezes humanas e a segunda em excrementos de pombos e outras aves que, no entanto, não são infectados por serem vetores dessa espécie para o ser humano. A principal espécie do gênero *Candida* causadora da candidíase é a *C. albicans*, porém outras espécies não *albicans* como *C. tropicalis*, *C. dubliniensis*, *C. parapsilosis*, *C. krusei* e *C. glabrata* estejam se tornando cada vez mais importantes como agentes etiológicos<sup>27</sup>. Essas tendem a se proliferar mais no verão, podendo ser contraídas em contato com a areia. São leveduras que podem causar infecções cutâneas, das mucosas, principalmente em mulheres, nas unhas e mais raramente infecções disseminadas e profundas em indivíduos debilitados ou imunodeprimidos. Fazem parte desse grupo as espécies que têm mostrado patogenicidade<sup>(28)</sup>.

Os fungos filamentosos podem ser encontrados em diferentes ecossistemas. São organismos heterotróficos que atuam como saprófitas, parasitas ou em simbiose<sup>(29)</sup>. São ricas fontes de metabólitos, com mais de 3000 moléculas caracterizadas, sendo 1600 dessas com propriedades antibióticas ou antitumorais, e uma variedade de moléculas biodegradadoras de matéria orgânica que atuam na manutenção das florestas e no equilíbrio dos ecossistemas. Contudo algumas espécies podem se constituir em patógenos oportunistas caso esse equilíbrio natural seja rompido e, dependendo do impacto ambiental, uma espécie pode prevalecer sobre outras, podendo adquirir resistências devido à força seletiva imposta ao meio, oferecendo risco à saúde das pessoas, animais e ambiente. Assim, o conhecimento da microbiota do solo, além de fundamental para o levantamento taxonômico das populações que ali se encontram, pode levar ao descobrimento de processos metabólicos utilizados por esses organismos, tornando-os importantes para as interações ambientais e em aplicações biotecnológicas<sup>(30)</sup>. Dessas acepções, Sarquis<sup>(16)</sup> e Gomes<sup>(31)</sup>, considerando a importância dos ecossistemas e a escassez de estudos no Brasil que tratam da micota filamentosa em ambientes marinhos e ainda a necessidade do conhecimento da diversidade desses microfungos, realizaram coletas de areia da praia de Ipanema (RJ, Brasil) e areia e água em duas praias de Olinda (PE, Brasil) em que foram isoladas e identificadas com maior ocorrência fungos pertencentes aos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*, corroborando com estudos de contaminação de areia de praias mais referenciados: *Aspergillus* é um gênero de fungos filamentosos, encontrado no ambiente que pode causar Aspergiloses na forma invasiva, oportunistas alérgicas e/ou toxigênicas, podendo infectar diversos órgãos em indivíduos imunossuprimidos e as espécies de *Fusarium*, normalmente

considerados contaminantes, são agentes frequentes de infecções oculares, mais raramente infecções da pele e das unhas e infecções sistêmicas. As espécies deste gênero são potencialmente toxinogênicas<sup>(32)</sup>.

#### **d) Parasitas**

Animais como cães e gatos possuem muitos parasitas próprios, cujas larvas infectantes só completam seu ciclo nesses hospedeiros<sup>(33)</sup>. Eles atuam como hospedeiros definitivos de algumas parasitoses intestinais que assumem grande importância em saúde pública, pois os humanos podem acidentalmente se infectar, resultando em inúmeros agravos à sua saúde e o ambiente de recreação constituído por areia é um dos locais preferidos desses animais para depósito das fezes. Atualmente, um aumento crescente de animais domiciliados e peri-domiciliados ganham acesso a áreas de lazer como praias e praças públicas, aumentando consideravelmente o risco de infecção ao homem. Várias pesquisas foram realizadas no Brasil e no mundo com o intuito de diagnosticar a contaminação do solo por helmintos com potencial zoonótico. Dentre eles destacam-se o *Ancylostoma braziliense*, *Toxocara canis* e *Trichuris sp* por serem os mais frequentes, encontrados diretamente nas fezes dos cães, em areias e terras examinadas<sup>(34)</sup>.

Os geo-helmintos possuem ciclo evolutivo, em parte, ocorrendo predominantemente no solo, que por sua vez pode ser fonte de infecção, contendo larvas infectantes ou ovos, prescindindo de outro hospedeiro além do homem. A maioria das infecções causadas por geo-helmintos ocorre na África subsaariana, nas Américas, China e leste da Ásia. Estimativas recentes da Organização Mundial da Saúde (OMS) sugerem que o *Ascaris lumbricoides* infecta mais de um bilhão de pessoas, enquanto *Trichuris trichiura* 795 milhões e *Ancylostoma duodenale* e *Necator americanus* infectam 740 milhões. Os geo-helmintos ocasionam diarreia, dor abdominal, fraqueza e mal estar geral, afetando o trabalho, a capacidade de aprendizagem e o crescimento. Os Ancilostomídeos causam perda sanguínea intestinal crônica que resultam em anemia. Assim, as doenças transmitidas através do solo são consideradas como um dos mais sérios problemas de saúde pública em virtude dos efeitos na população, alta prevalência e distribuição praticamente mundial<sup>(35)</sup>.

De uma maneira geral, os ovos dos geo-helmintos necessitam de um ambiente propício com boa oxigenação, alta umidade (>90%) e temperatura entre 20°C e 30°C, processando a embriogênese, a formação da larva, e em alguns casos, sua eclosão no meio ambiente<sup>(36)</sup>.

Os ovos dos parasitas atingem o solo através de dejetos humanos ou animais infectados. Após a maturação, podem atingir o hospedeiro por meio da ingestão dos ovos ou da penetração

cutânea. Outras espécies que infectam o homem são *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Ancylostoma duodenale*, *Necator americanus* e *Strongyloides stercoralis*<sup>(37)</sup>.

## **Doenças Causadas por Exposição à Água e Areia**

Existe crescente preocupação dos órgãos ambientais e da sociedade com a significativa contaminação das areias, pelo descarte inadequado de lixo, dejetos de animais ou poluição, que podem carregar bactérias, fungos e parasitas patogênicos<sup>(15)</sup>.

Com base em estudos epidemiológicos, Bonilla<sup>(38)</sup> e Alm<sup>(39)</sup> associaram as doenças intestinais com a exposição à água e/ou areia de recreação com enjôo, vômitos, dores de estômago, diarreia, cefaléia e febre, podendo ocorrer outras manifestações menos graves como infecções dos olhos, ouvidos, nariz e garganta.

De acordo com o estudo realizado pela CETESB, existe forte correlação entre a presença dos patógenos *Escherichia coli* e *Enterococcus* associada à gastroenterite em nadadores assim como *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa* em banhistas, principalmente os que apresentam baixa imunidade<sup>(40)</sup>.

O fato de um local de recreação estar impróprio não significa que todas as pessoas irão contrair alguma dessas doenças neste local. Isso depende das condições imunológicas e do tipo de exposição de cada um. A impropriedade significa que existe o risco de se contrair tais doenças. Dentre os 59 surtos de doenças ocorridos nos EUA entre 1999 e 2000, 61% foram de gastroenterite associados à exposição a águas de recreação<sup>(39)</sup>. Estudo realizado na Espanha em 2001 relacionou, por meio de entrevistas, a exposição à areia contaminada com o aumento de coliforme total e consequentemente com risco à saúde<sup>(41)</sup>. Segundo Lee<sup>(42)</sup>, existe, na literatura, um maior número de estudos epidemiológicos associados à água no Brasil e no exterior do que em areia, principalmente os que associam as doenças intestinais<sup>(38)</sup>. A CETESB concluiu que existe correlação direta entre doença e exposição à águas contaminadas, como também o maior risco em crianças<sup>(8)</sup>. Com níveis de 200 coliformes termotolerantes por 100 mL, há o risco de se contrair doenças gastrintestinais em 15 casos por 1.000 pessoas que frequentam águas marinhas e em 6 casos por 1.000 pessoas que frequentam águas doces<sup>(24)</sup>. Em função disso, há a necessidade de se conduzir investigações e avaliações para estabelecer critérios para o controle da qualidade de águas.

## **CONCLUSÃO**

Conclui-se dessas acepções que é necessário ter limites com múltiplos bioindicadores de risco de patogenicidade relacionado à exposição à areia e à água das áreas de recreação. A definição dos parâmetros relacionados ao risco de exposição constitui elemento de grande facilidade na área de gestão de risco. O monitoramento desses bioindicadores por parte dos órgãos de vigilância em saúde e ambiente, comparando com os parâmetros adequados, pode levar a redução da dificuldade de associar a ocorrência dos patógenos com a obtenção de dados precisos sobre o aparecimento das doenças na população e maior controle do ambiente. A falta de relato adequado sobre o surgimento de determinada enfermidade relacionada à falta de saneamento e da associação entre a qualidade sanitária do ambiente com o risco nele existente demonstra a necessidade de acompanhamento e fiscalização das matrizes ambientais de áreas de recreação. O desconhecimento dos riscos devido à inexistência de monitoramento periódico torna algumas áreas de recreação propícias à transmissão de patógenos. Portanto, constituem problemas de saúde pública.

## REFERÊNCIAS

1. Philippi Junior A, Galvão Junior AC. Gestão do saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário. Coleção ambiental. Barueri: Manole; 2012.
2. Cordeiro BS. Prestação dos serviços públicos de saneamento básico. Lei nacional de saneamento básico: perspectivas para as políticas e gestão dos serviços públicos. Volume 3. Brasília; 2009.
3. Oliveira EG, Rabello A. Planejamento ambiental em bacias hidrográficas: um estudo preliminar de indicadores socioambientais na Microbacia do Quarenta (Manaus-AM). In: Anais do I Congresso Brasileiro de Organização do Espaço; 2010; Rio Claro.Rio Claro: UNESP; 2010. p. 4962-81.
4. Moraes DSL, Jordão BQ. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. Revista Saúde Pública. 2002; 36(3): 370-74.
5. Sandifer PA, Holland AF, Rowles TK, Scott GI. The oceans and human health. Environmental Health Perspectives. 2004; 112(8): A454-5.

6. Von Sperling M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA - UFMG; 2005.
7. Rego JCV. Qualidade sanitária de água e areia de praias da Baía de Guanabara [dissertação]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz; 2010.
8. CETESB. Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico. Qualidade das praias litorâneas do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente; 2009.
9. Rouquayrol MZ, Almeida Filho N. Epidemiologia e saúde. 5ª ed. Rio de Janeiro: MDSI; 1999.
10. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n°274, de 29 de novembro de 2000. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 25 jan. 2001. Seção 1, p. 70-71.
11. Rio de Janeiro (Município). Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Resolução SMAC n.81, de 28 de dezembro de 2000. Dispõe sobre a análise e informações das condições das areias das praias no Município do Rio de Janeiro.
12. Rio de Janeiro. (Município). Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Resolução SMAC n.468 de 28 de janeiro de 2010. Dispõe sobre a análise e informações das condições das areias das praias no Município do Rio de Janeiro.
13. Amaral LS. Monitoramento de parasitos e coliformes como parâmetros de avaliação sanitária de areia e água de praias da Baía de Guanabara [dissertação]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz; 2012.
14. União Européia. Directiva. Proposta de Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho da União Européia de 24 de outubro de 2002. Relativa à qualidade das águas balneares. 2002/ 0254 (COD): 1-42.

15. Boukai N. Qualidade sanitária da areia das praias no município do Rio de Janeiro: diagnóstico e estratégia para monitoramento e controle [dissertação]. Rio de Janeiro: Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2005.
16. Sarquis MIM, Oliveira PC. Diversity of microfungi in the sandy soil of Ipanema Beach, Rio de Janeiro, Brazil. *J. Basic. Microbiol.* 1996; 36(1): 51-58.
17. Pelczar M, Reid R, Chan E. *Microbiologia*. v. II. São Paulo: McGraw-Hill; 1981.
18. Prescott LM. *Microbiology*. In: Mascarenhas A, Martins J, Neves M. Avaliação de tratamento de águas superficiais efetuada na ETA de Alcantarilha com base na análise de indicadores de poluição fecal. Algarve: Univ. Algarve; 1996. Disponível em: [http://www.ualg.pt/npfcma/docs/trab\\_eamb/micro\\_ETA.pdf](http://www.ualg.pt/npfcma/docs/trab_eamb/micro_ETA.pdf).
19. American Public Health Association. APHA. Standard methods for examination of water and waste water. 21th ed. Washington: 2005.
20. Shibata T, Solo-Gabriele HM, Fleming LE, Elmir S. Monitoring marine recreational water quality using multiple microbial indicators in an urban tropical environment. *Water Research.* 2004; 38: 3119-3131.
21. Bonilla TD, Nowosielski K, Cuvelier M, Hartz A, Green M, Esiobu N, McCorquodale DS, Fleisher JM, Rogerson A. Prevalence and distribution of fecal indicator organisms in South Florida beach sand and preliminary assessment of health effects associated with beach sand exposure. *Marine Pollution Bulletin.* 2007; 54: 1472-82.
22. Gronewold AD, Wolpert RL. Modeling the relationship between most probable number (MNP) and colony-forming unit (CFU) estimates of fecal coliform concentration. *Water Research.* 2008; 42: 3327-34.
23. Mendes B, Nascimento MJ, Oliveira JS. Preliminary characterization and proposal of microbiological quality standard of sand beaches. *Water Sci. Technol.* 1993; 27(3-4):453-6.

24. Environmental Protection Agency. (United States). Bacteriological ambient water quality criteria for marine and fresh recreational waters. EPA: Washington, DC; 1986.
25. Manafi M. New developments on chromogenic and fluorogenic culture media. *Int. J. Food Microbiol.* 2000; 60: 205-218.
26. Andraus S. Aspectos microbiológicos da qualidade sanitária das águas do mar e areias das praias de Matinhos, Caiobá e Guaratuba - PR [dissertação]. Paraná: Centro Acadêmico de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Paraná; 2006.
27. Kern ME, Blevins KS. *Micologia médica: texto e atlas.* 2ª ed. São Paulo: Premier; 1999.
28. Associação Bandeira Azul da Europa. Agência Portuguesa do Ambiente. Monitorização da qualidade das areias em zonas balneares: época balnear de 2008. Lisboa, 2008.
29. Silva ENB, Cavalcanti MAQ, Souza-Motta CM. Pathogenicity characteristics of filamentous fungi strains isolated from processed oat. *Revista de Microbiologia.* 1999; 30: 377-80.
30. Gomes DNF. Diversidade e potencial biotecnológico de fungos filamentosos isolados do manguezal Barra das Jangadas, Jaboatão dos Guararapes, Recife [tese]. Recife: Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco; 2007.
31. Gomes DNF, Cavalcanti MAQ, Fernandes MJS, Lima DMM, Passavante JZO. Filamentous fungi isolated from sand and water of "Bairro Novo" and "Casa Caiada" beaches, Olinda, Pernambuco, Brazil. *Braz. J. Biol.* 2008; 68(3): 577-82.
32. Maier LM, Oliveira VR, Rezende KCR, Vieira VDR, Carvalho CR. Avaliação da presença de fungos e bactérias patogênicas nas areias de duas praias de baixo hidrodinamismo e alta ocupação humana no litoral do município do Rio de Janeiro (estudos cariocas). Rio de Janeiro: Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos; 2003.
33. Matesco VC, Mentz MB, Rott MB, Silveira CO. Contaminação sazonal por ovos de helmintos na praia de Ipanema, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev. Pat. Tropical.* 2006; 35: 135-41.

34. Silva PF, Cavalcanti IMD, Irmão JI, Rocha FJ. Common beach sand contamination due to enteroparasites on the southern coast of Pernambuco state, Brazil. *Rev. Inst. de Medicina Tropical de São Paulo*. 2009; 51: 217-8.
35. Mello CBS. Avaliação parasitológica e contaminação sazonal de areias de parques públicos na região da zona leste da cidade de São Paulo [dissertação]. São Paulo: Departamento de Saúde Ambiental, Universidade de São Paulo; 2010.
36. Rey L. Parasitologia. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2008.
37. Anaruma FF. Toxocaríase humana e parasitoses intestinais em áreas sob o risco de enchentes no município de Campinas, Estado de São Paulo, Brasil [tese]. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de Campinas; 2002.
38. Bonilla TD, Nowosielsk K, Auvelier M, Hartz A, Green M. Prevalence and distribution of fecal indicator organisms in South Florida beach sand and preliminary assessment of health effects associated with beach sand exposure. *Marine Pollution Bulletin*. 2007; 54:1472-82.
39. Alm EW, Burke J, Spain A. Fecal indicator bacteria are abundant in wet sand at freshwater beaches. *Water Research*. 2003; 37: 3978-82.
40. Sato MIZ, Di Bari M, Lamparelli CC, Truzzi AC, Coelho LS, Hachich EM. Qualidade sanitária de areia de praias recreacionais em São Paulo. *Braz. Jour. of Microbiology*. 2005; 36: 321-6.
41. Prieto MD, Lopez B, Juanes JA, Revilla JA, Llorca J, Delgado-Rodríguez M. Recreation in coastal waters: health risks associated with bathing in sea water. *J. Epidemiol. Community Health*. 2001; 55: 442-7.
42. Lee SH, Levy DA, Craub GF, Beach MJ, Calderon RL. Surveillance for waterborne disease outbreaks: United States, 1999-2000. *Morb. Mortal Wkly Rep*. 2002; 51: 1-45

Conflict of interest: No

Date of first submission: 2013-03-11

Last received: 2013-04-16

Accepted: 2013-09-26

Publishing: 2013-09-30

**Corresponding Address**

Dra. Adriana Sotero-Martins

FIOCRUZ – ENSP – DSSA

Rua Leopoldo Bulhões, 1480 – Sala 511

Manguinhos – RJ – RJ – CEP 21041-210

e-mail : [adrianasotero@ensp.fiocruz.br](mailto:adrianasotero@ensp.fiocruz.br).

telefone para contato: (021) 2598-2568 /

Celular (021) 9855-2001