

# INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE POLUIÇÃO FECAL NA DESEMBOCADURA DA GAMBOA OLHO D'ÁGUA, PARANÁ: SUBSÍDIO PARA O MONITORAMENTO DA BALNEABILIDADE NO BRASIL

## MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF FECAL POLLUTION IN THE MOUTH OF OLHO D'ÁGUA TIDAL CREEK, PARANA: A SUBSIDY FOR MONITORING BALNEABILITY IN BRAZIL

**Flávio Antunes Miquelante<sup>1</sup> e Hedda Elisabeth Kolm<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Endereço para contato: Universidade Federal do Paraná. Centro de Estudos do Mar. Caixa Postal 61, CEP: 83.255-976. Balneário Pontal do Sul, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. Telefone: (41) 3511-8626. Fax: (41) 3511-8648. E-mail: <fmiquelant@hotmail.com><sup>1</sup>, <hedda@ufpr.br><sup>2</sup>

*Recebido para publicação em 12/05/2011*

*Aceito para publicação em 12/06/2011*

### RESUMO

Estudos de contaminação, através de análises de coliformes totais e termotolerantes, em águas de recreação, são importantes tanto para a saúde humana quanto para a qualidade ambiental. Foi objetivo deste estudo analisar a abundância das enterobactérias na desembocadura da Gamboa Olho d'Água e praia adjacente, em diferentes alturas da maré (preamar e baixa-mar), correlacionando-as com parâmetros ambientais (salinidade, temperatura, potencial hidrogeniônico, oxigênio dissolvido e precipitação). Para isso foram realizadas, entre dezembro de 2003 e janeiro de 2005, cinco coletas de água superficial em três pontos (um na gamboa e dois na praia adjacente), nas preamares e baixa-mares. Os coliformes totais e termotolerantes foram determinados pelo método dos tubos múltiplos. Os dados de precipitação e de alturas de marés foram cedidos pelo Laboratório de Física Marinha do Centro de Estudos do Mar da UFPR. No período estudado os menores valores de salinidade, pH, oxigênio dissolvido e maiores de coliformes totais e termotolerantes foram registrados na gamboa. Nos demais pontos foram observados grandes reduções destes micro-organismos pela miscigenação da água da gamboa com a do mar adjacente. Comparando todos os pontos, não foram constatadas grandes diferenças na variabilidade de coliformes entre as marés. Entretanto, comparando-se somente os da praia, a contaminação fecal foi significativamente maior ( $p = 0,039$ ) durante a baixa-mar, principalmente nos períodos de alta pluviosidade. Sugere-se, portanto, que doravante as coletas de monitoramento de balneabilidade levem em consideração a altura da maré e os índices pluviométricos.

Palavras-chave: Enterobactérias. Maré. Balneabilidade. Gamboa.

## ABSTRACT

Contamination studies, through analyses of total and thermotolerant coliforms in recreation waters, are important for human health as for the environmental quality. The aim of this study was to analyze the abundance of the enterobacteria in the mouth of the Olho d'Água tidal creek and adjacent beach, in different tidal heights (high tide and low tide), correlating them with environmental parameters (salinity, temperature, potential hydrogenionic, dissolved oxygen and rainfall). Five samples of surface water in three points (one in the tidal creek and two in the adjacent beach), in high tide and low tide were collected between December 2003 and January 2005. The total coliforms and thermotolerants were determined by the multiple tubes method. Rainfall data and tidal heights were obtained from the Laboratory of Marine Physics of the Centro de Estudos do Mar/UFPR. In the studied period the smallest values of salinity, pH, dissolved oxygen and higher values of total coliforms and thermotolerants were recorded in the tidal creek. In the other points great reductions of these microorganisms were observed by the miscegenation of the tidal creek water with the water of the adjacent sea. Comparing all points, great differences were not verified in the coliforms variability among the tides. However, comparing the contamination of the beach only, fecal contamination was significantly higher ( $p = 0,039$ ) during the low tide, mainly in the periods of high rainfall. It is suggested, therefore, that from now on sampling for monitoring balneability should consider the height of the tide and rainfall indexes.

Keywords: Enterobacteria. Tide. Balneability. Tidal creek.

## 1. Introdução

No Brasil, a qualidade das águas costeiras de uso recreacional é avaliada pela Resolução 274/2000 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Segundo esse regulamento, a avaliação das condições sanitárias é conduzida através da detecção de indicadores microbiológicos de poluição fecal. Além disso, estabelece critérios, baseados em padrões de contaminação, que visam identificar as condições de balneabilidade de um determinado local.

O grupo dos coliformes são bactérias pertencentes à família *Enterobacteriaceae* que tradicionalmente são usados como organismos indicadores de qualidade das águas. A maioria dos seus representantes é naturalmente encontrada em ambientes enriquecidos com matéria orgânica (NEILL, 2004). No entanto, a termotolerante *Escherichia coli* habita exclusivamente a flora

intestinal normal de aves e mamíferos. Os coliformes termotolerantes distinguem-se dos totais por resistirem às elevadas temperaturas (DALE et al., 2001). Este subgrupo dos coliformes totais, mesmo contendo espécies não exclusivas do trato intestinal, inclui como membro mais comum a *Escherichia coli* (AN et al., 2002). Dessa forma, a densidade de termotolerantes na água fornece uma estimativa do grau de contaminação fecal à qual o ambiente está exposto.

Além disso, a sua presença em águas recreativas pode representar risco potencial à saúde de seus usuários, pois indica a presença de uma variedade de patogênicos microbianos de origem fecal, como *Campylobacter*, *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, *Aeromonas*, *Vibrio*, protozoários, fungos e vários grupos de vírus (MOE, 1997 apud DIONÍSIO et al., 2000; SAVICHTCHEVA; OKABE, 2006). Todavia, a concentração dos coliformes no ambiente é afetada pelas condições

ambientais que atuam no momento das avaliações, fato algumas vezes ignorado nos procedimentos amostrais de enterobactérias para balneabilidade.

Muitos estudos enfocam a importância dos fatores ambientais na dinâmica dessas bactérias indicadoras de poluição fecal na água, tanto por óbvias preocupações de saúde pública como pelo interesse de avaliar a magnitude e natureza do declínio dos coliformes no ambiente (DIONISIO et al., 2000; CROWTHER et al., 2001; NOBLE et al., 2004). Os resultados destas investigações sugerem o envolvimento de diversos fatores individuais influenciando, com magnitude variada de importância, a sobrevivência e dispersão desses micro-organismos (ALKAN et al., 1995).

Os diversos fatores físico-químicos, como insuficiência de nutrientes, elevado pH, salinidade (ROZEN; BELKIN, 2001), maior índice de oxigênio dissolvido (CURTIS et al., 1992) e exposição à irradiação solar (SINTON et al., 1994; BURKHARDT et al., 2000) podem causar, em curto período de tempo, a inativação ou mortalidade dos coliformes no ambiente. As condições climáticas como chuva e vento (CROWTHER et al., 2001, GABUTTI et al., 2004), e movimentos da maré (MILL et al., 2006) são alguns dos parâmetros que provocam a dispersão desses micro-organismos no ambiente e conseqüentemente influenciam na sua abundância.

Regiões costeiras, principalmente estuários e praias que recebem cursos d'água e sofrem influência da maré, podem estar sujeitas a uma considerável variação na qualidade da água.

Neste contexto as gamboas, também chamadas de "rios de maré", são importantes por interligar o meio terrestre ao marinho. Realizam o transporte de água doce, calor, matéria orgânica, nutrientes e contaminantes do continente para o mar. Nestes cursos d'água, o aporte de água doce é originário do afloramento do lençol freático, das precipitações e, quando próximos de povoados, de esgotos domésticos e/ou industriais. O lançamento

sem controle de esgotos compromete a qualidade da água, prejudica a saúde da população, a atividade turística e os recursos naturais marinhos.

No município de Pontal do Paraná, a Gamboa do Olho d'Água é a mais impactada. Siqueira et al., (2009) registraram, em um estudo comparativo de quatro gamboas, valores muito baixos de oxigênio dissolvido (chegando a anóxico) e muito altos de amônio, fosfato, coliformes totais e de termotolerantes, além de grandes quantidades de macrófitas em três pontos desta gamboa. Além disto, análises de monitoramento de balneabilidade, feitas ao longo dos anos pelo IAP (Instituto Ambiental do Paraná), mostram que as águas das áreas adjacentes são impróprias para banho.

O objetivo do estudo foi analisar a variabilidade da abundância das enterobactérias (coliformes totais e termotolerantes) na desembocadura da Gamboa Olho d'Água e nas praias adjacentes, em diferentes alturas da maré (preamar e baixa-mar), correlacionando-as com parâmetros ambientais (salinidade, temperatura, potencial hidrogeniônico, oxigênio dissolvido e precipitação).

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Área estudada

O município de Pontal do Paraná está localizado no litoral paranaense, ao sul da entrada do Complexo Estuarino de Paranaguá, e é constituído por 48 balneários distribuídos por toda sua extensão (Figs. 1A e B). Esta região é caracterizada como sendo de clima subtropical úmido mesotérmico, com regime de maré semidiurno, variando entre 0,5 e 2 m (BORZONE; SOUZA, 1997). Possui 17.820 habitantes permanentes (IBGE, 2009) que sofrem um aumento substancial pela afluência de turistas, principalmente no período de verão. Este fato implica em importantes conseqüências ambientais, ainda mais por ter como principal fonte de recursos as atividades voltadas ao atendimento

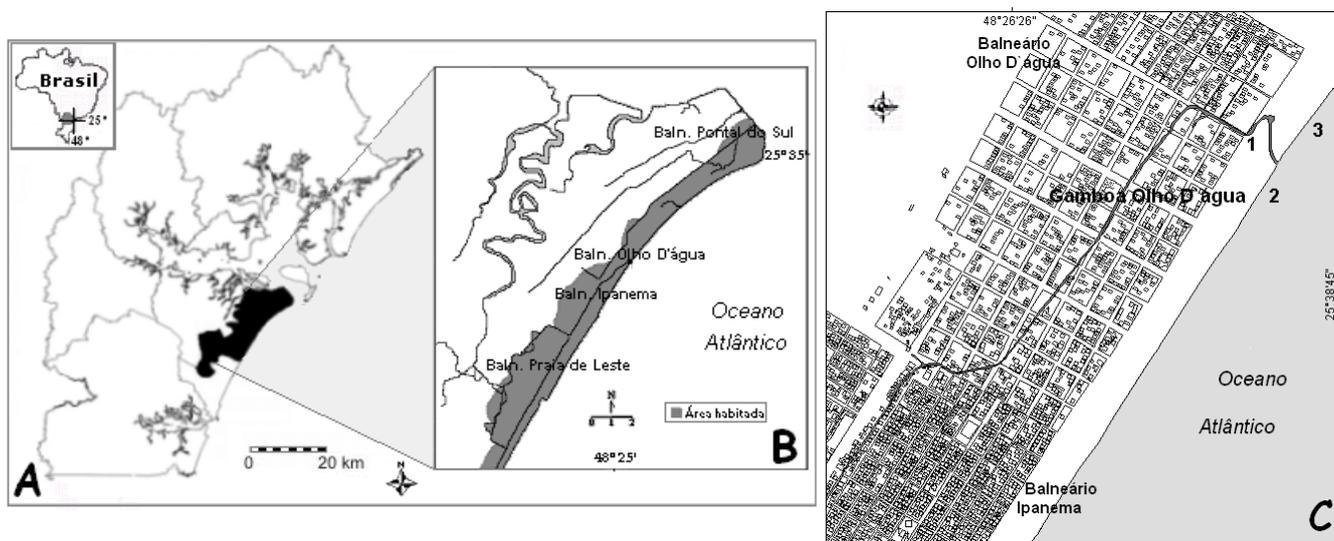
dos veranistas e porque não possuía, na época em que foi feita a presente pesquisa, nenhum sistema eficaz de tratamento de esgotos.

Todas as gamboas do município vêm sofrendo, em maior ou menor grau, influências antrópicas. Dentre os principais impactos estão as dragagens de seus leitos, interligações com canais de escoamento e a recepção de águas pluviais e de esgotos. A Gamboa Olho d'Água possui cerca de 2,7 km de extensão, desemboca em praia exposta e é interligada a montante a vários canais artificiais. Por atravessar áreas urbanizadas do Balneário de Ipanema (Fig. 1C), que não dispõe de um sistema adequado de tratamento de esgoto, serve de receptor de inúmeros esgotos domésticos que são carreados por ela até o mar. Recebe ainda, segundo

informações da Prefeitura Municipal de Pontal do Paraná, águas do rio Peri, localizado à montante e que escoam, no período de chuvas, parte do chorume oriundo da terceira lagoa (lagoa de polimento) do aterro sanitário da região.

Segundo Siqueira et al. (2009) o setor da gamboa que atravessa o Balneário de Ipanema permanece, a maior parte do período, encoberto por gramíneas e *Pistia stratiotes*. Segundo Kolm (*com.pess.*), moradores retiram periodicamente a macrófita para aumento do fluxo d'água, evitando alagamentos. Ainda Siqueira et al. (2009), baseados em Bricker et al. (2003), encontraram características de eutrofização entre abril de 2003 e abril de 2004 com valores máximos no verão.

**Figura 1** - A) Mapa com a localização do município de Pontal do Paraná no litoral paranaense; B) Mapa ampliado do município com seus principais balneários; C) Mapa da Gamboa Olho d'Água com a localização dos pontos de coleta.



Fonte: Prefeitura Municipal de Pontal do Paraná (modificado).

## 2.2 Delineamento amostral e análises de laboratório

Entre dezembro de 2003 e janeiro de 2005, incluindo período de alta temporada (dezembro de 2003 e 2004 e janeiro de 2004 e 2005) e de baixa temporada (julho de 2004), foram realizadas, nas baixa-mares e preamares, coletas de águas superficiais em três pontos amostrais

(Fig. 1C). O ponto 1 estava localizado próximo da desembocadura da gamboa, o ponto 2 na praia adjacente, 100 m ao sul, e o último (ponto 3) a 200 m ao norte da mesma desembocadura. A distância entre um ponto e outro foi tomada com auxílio de uma trena em cada período amostral. Todas as análises foram realizadas com réplicas. As distâncias da gamboa até os pontos 2 e 3 foram selecionadas por terem sido utilizadas,

na época da presente pesquisa, pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP) para monitoramento de balneabilidade. Todas as águas foram coletadas com auxílio de um vasilhame plástico acoplado a um cabo de madeira descrito por Kolm e Andretta (2003) e as dos pontos 2 e 3 foram realizadas na isóbata de um metro. No último período amostral, as águas foram coletadas em maré de quadratura, buscando assim um período de grande concentração populacional. As demais coletas foram efetuadas nas marés de sizígia.

A precipitação (representada pela soma de até três dias anteriores incluindo o dia da coleta até a hora amostrada) foi obtida pela Estação Meteorológica Campbell – CM10, localizada no Balneário de Pontal do Sul.

Para o cálculo da altura da maré foi utilizada a previsão de maré astronômica no canal da Galheta, localizado enfrente à Pontal do Sul, fornecida pelo Laboratório de Física Marinha do Centro de Estudos do Mar – Universidade Federal do Paraná. A altura da maré foi obtida pela extrapolação dos dados fornecidos para os horários exatos em cada ponto de coleta.

É importante ressaltar que, ao contrário dos demais dias de coleta, no dia 03/01/2005 a preamar foi no período da manhã e a baixa-mar à tarde. Para melhor representação gráfica os resultados foram mantidos na sequência preamar/baixa-mar.

A temperatura da água superficial foi determinada com termômetro de mercúrio (escala 1/100°C), salinidade com refratômetro (ATAGO, S/MILL), potencial hidrogeniônico (pH) com peagâmetro portátil digital (ANALION, PM-602) e a porcentagem de saturação do oxigênio dissolvido pelo método de Winkler (GRASSHOFF et al., 1983).

O número mais provável (NMP) dos coliformes totais e os termotolerantes foram quantificados através do Método dos Tubos Múltiplos, de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*

(GREENBERG et al., 1985). Respeitou-se para todas as amostras o limite máximo de 24 horas entre a coleta e a análise.

Na primeira coleta foram utilizadas as diluições de  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$  (ponto 1) e de  $10^0$ ,  $10^{-1}$  e  $10^{-2}$  (pontos 2 e 3). Nos demais períodos as diluições foram de  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$  nos três pontos. A menor diluição com valores positivos foi utilizada na avaliação dos resultados.

As principais fontes de variabilidade nas comunidades bacterianas foram identificadas, para os dois períodos de maré, através da Análise de Variância Unifatorial (ANOVA) ( $p < 0,05$ ) e, depois de logaritmizados ( $\ln$ ), submetidos à Análise dos Componentes Principais (ACP). Para melhor visualização dos resultados a ACP foi aplicada incluindo todas as estações e excluindo a estação 1 (gamboa), por possuir massa d'água bem distinta das demais.

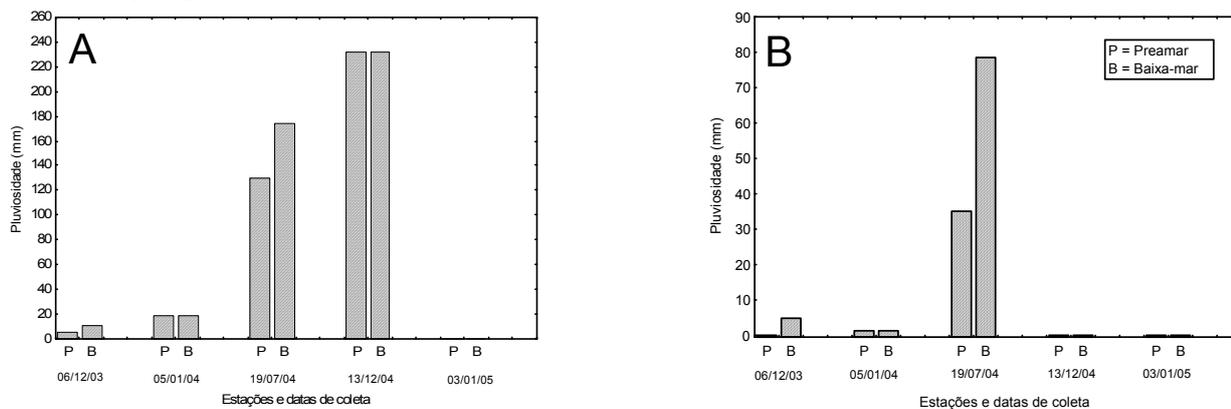
### 3. Resultados

Os valores de pluviosidade dos três dias que antecederam a coleta foram elevados e atingiram 173,74 mm na baixa-mar de julho e 231,39 mm nas duas marés em dezembro de 2004. Valores mínimos (0,254 mm) foram registrados nas duas marés em janeiro de 2005 (Fig. 2A). Entretanto, no dia da coleta só foi registrada chuva intensa (entre 35,05 e 78,49 mm) no inverno (julho de 2004) (Fig. 2B).

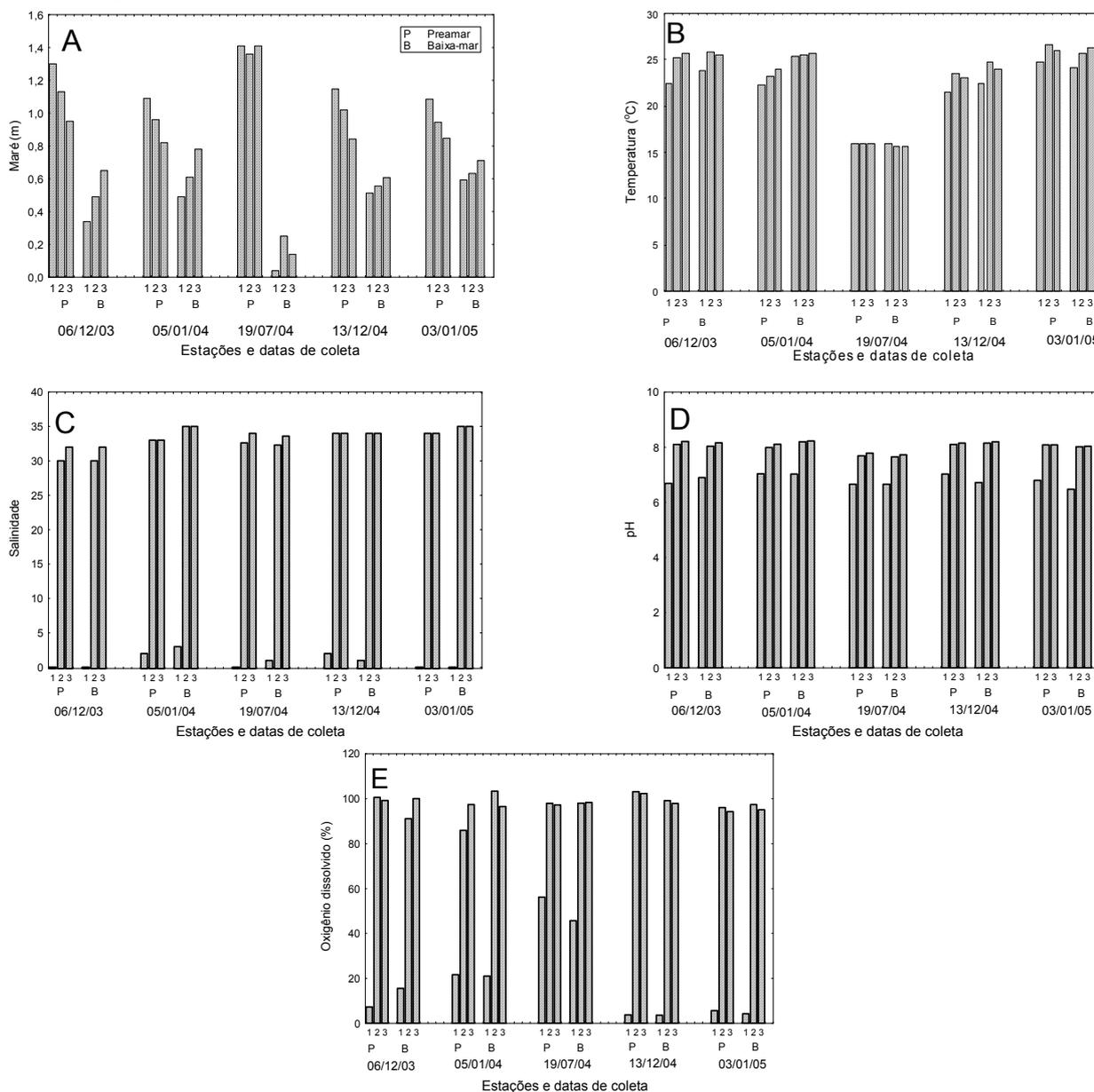
A altura da maré variou entre 0,04 m (baixa-mar no ponto 1) e 1,41 m (preamar nos pontos 1 e 3), todas registradas no dia 19 de julho de 2004 (Fig. 3A).

A temperatura mínima (15,60°C) foi registrada nos pontos 2 e 3 durante a preamar de inverno (julho de 2004) e a máxima (26,60°C) no ponto 2 durante a preamar de janeiro de 2005. Nos períodos de verão as temperaturas da água foram mais elevadas na praia (pontos 2 e 3) que as da gamboa (ponto 1). No inverno as temperaturas foram similares entre os três pontos (Fig. 3B).

**Figura 2** - Precipitação durante o período estudado. A) Valor de três dias antes da coleta somado ao do dia da coleta; B) Valor da precipitação no dia da coleta.



**Figura 3** - Valores absolutos médios de: A) Maré; B) Temperatura; C) Salinidade; D) pH; e E) Oxigênio dissolvido ao longo do período estudado.



Na gamboa, os valores de salinidade foram muito baixos e variaram entre 0 e 11. Na água da praia variaram entre 30 no ponto 2 nas duas marés em dezembro de 2003; e 35 nos dois pontos durante a baixa-mar de janeiro de 2004 e a baixa-mar de janeiro de 2005 (Fig. 3C).

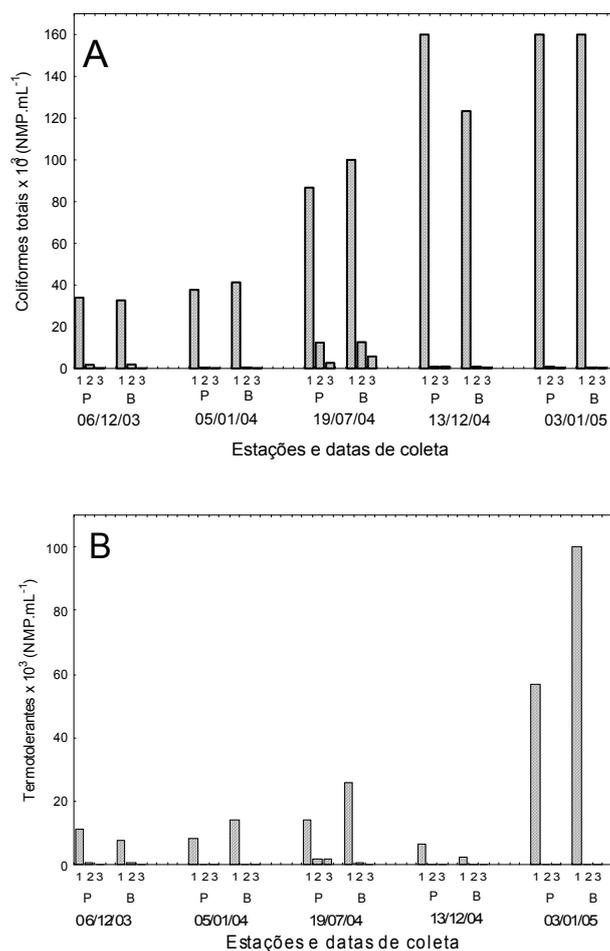
Da mesma forma, os valores de pH foram menores nas águas da gamboa, variando entre 6,48 na baixa-mar, em janeiro de 2005, e 7,04 na baixa-mar, em janeiro de 2004. Nos de praia, seus valores variaram entre 7,65 no ponto 2 em julho de 2004 e 8,23 no ponto 3 em janeiro de 2004, ambas na baixa-mar (Fig. 3D).

Os valores de oxigênio dissolvido também foram extremamente baixos na gamboa (com um mínimo de 3,81% durante a baixa-mar de dezembro

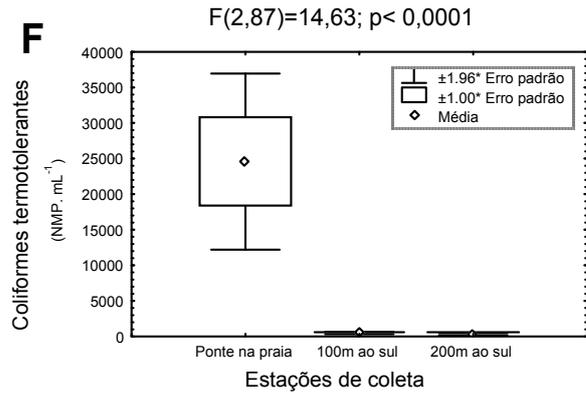
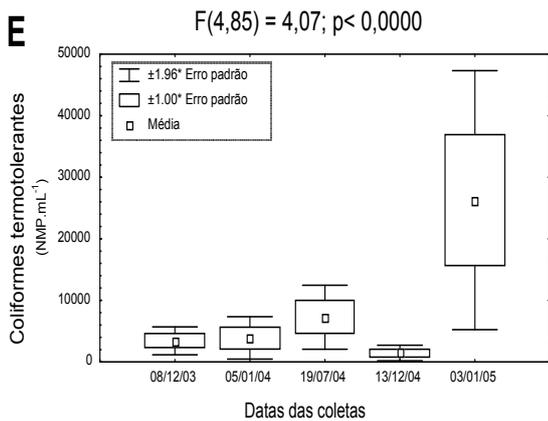
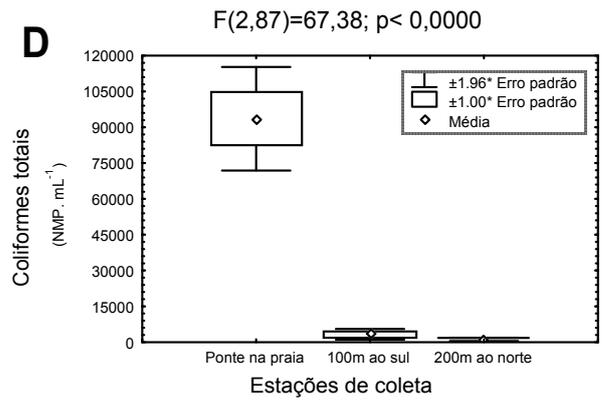
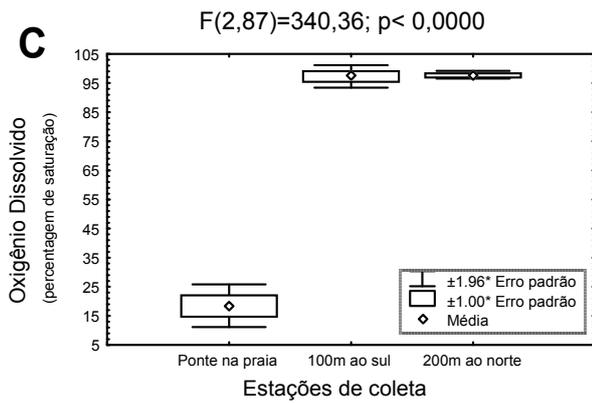
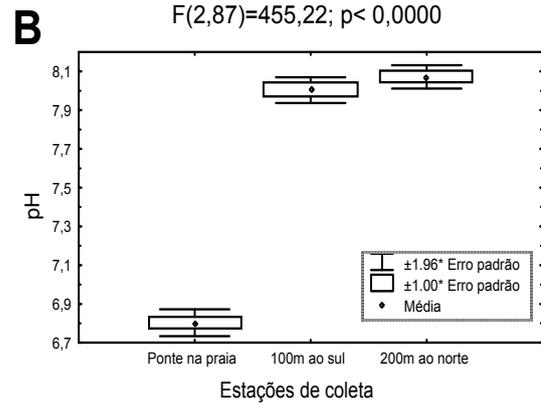
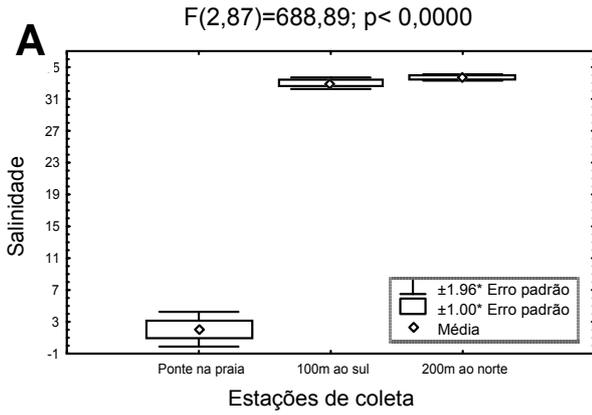
de 2004) no verão, e no inverno variaram entre 45,73% nabaixa-mar e 56,18% na preamar. Ao contrário, nas águas dos pontos na praia ele variou entre 103,33% na baixa-mar e 85,92% na preamar (ambos no ponto 2 em janeiro de 2004), mantendo-se sempre próximos aos 100% de saturação (Fig. 3E).

Os valores de coliformes totais foram, ao longo de todo o período estudado, mais elevados na gamboa, com máximos de 160.000 NMP.100 mL<sup>-1</sup> na preamar de dezembro de 2004 e nas duas marés em janeiro de 2005. No ponto 2, a 100 metros ao sul da gamboa, atingiram os máximos de 12.667 NMP.100 mL<sup>-1</sup> e no ponto 3, a 200 metros ao norte, de 5.800 NMP.100 mL<sup>-1</sup>, ambos na baixa-mar de julho de 2004 (Fig. 4A).

**Figura 4** - Valores absolutos médios de: A) Coliformes totais; B) Coliformes termotolerantes.



**Figura 5** - Resultado das ANOVA's de: A) Salinidade nas três estações de coleta; B) pH nas três estações de coleta; C) Oxigênio dissolvido nas três estações de coleta; D) Coliformes totais nas três estações de coleta; E) Coliformes termotolerantes ao longo do período estudado; e F) Coliformes termotolerantes nas três estações de coleta.



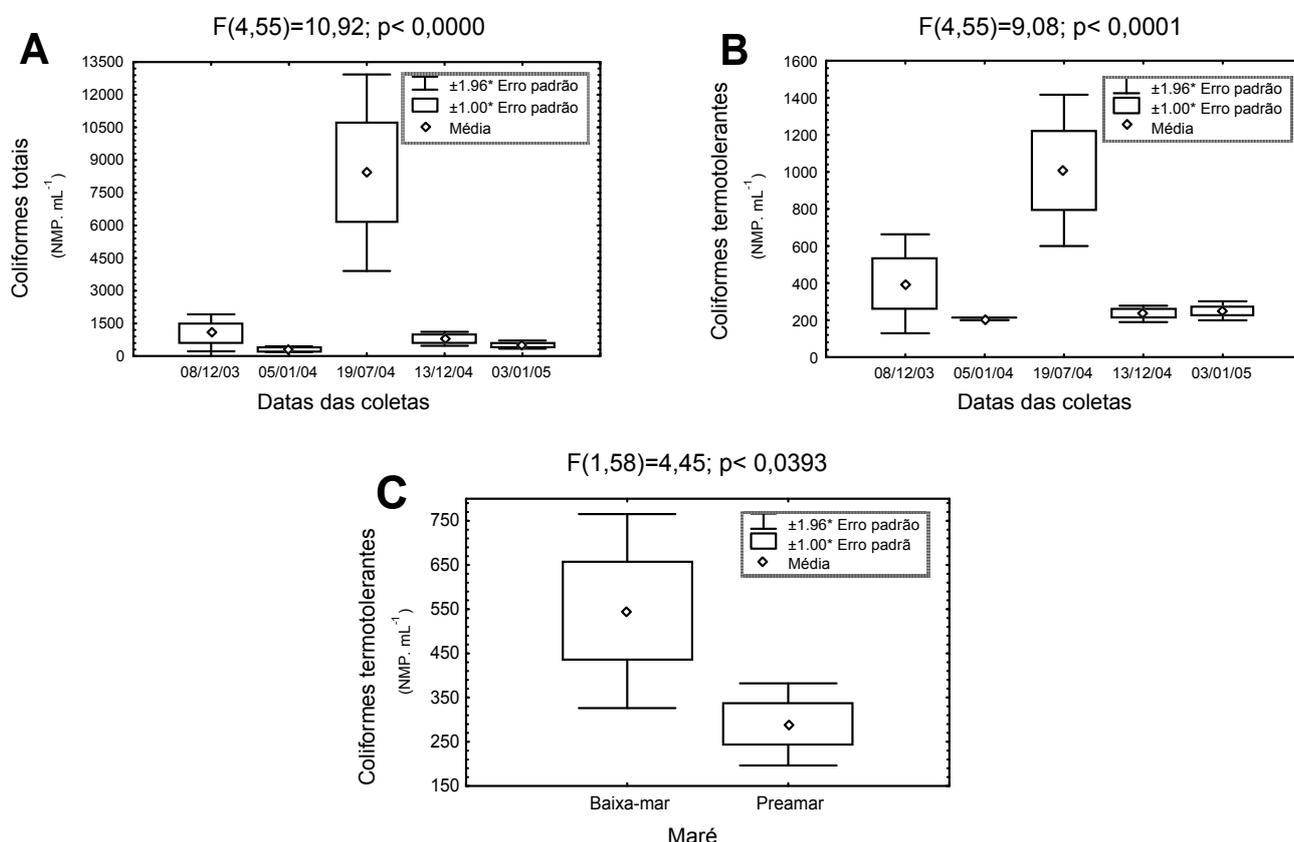
Da mesma forma os valores de coliformes termotolerantes foram mais elevados na gamboa ao longo de todo o período, atingindo um máximo de 100.000 NMP.100 mL<sup>-1</sup> na baixa-mar de janeiro de 2005 (Fig. 4B). Considerando-se somente os valores dos pontos 2 e 3, observou-se que em julho de 2004 os valores foram mais elevados nos dois pontos (1.500 e 1.733 NMP.100 mL<sup>-1</sup>, respectivamente) durante a preamar. Com exceção de dezembro de 2003 em que no ponto 2 foram registrados 800 NMP.100 mL<sup>-1</sup> de coliformes termotolerantes e no ponto 3 somente 27 NMP.100 mL<sup>-1</sup>, ambos durante a preamar, nos demais meses os valores entre os pontos foram similares. A menor quantidade desses micro-organismos (27 NMP.100 mL<sup>-1</sup>) foi registrada no ponto 3 na preamar de dezembro de 2003.

As diferenças observadas nos valores de salinidade (Fig. 5A), pH (Fig. 5B) e oxigênio dissolvido (Fig. 5C) entre os pontos amostrais, foram significativas, com valores mais elevados na praia e os de coliformes totais (Fig. 5D) na gamboa. Ao contrário, as diferenças destes parâmetros ao longo do período estudado não foram significativas.

As diferenças na variabilidade dos coliformes termotolerantes foram significativas tanto entre os períodos estudados, com valores mais elevados em janeiro de 2005 (Fig. 5E), quanto entre as estações, com valores mais elevados na gamboa (Fig. 5F).

Nos pontos 2 e 3, tanto os coliformes totais (Fig. 6A) quanto os termotolerantes (Fig. 6B) foram mais elevados em julho de 2004 e os termotolerantes foram mais elevados durante a baixa-mar (Fig. 6C).

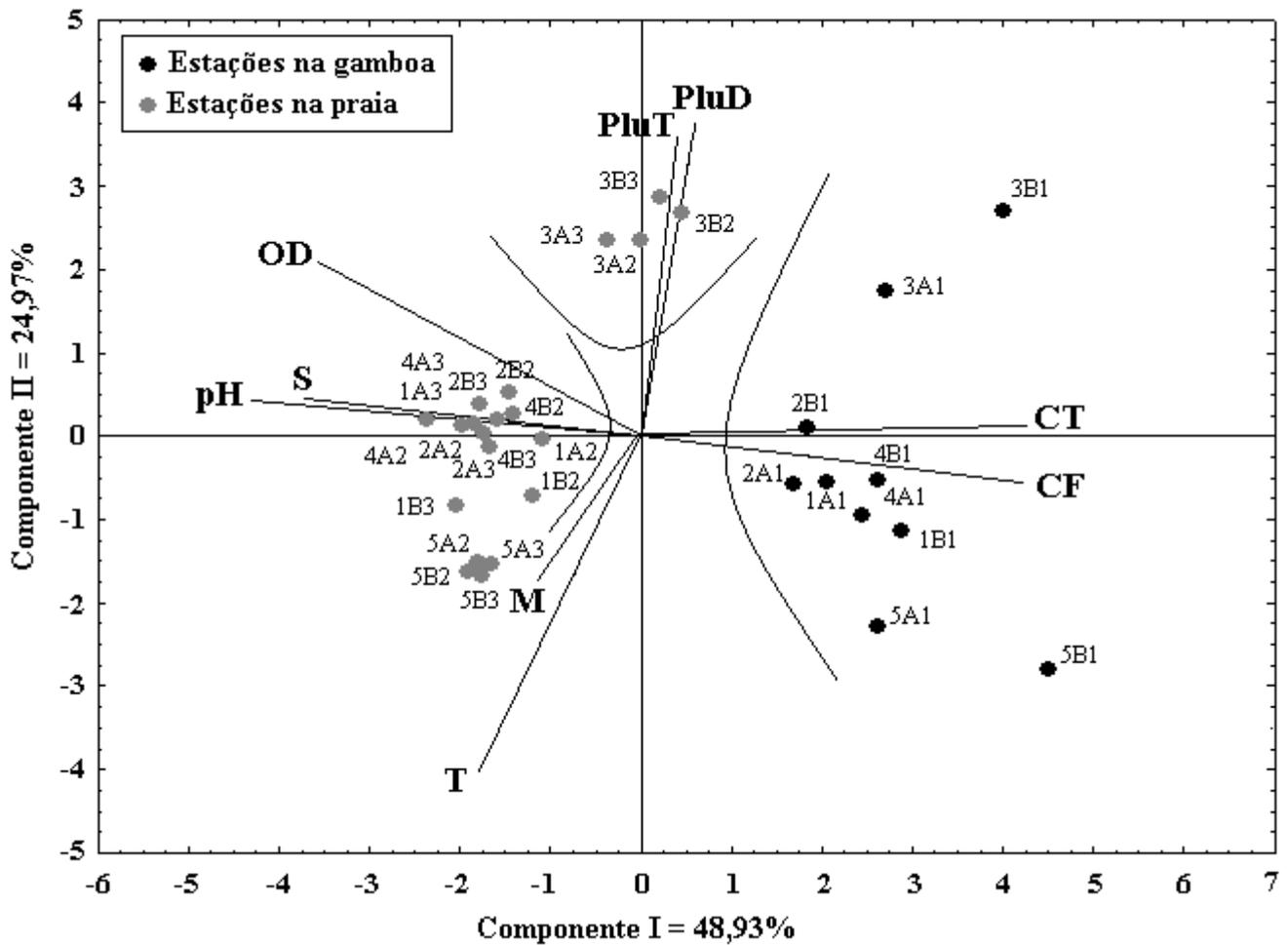
**Figura 6** - Resultado das ANOVA's de: A) Coliformes totais nas estações 2 e 3 ao longo do período estudado; B) Coliformes termotolerantes nas estações 2 e 3 ao longo do período estudado; C) Coliformes termotolerantes das estações 2 e 3 nas marés.



O primeiro componente da Análise dos Componentes Principais (Fig. 7), realizada com os parâmetros dos três pontos amostrais, explicou 49% da variabilidade dos dados. A correlação foi positiva entre os coliformes totais e termotolerantes e negativa com a salinidade, o pH e o oxigênio dissolvido nas duas marés no ponto 1 (gamboa). Nos verões (dezembro de 2003 e de 2004 e janeiro de 2003 e 2004), pelo contrário, os pontos na praia

apresentaram correlação positiva com o pH, a salinidade e o oxigênio dissolvido e negativa com os coliformes. O segundo componente explicou 25% da variabilidade e mostrou correlação positiva da pluviosidade (do dia e da dos três dias antes da coleta somadas à do dia da coleta) e negativa com a temperatura e a maré nos pontos da praia no inverno.

Figura 7 - Representação gráfica da Análise dos Componentes Principais dos dados bióticos e abióticos das três estações.



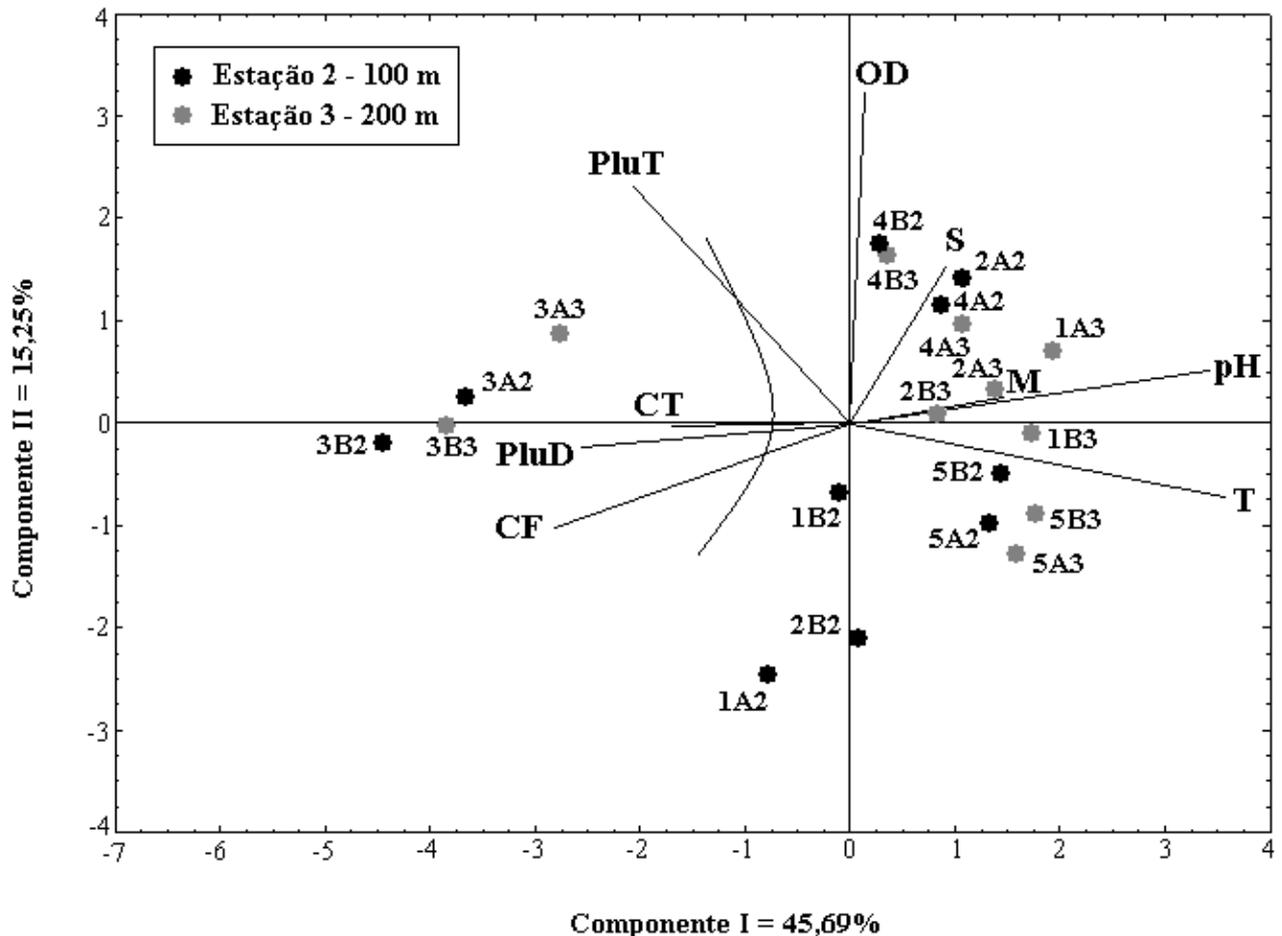
CF= Coliformes termotolerantes; CT= Coliformes totais; OD= Oxigênio dissolvido; pH= Potenciais hidrogeniônicos; S= Salinidade e T= Temperatura. A= preamar, B= baixa-mar. Antes das letras: 1= 08/12/03; 2= 05/01/04; 3= 19/07/04; 4= 13/12/04; e 5= 03/01/05. Depois das letras: 1= gamboa, 2= 100 m ao sul da gamboa; 3= 200 m ao norte da gamboa.

Na Figura 8 encontra-se representada a Análise dos Componentes Principais dos parâmetros bióticos e abióticos obtidos somente nos pontos da praia (estações 2 e 3). Seu primeiro componente explicou 46% da variabilidade e mostrou correlação positiva do pH, da temperatura e da maré, e negativa da pluviosidade do dia da coleta, dos coliformes totais e dos termotolerantes, principalmente em janeiro de 2005 nos dois pontos (100 m ao sul e 200 m ao norte da gamboa) e duas marés, e

em dezembro de 2003 no ponto 3 (200 m ao norte) e duas marés. O contrário pode ser observado nos dois pontos e marés no inverno.

O segundo componente explicou 15% da variabilidade e mostrou correlação positiva do oxigênio dissolvido e, em menor escala da salinidade, principalmente na baixa-mar dos dois pontos em dezembro de 2004 e negativa destes parâmetros no ponto 2, nas duas marés, em dezembro de 2003 e na baixa-mar de janeiro de 2004.

**Figura 8** - Representação gráfica da Análise dos Componentes Principais dos dados bióticos e abióticos das duas estações da praia.



CF= Coliformes termotolerantes; CT= Coliformes totais; OD= Oxigênio dissolvido; pH= Potenciais Hidrogeniônicos; S= Salinidade e T= Temperatura. A = preamar, B = baixa-mar. Antes das letras: 1= 08/12/03; 2= 05/01/04; 3= 19/07/04; 4= 13/12/04 e 5= 03/01/05. Depois das letras: 1 = gamboa; 2 = 100 m ao sul da gamboa; 3 = 200 m ao norte da gamboa;

#### 4. Discussão

O clima do município de Pontal do Paraná é definido, segundo Maack (1981), como sendo tropical de transição. Apresenta variações consideráveis de temperatura e conseqüentemente de pluviosidade entre o inverno e o verão. Essas características refletiram nos resultados do presente estudo com as temperaturas da água significativamente menores no inverno. Embora considerada época de seca na região, as maiores pluviosidades foram registradas no inverno.

Pesquisas realizadas na Gamboa do Perequê por Kolm e Andretta (2002) e Joucoski et al. (2004) mostraram que na Gamboa do Perequê os valores de coliformes totais e *Escherichia coli* são mais elevados durante as baixa-mares. Resultados contrários puderam ser observados na presente pesquisa, pois não houve variação, na gamboa, destes parâmetros com a variação da maré. Apesar da sua proximidade, há uma grande diferença entre as gamboas do Perequê e do Olho d'Água. Enquanto a Gamboa do Perequê está sujeita ao fluxo e refluxo das marés a do Olho d'Água quase não recebe aporte marinho. Este fato pode ser confirmado pelos baixos valores de salinidade observados neste local, tanto na preamar quanto na baixa-mar. Resultados semelhantes foram observados por Siqueira et al. (2009). As autoras acreditam que tais características estão relacionadas com a configuração do perfil da praia. A intrusão de águas salinas, mais pobres em nutrientes e menos contaminadas, miscigena-se com a água doce na Gamboa do Perequê, reduzindo assim a quantidade de *Escherichia coli* lá existentes. A menor intrusão de água salina na Gamboa do Olho d'Água faz com que os valores de coliformes totais e termotolerantes não se alterem com a variação da maré. Entretanto, houve variação desses micro-organismos nos pontos da praia com a inversão da maré, o que sugere que durante a baixa-mar

as águas altamente contaminadas da gamboa se distribuíam pela orla da praia adjacente.

Águas doces apresentam pH mais ácido que águas salinas. Assim como esperado, o pH da gamboa foi menor que o do mar adjacente. Observações visuais ainda sugerem que suas águas contenham grandes quantidades de substâncias húmicas que podem beneficiar a redução do pH. Da mesma forma, os menores valores de oxigênio dissolvido, anóxicos em duas réplicas (uma na preamar e outra na baixa-mar) de dezembro de 2003, foram na gamboa. Resultados semelhantes foram registrados por Siqueira et al. (2009). Segundo as autoras tais resultados podem ser provocados pela baixa renovação da água, pelo aporte de grandes quantidades de matéria orgânica provenientes não só da vegetação, formada principalmente de macrófitas aquáticas, mas também dos esgotos domésticos. Além disto, foi observada, a montante da estação estudada, uma película de gordura superficial que impede a interação entre a água e o ar. Os valores mais elevados de oxigênio dissolvido observados nesta região no inverno podem estar relacionados com a maior pluviosidade observada principalmente no dia da coleta e estar beneficiando assim a sobrevivência dos coliformes termotolerantes. Entretanto, os altos valores desses micro-organismos observados em janeiro de 2005 na gamboa devem ter sido diretamente influenciados pela grande quantidade de veranistas existentes na região no período do ano-novo.

É importante ressaltar ainda que as quantidades de oxigênio dissolvido registradas no mar adjacente encontram-se próximas aos valores de saturação, semelhantes aos frequentemente encontrados nas águas da baía de Paranaguá (REBELLO; BRANDINI, 1990; MACHADO et al., 1997; KOLM et al., 2002).

Os resultados mostram ainda que os menores valores de coliformes termotolerantes foram registrados no ponto localizado a 200 m ao norte da desembocadura da gamboa durante a preamar.

Tais observações indicam que, apesar da força da corrente de deriva, nesta região houve maior miscigenação das águas originárias da gamboa com as águas marinhas que na estação localizada a 100 m ao sul.

Assim como no presente estudo, Vieira et al. (2002) também encontraram valores de coliformes termotolerantes menores nas águas marinhas adjacentes que os observados em três galerias pluviais de Fortaleza, Ceará. Entretanto, ao contrário do observado nas águas marinhas próximas da Gamboa do Olho d'Água, os autores observaram valores menores destes micro-organismos no mar adjacente durante as baixa-mares. Assim, ao contrário do observado em Fortaleza, onde a preamar contribui para o aumento da poluição da zona costeira, na região do Paraná estudada nesta pesquisa ela contribui para uma redução da mesma.

Assim como os coliformes termotolerantes, os maiores valores de coliformes totais também foram observados na gamboa. Em um estudo feito por Kolm et al. (2002) em águas superficiais das baías de Paranaguá e Antonina, os autores encontraram valores extremamente altos desses micro-organismos na região interna pouco impactada, e sugeriram que parte deles podem ser autóctones ou se desenvolvam em solos e águas e que sejam levadas ao interior do estuário, principalmente pelos rios. Tais observações podem ser confirmadas na presente pesquisa onde, apesar da redução dos coliformes termotolerantes na gamboa em dezembro de 2004, houve aumento gradativo dos coliformes totais. Entretanto, resultados semelhantes quanto à miscigenação das águas da praia, obtidos para os termotolerantes, puderam ser observados para os coliformes totais.

Apesar da análise de coliformes termotolerantes não ter sido feita com o intuito de efetuar um monitoramento de balneabilidade, não correspondendo às exigências da Resolução 274/2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, os resultados mostraram que, dentre as

águas analisadas, as das estações 2 e 3 apresentaram classificação de água própria para banho em todas as campanhas, exceto na realizada no inverno, período de alta pluviosidade, durante a baixa-mar. Entretanto, na estação 1 todas as amostras analisadas apresentaram valores de coliformes termotolerantes acima dos permitidos pela legislação, fazendo com que o ambiente tenha sido impróprio para recreação durante todo o período estudado.

Os resultados obtidos na presente pesquisa sugerem que, quando do intuito de avaliar características das águas para balneabilidade, doravante sejam feitas coletas em baixa-mares, principalmente em períodos de fortes chuvas.

## 5. Conclusão

Avaliando-se os resultados de todas as estações estudadas, pode ser observado que os valores de salinidade, pH, oxigênio dissolvido, maré e temperatura foram mais elevados na praia. Já os de coliformes totais e de termotolerantes foram mais elevados na gamboa, principalmente em janeiro de 2005.

Analisando-se somente as estações da praia, os maiores valores de coliformes totais e termotolerantes foram observados no inverno, período que coincidiu com a maior pluviosidade do dia da coleta. Além disso, os valores mais elevados de coliformes termotolerantes foram observados, principalmente em período de fortes chuvas, nas duas estações da praia, durante a baixa-mar.

Os resultados obtidos na presente pesquisa sugerem que, quando do intuito de avaliar características das águas para balneabilidade, doravante sejam feitas coletas em baixa-mares, principalmente em períodos de fortes chuvas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à MSc. Luciana Serenski de Lima pelo auxílio nas primeiras coletas,

à dra. Adriana Siqueira pelo auxílio nas análises de coliformes, ao prof. dr. Marco Fábio Maia Corrêa pelas valiosas contribuições e correção do trabalho e à prof<sup>a</sup> dr<sup>a</sup> Theresinha Monteiro Absher pela tradução do resumo para o inglês.

## REFERÊNCIAS

- ALKAN, U.; ELLIOTT, D. J.; EVISON, L. M. Survival of enteric bacteria in relation to simulated solar radiation and other environmental factors in marine waters. **Water Research**, v. 29 n.9, p. 2071-2081, 1995.
- AN, Y. J.; KAMPBELL, D. H.; BREIDENBACH, G. P. *Escherichia coli* and total coliforms in water and sediments at lake marinas. **Environmental Pollution**, v.120, p. 771-778, 2002.
- BORZONE, C. A.; SOUZA, J. R. B. Estrutura da macrofauna bentônica no supra, meso e infralitoral de uma praia arenosa do sul do Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, v. 3, p. 197-212, 1997.
- BRICKER, S. B.; FERREIRA, J. G.; SIMAS, T. An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. **Ecological Modelling**, v. 169, p. 39-60, 2003.
- BURKHARDT, W.; CALCI, K. R.; WATKINS, W. D.; RIPPEY, S. R.; CHIRTEL, S. J. Inactivation of indicator microorganisms in estuarine waters. **Water Research**, v. 34 n. 8, p. 2207-2214, 2000.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2000. Resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000.
- CROWTHER, J.; KAY, D.; WYER, M. D. Relationships between microbial water quality and environmental conditions in coastal recreational waters: The Fylde Coast, UK. **Water Research**, v. 35, n. 17, p. 4029-4038, 2001.
- CURTIS, T. P.; MARA, D. D.; SILVA, S. A. Influence of pH, oxygen, and humic substances on ability of sunlight to damage fecal coliform in waste stabilization pond water. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 58, p. 1335-1343, 1992.
- DALE, W.; GRIFFIN, D. W.; LIPP, E. K.; McLAUGHLIN, M. R.; ROSE, J. B. Marine recreation and public health microbiology: quest for the ideal indicator. **BioScience**, v.51, n.10, p.817-25, 2001.
- DIONISIO, L. P. C.; RHEINHEIMER, G.; BORREGO, J. J.; Microbiological pollution of Ria Formosa (South of Portugal). **Marine Pollution Bulletin**, v.40, n.2, p.186-93, 2000.
- GABUTTI, G.; DE DONNO, A.; ERROI, R.; LIACI, D.; BAGORDO, F.; MONTAGNA, M. T. Relationship between indicators of faecal pollution and presence of pathogenic microorganisms in coastal seawaters. **Journal of Coastal Research**, v. 20, n. 3, p. 846-52, 2004.
- GRASSHOFF, K., EHRHARDT, M., KREMLING, K. **Methods of seawater analysis**. 2.ed., Weinheim: Verlag Chemie, 1983. 419 p.
- GREENBERG, A. E.; TRUSSEL, R. R.; CLESCERI, L. S. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 16.ed. Washington DC: American Public Health Association. 1985. 1268 p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: 20 maio 2010.
- JOUCOSKI, J.; MARENZI, A. W. C.; KOLM, H. E. Temporal variation of bacteria through a spring tide cycle on a fixed site at the Perequê Tidal Creek, Paraná, Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 39, p. 1132-1134, 2004.
- KOLM, H. E.; SCHOENENBERGER, M. F. B.; PIEMONT, M. R.; SOUZA, P. S. A.; SCHNELL E SCÜHL, G.; MUCCIATTO, M. B.; MAZZUCO, R. Spatial variation of bacteria in surface waters of Paranaguá and Antonina Bays, Paraná, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 1, p. 27- 34, 2002.
- KOLM, H. E.; ANDRETTA, L. Bacterioplankton in different tides of the Perequê Tidal Creek, Pontal do Sul, Paraná, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 34, n. 2, p. 97-103, 2003.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2 ed. Rio de Janeiro. J. Olympio/ Curitiba, Secretaria da Cultura e Esporte do Estado do Paraná. 1981. 442p.
- MACHADO, E. C.; DANIEL, C. B.; BRANDINI, N.; QUEIROZ, R. L. V. Temporal and spatial dynamics of nutrients and particulate suspended matter in Paranaguá Bay, Pr, Brazil. **Nerítica**, v.11, p.15-34, 1997.
- MILL, A.; SCHLACHER, T.; KAOULI, M. Tidal and longitudinal variation of faecal indicator bacteria in an estuarine creek in south-east Queensland, Austrália. **Marine Pollution Bulletin**, v.52, n.8, p.881-891, 2006.
- MOE, C. L. Waterborne transmission of infectious agents. Manual of environmental microbiology. In: DIONISIO, L. P. C., RHEINHEIMER, G., BORREGO, J. J. Microbiological pollution of Ria Formosa (South of Portugal). **Marine Pollution Bulletin**, v.40, n.2, p.186-193, 2000.
- NEILL, M. Microbiological indices for total coliform and *E. coli* bacteria in estuarine waters. **Marine Pollution Bulletin**, v.49, p.752-760, 2004.
- NOBLE, R. T.; LEE, I. M.; SCHIFF, K. C. Inactivation of indicator micro-organisms from various sources of faecal contamination in seawater and freshwater. **Journal of Applied Microbiology**, v.96, p. 464- 472, 2004.

REBELLO, J.; BRANDINI, F.P. Variação temporal de parâmetros hidrográficos e material particulado em suspensão em dois pontos fixos da Baía de Paranaguá, Paraná (junho/87 – fevereiro/88). **Nerítica**, v.5, p.95-111, 1990.

ROZEN, Y.; BELKIN, S. Survival of enteric bacteria in seawater. **FEMS Microbiology Reviews**, v.25, p.513-529, 2001.

SAVITCHCHEVA, O.; OKABE, S. Alternative indicators of fecal pollution: relations with pathogens and conventional indicators, current methodologies for direct pathogen monitoring and future application perspectives. **Water Research**, v.40, p.2463-2476, 2006.

SINTON, L. W.; DAVIES-COLLEY, R. J.; BELL, R. G. Inactivation of enterococci and fecal coliforms from sewage and meatworks effluents in seawater chambers. **Applied and Environmental Microbiology**, v.60, n.6, p.2040 – 2048, 1994.

SIQUEIRA, A.; GODINHO, M. J. L.; KOLM, H. E.; MACHADO, E. C. Evaluations of the water quality of Tidal Creeks of Pontal do Paraná, Paraná, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, n.2, p.483-492, 2009.

VIEIRA, R. H. S. F.; CATTER, K. M.; SAKER-SAMPAIO, S.; RODRIGUES, D. P.; THEOPHILO, G. N. D.; FONTELES-FILHO, A. A. The stormwater drain system as a pollution vector of the seashore in Fortaleza (Ceará State, Brazil). **Brazilian Journal of Microbiology**, v.33, p.294-298, 2002.