

**ambiente**



# **MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS COSTAIS DO TERRITÓRIO DE MACAU\***

*Ku Pou Va\*\**, *Weiruo Sun\*\**, *Cheang Fai\*\**, *Cheok Hon Kao\*\**,  
*Cheang Sao Man\*\*\**, *Lei Iun Fan\*\*\**,  
*Maria Marcelina Morais\*\*\*\**  
*Laboratório de Saúde Pública, Serviços de Saúde de Macau*

## **INTRODUÇÃO**

O Laboratório de Saúde Pública (LSP) deu início ao programa de monitorização da qualidade das águas do estuário no final de 1988. Este programa foi implementado continuamente desde essa altura, sendo submetido a adaptações sempre que necessário. O objectivo do programa é o de avaliar a qualidade das águas circundantes de Macau, Taipa e Coloane e facultar ao Governo do Território uma base de dados continuamente actualizada, que possibilite a tomada de acções conducentes à sua melhoria. Anteriormente foram elaborados três relatórios sobre este assunto, correspondendo à actividade desenvolvida entre 1988 e 1992. Este artigo apresenta uma sinopse da avaliação efectuada sobre a qualidade das águas no período compreendido entre 1993 e 1996.

Macau é composto por uma península e pelas ilhas de Taipa e Coloane, com áreas respectivas de 7,49, 5,69 e 7,78 km<sup>2</sup> (dados divulgados pelos Serviços de Cartografia e Cadastro em 1997). Macau localiza-se na costa do sul da China, aproximadamente a 60 km oeste de Hong Kong e a 145 km sul de Cantão (figura 1). O território está situado na parte sul do estuário do Rio das Pérolas. O Rio do Oeste e o Rio das Pérolas constituem assim as principais fontes de água doce que afectam as águas circundantes de Macau, o primeiro a oeste e o segundo a este.

Macau é uma superfície densamente povoada. Calcula-se em 415 850 (de acordo com o Censo de 1995, revisto em 1997, do Serviço de Estatística e Censos) o número de habitantes do Território, dos quais 95 por cento se

---

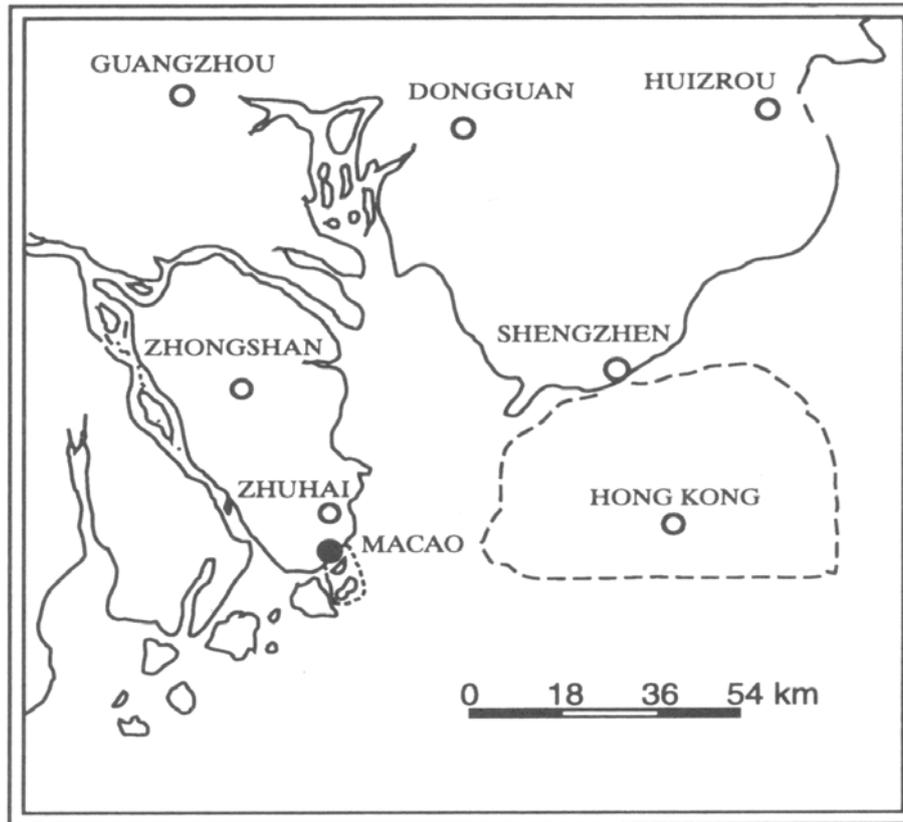
\* Este trabalho contou com a colaboração das seguintes pessoas: Carlos José Martins Nobre, Chiu Wai Sam, Choi I Wa, Ho Choi Lin, Lai Fong Leng, Lao Hio Ian, Lou Sok I, Mou Va Kei, Ng Man Kei e Tang Chi Hong, técnicos do Laboratório de Saúde Pública, dos Serviços de Saúde de Macau.

\*\* Químicos.

\*\*\* Bacteriologistas.

\*\*\*\* Directora do Laboratório de Saúde Pública.

**Figura 1: Localização geográfica de Macau**



concentram na península de Macau. O desenvolvimento económico que tem caracterizado o Território tem conduzido a um incremento da actividade humana e a um volume crescente de águas residuais lançadas na área do estuário. Apesar deste quadro, é só em Abril de 1996 que a primeira estação de tratamento de águas residuais inicia as suas actividades. Antes dessa data, todo o tipo de águas residuais, quer de origem industrial, doméstica ou provenientes da precipitação, eram directamente lançadas no estuário sem qualquer espécie de tratamento prévio. Por este motivo, as águas circundantes do Território têm recebido ao longo do tempo uma carga pesada de resíduos líquidos não tratados que é a grande responsável pela poluição que actualmente se constata.

Contudo, a qualidade da água que circunda o território encontra-se também sujeita à influência da qualidade da água proveniente dos dois rios que alimentam o estuário, bem como da intrusão da água do Mar do Sul da China. Como resultado, se por um lado os poluentes resultantes das actividades locais podem diluir-se em consequência da renovação de águas provenientes da corrente dos rios e do ciclo de marés, por outro lado, a concentração de poluentes a montante pode manter-se significativamente elevada se não houver um tratamento prévio dos resíduos lançados à água na área norte do delta.

## **1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA**

### **1.1. OBJECTIVO**

O objectivo do programa é o de avaliar o estado da qualidade das águas circundantes da península de Macau e das ilhas de Taipa e

Coloane e de fornecer às autoridades competentes do Território uma base de dados continuamente actualizada que possibilite a tomada de medidas apropriadas à sua melhoria.

## 1.2. ANTECEDENTES DO PROGRAMA

A primeira fase da avaliação da qualidade das águas estuarinas começou no final de 1988 e nessa altura foram seleccionados dez locais de recolha de amostras (à volta de Macau, Taipa e Coloane) que foram submetidas a análises físico-químicas e microbiológicas. Em 1989, a actividade de avaliação foi desenvolvida de modo a transformar-se num programa de monitorização continuada, tendo como referência um programa semelhante a decorrer em Hong Kong. Graças ao apoio logístico dos Serviços de Marinha, que facultaram o barco e o piloto, foi possível proceder à recolha de amostras duas vezes por mês, às terças-feiras. As amostras, obtidas pelo método «grab and catch» à superfície da água, eram posteriormente analisadas de acordo com métodos standardizados.

Em 1991 foram introduzidas algumas modificações no programa. Primeiro foram acrescentadas mais duas estações de recolha de amostras, por forma a obter-se informação relativa a toda a área envolvente do território. De seguida, e para obviar a variações ligadas ao ciclo de marés, fez-se um esforço no sentido de proceder à recolha das amostras apenas quando a água se encontrasse em determinada altura. Finalmente, foram introduzidos novos parâmetros químicos que permitissem uma caracterização mais pormenorizada da qualidade das águas.

Em meados de 1991, o LSP convidou a Organização Mundial de Saúde (OMS) para rever o programa. Como resultado, foram introduzidas mais algumas alterações em 1992 (Dafoe, 1991). Em primeiro lugar, a recolha de amostras começou a ser efectuada utilizando o «Van Dorn sampler» (aparelho para recolha de amostras de água) em vez do «grab and catch», com a intenção de se obter uma amostra mais representativa da coluna de água. Em segundo lugar, começaram a recolher-se amostras tanto à superfície como em profundidade, de modo a verificar a existência de fenómenos de estratificação na coluna de água. Em terceiro lugar, foram acrescentadas duas estações de recolha de amostras designadas por «Pontos de Controle», localizadas no mar ao largo do território e destinadas a avaliar a qualidade das águas a montante.

Em 1993 deu-se início à recolha e análise de sedimentos do leito do estuário para avaliar a existência de poluentes. Ao longo destes últimos anos, devido ao surgimento rápido de zonas de aterros e ao estabelecimento de grandes infra-estruturas, tornou-se necessário proceder à mudança de algumas estações de recolha de amostras, um pouco mais para longe das suas posições originais. Aparte esta modificação, o programa tem decorrido de modo semelhante até à data.

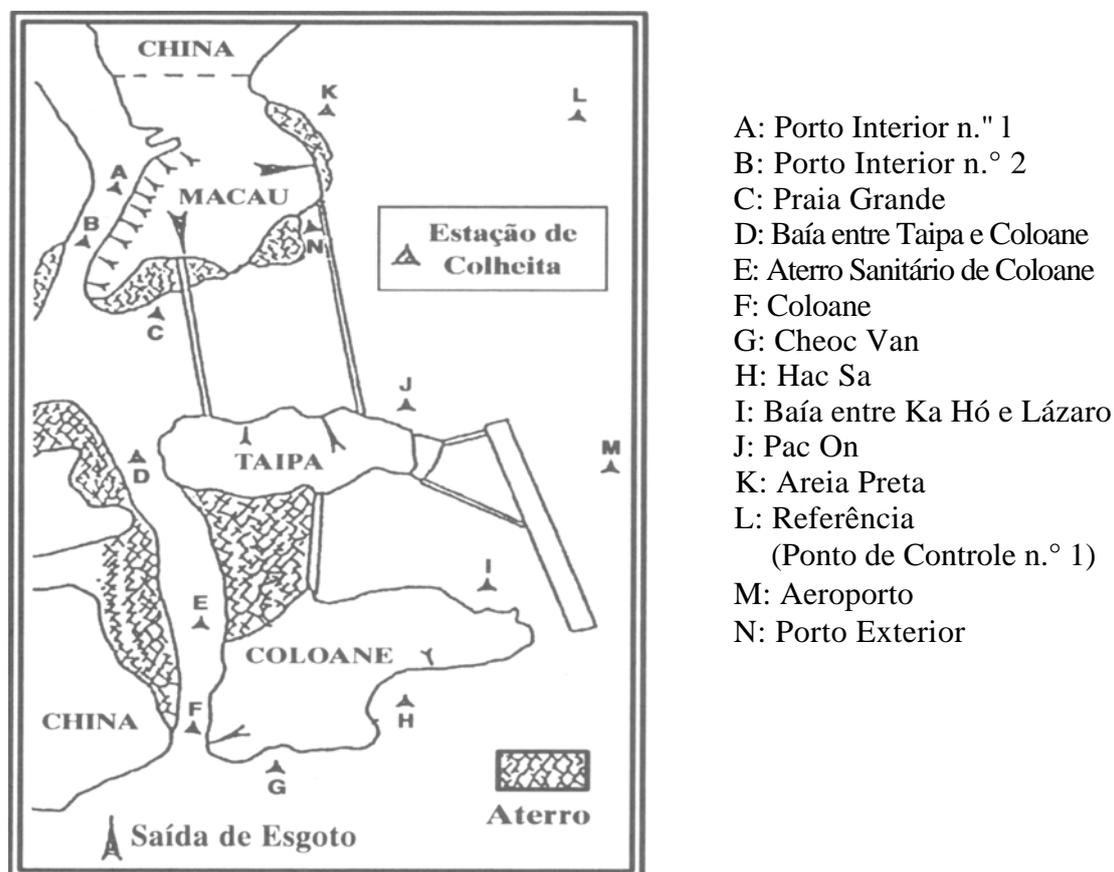
A qualidade das águas circundantes de Macau no período entre 1989 e 1992 encontra-se descrita em três relatórios anteriormente efectuados. O artigo agora apresentado cobre o período entre 1993 e 1996. Os resulta-

dos relativos ao estudo da qualidade dos sedimentos do leito do estuário são objecto de um outro estudo.

### 1.3. ESTAÇÕES DE RECOLHA DE AMOSTRAS

As estações de recolha de amostras foram seleccionadas de modo a cobrir toda a área envolvente da península de Macau e das ilhas de Taipa e Coloane e com a preocupação de escolher pontos próximos das fontes poluentes, por forma a ser possível a detecção de descargas poluentes. Assim, tal como se pode observar na figura 2, as estações de recolha de amostras encontram-se localizadas junto das principais zonas de descarga de resíduos líquidos. (Nota: a Estação de Tratamento de Águas Residuais — ETAR — entrou em funcionamento em Abril de 1996. Desde então, cerca de 80 por cento dos resíduos líquidos produzidos no Território são submetidos a tratamento antes de serem lançados nas águas do estuário. Os 20 por cento não tratados provêm de diversas zonas de aterros, incluindo a Praia Grande, onde as infra-estruturas que permitirão o seu tratamento se encontram ainda em construção (Ao, 1997)). Para além destes pontos localizados próximo da costa, foram ainda seleccionadas duas estações de controle ao largo do território visando a caracterização da qualidade das águas a montante (um destes pontos foi cancelado em 1995 e substituído por outro — «Aeroporto» — próximo do aeroporto).

Figura 2: Localização das estações de recolha de amostras



#### 1.4. FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM

A frequência de recolha de amostras foi aproximadamente de 1 O vezes por ano para todas as estações, à excepção do «Ponto de Controle» e da estação «Aeroporto», onde foram efectuadas recolhas apenas 3 vezes por ano. As amostras foram recolhidas durante o período mais estável da maré alta (Dafoe, 1991), sempre que possível quando a água se encontrava a uma altura compreendida entre 1,8 e 2,2 metros.

#### 1.5. MÉTODO DE AMOSTRAGEM

As amostras foram recolhidas utilizando o «Van Dorn sampler», a cerca de 0,5 m da superfície das águas.

#### 1.6. PARÂMETROS ANALÍTICOS E MÉTODOS

Todas as amostras recolhidas foram submetidas a exames físico-químicos e microbiológicos, de acordo com métodos estandardizados (Greenberg *et al*, 1985). Apresentam-se a seguir os parâmetros utilizados, agrupados de modo a reflectir as características das águas do estuário:

##### 1) CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS GERAIS

Temperatura	Termómetro (no local)
Salinidade	Medidor de salinidade (no local)
pH	Potenciometria: medidor de pH
Condutividade	Medidor de conductividade (no local)

##### 2) TRANSPARÊNCIA E CARACTERÍSTICAS DE ENETRAÇÃO DA LUZ

Turvação	Nefelometria: formazina como suspensão padrão
suspensão total	Sólidos em Filtragem directa e pesagem

##### 3) POLUIÇÃO ORGÂNICA

Oxigénio Dissolvido (OD)	Método de titulação do iodo (modificação do azoto)
Carência Bioquímica em Oxigénio (CBO5)	Medição do oxigénio dissolvido na amostra, antes e depois da incubação

##### 4) EUTROFIZAÇÃO

Fósforo total	Espectrofotometria Ácido sulfúrico — digestão por ácido nítrico
Fósforo inorgânico	Redução por ácido ascórbico
Azoto amoniacal	Redução por ácido ascórbico
Nitratos	Método azul de indofenol Espectrofotometria Redução por Cádmio

Nitrogénio total	Espectrofotometria Oxidação alcalina de persulfato Redução por Cádmio
Sílica	Método de silicato de molibdeno

5) POLUIÇÃO POR METAIS PESADOS Digestão por ácido nítrico  
Espectrometria de absorção atómica

## 6) POLUIÇÃO FECAL

Contagem de coliformes totais	Método de filtração por membrana por meio de Agar m-Endo, incubação a 35° C/24 h. Contagens confirmadas por meio de lactose verde brilhante, incubação a 35° C/48 h.
Contagem de coliformes fecais	Método de filtração por membrana por meio de Agar mFC, incubação a 44.5° C/22-24 h. Contagens confirmadas por solução EC, incubação a 44,5° C/24-48 h.
Contagem de Escherichia coli	Método de filtração por membrana por meio de Agar mFC, incubação a 44,5° C/22-24 h. Contagens confirmadas por testes bioquímicos

## 2. FACTORES DETERMINANTES NA QUALIDADE DA ÁGUA

Antes de abordarmos o perfil da qualidade das águas do estuário ao longo dos últimos quatro anos ( 1993 a 1996), gostaríamos de apresentar uma perspectiva geral dos factores que podem directa ou indirectamente afectar a qualidade da água. Estes factores são os seguintes:

- população
- consumo de água
- actividades industriais
- precipitação
- tratamento de resíduos líquidos
- qualidade da água doce proveniente dos rios
- intrusão da água oceânica e acção das marés
- tráfego marítimo, dragagem e aterros
- sedimentos em suspensão
- monções e condições meteorológicas globais

### 2.1. POPULAÇÃO

A elevada densidade populacional encontra-se associada a elevado consumo de água, grande volume de actividades humanas e quantidades imensas de resíduos. Em Macau, tem-se verificado uma escalada crescente

no número de residentes. De acordo com os últimos dados publicados pelos Serviços de Estatística e Censos (Junho de 1997), a população do território nos últimos cinco anos encontra-se descrita no quadro 1.

[QUADRO N.º 1]

#### População residente em Macau de 1992 a 1996

Ano	População	% aumento
1992	377 983	—
1993	389 984	3,18
1994	403 570	3,48
1995	415 030	2,84
1996	415 850	0,20

Tal como se pode constatar no quadro 1, deu-se um crescimento anual aproximado do número de residentes da ordem dos 3 por cento, exceptuando o ano de 1996.

## 2.2. CONSUMO DE ÁGUA

Uma vez que cerca de 95 por cento da população do território se concentra na península de Macau, é natural que o consumo de água na península seja muito superior ao que se verifica nas ilhas. Os quadros 2 e 3 apresentam o volume de água tratada introduzido na rede de abastecimento público entre 1992 e 1996, respectivamente na península de Macau e nas ilhas de Taipa e Coloane (Laboratório Municipal, 1997).

[QUADRO N.º 2]

#### Consumo de água na península de Macau (1992-1996)

Ano	Vol. consumo anual de água (m <sup>3</sup> /ano)	Vol. consumo diário de água (m <sup>3</sup> /dia)	% aumento
1992	41 967 882	114 980	7,85
1993	45 374 823	124 315	8,12
1994	45 343 923	124 230	-0,07
1995	46 492 814	127 378	2,53
1996	46 780 657	127 816	0,62

Acompanhando o aumento populacional que se tem verificado anualmente, constata-se também um ligeiro aumento anual do consumo de água, à excepção de 1994. O aumento do consumo de água corresponde a um aumento dos resíduos líquidos que, se não tratados antes de lançados no estuário, são um factor determinante nos níveis de poluição das águas.

## Consumo de água nas ilhas de Taipa e Coloane (1992-1996)

Ano	Vol. consumo anual de água (m <sup>3</sup> /ano)	Vol. consumo diário de água (m <sup>3</sup> /dia)	% aumento
1992	4 104 639	11 246	25,9
1993	5 187 641	14 213	26,4
1994	6 032 882	16 528	16,3
1995	6 805 136	18 644	12,8
1996	6 843 360	18 749	0,56

## 2.3. ACTIVIDADES INDUSTRAIS

As quatro grandes vertentes da indústria no Território são o turismo, a construção civil, a actividade bancária e a manufactura. De todas elas, é a indústria de manufactura, a maior responsável pela produção e consequente descarga de resíduos líquidos industriais, que podem incluir metais pesados, matéria orgânica e poluição nutriente. De acordo com a análise estatística dos Serviços de Estatística e Censos (de 1996), a situação no que diz respeito às três principais indústrias de manufactura de Macau, no período de 1991 a 1995, pode sumarizar-se do seguinte modo:

*i)* A indústria de vestuário não apresentou um aumento significativo ao longo deste período, exceptuando o ano de 1995, em que se registou um aumento de 6 por cento.

*ii)* A indústria têxtil tem sofrido uma diminuição nos níveis de actividade, verificando-se um crescimento negativo entre 1993 e 1995.

*iii)* Se exceptuarmos o ano de 1994, também a manufactura de brinquedos sofreu um crescimento negativo na primeira metade dos anos noventa.

Deste modo, a situação geral no que concerne ao volume de actividade das principais indústrias de manufactura, manteve-se sensivelmente ao mesmo nível, não se verificando qualquer expansão entre 1991 e 1995.

## 2.4. PRECIPITAÇÃO

A actividade agrícola em Macau é insignificante e, por isso, a drenagem de águas provenientes da precipitação não dá origem à poluição do ambiente marinho por pesticidas. Contudo, a água das chuvas pode mobilizar poeiras, areias, resíduos de construção civil, lixo comum, óleos, gorduras, etc. e arrastá-los na direcção do estuário, lançando-os finalmente à água e aumentando assim a carga poluente.

## **2.5. TRATAMENTO DE AGUAS RESIDUAIS (Ao, 1997)**

Existem actualmente duas Estações de Tratamento de Aguas Residuais (ETAR) no Território, uma em Macau e outra na Taipa. Uma terceira ETAR encontra-se em construção em Coloane. A ETAR de Macau iniciou as suas actividades em Abril de 1996 e a da Taipa em Dezembro do mesmo ano. Estas estações procedem ao tratamento dos resíduos líquidos provenientes quer das habitações quer das indústrias mas não exercem qualquer acção no que diz respeito à água das chuvas. O efluente final é lançado ao largo da costa por intermédio de um tubo com 600 m de comprimento. Contudo, cerca de 20 por cento dos resíduos líquidos produzidos no Território, sobretudo nas novas zonas de aterros, incluindo a Praia Grande, são lançados no estuário sem qualquer tratamento prévio, devido ao facto de as infra-estruturas que possibilitarão esse tratamento ainda se encontrarem em construção.

## **2.6. QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO**

A poluição das águas do estuário pode ser atenuada se a água do rio, a montante, não estiver poluída mas pode piorar se a corrente transportar água mais poluída. Por este motivo, no nosso programa de vigilância, foram seleccionados dois pontos de recolha de amostras com a intenção de avaliar a qualidade da água a montante.

## **2.7. INTRUSÃO DA ÁGUA DO MAR**

O ciclo de marés tem uma influência benéfica sobre a qualidade das águas do estuário, uma vez que pela sua renovação dilui os poluentes e transporta-os para alto mar, atenuando assim o problema da poluição. É esta a razão pela qual a colheita de amostras foi sempre efectuada quando a água se encontrava a uma altura determinada. Contudo, e porque a água salgada é mais pesada do que a doce, tende a ocupar a parte inferior da coluna de água, deixando a água doce à superfície. Dadas certas condições de tempo (temperatura elevada e ausência de vento), estas características da coluna de água podem dar origem a estratificação. A estratificação inibe a interpenetração de águas de diferentes níveis da coluna e pode ser um factor de agravamento da poluição aquática, uma vez que a água dos níveis mais profundos pode entrar num estado de anóxia dada a dificuldade de acesso ao oxigénio.

## **2.8. OUTROS FACTORES**

Aterros, dragagem, tráfego marítimo e monções são factores que favorecem a suspensão dos sedimentos do fundo do estuário, o que pode facilitar a libertação de poluentes aí existentes, que assim voltam para as águas agravando a poluição estuarina.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados do trabalho desenvolvido entre 1993 e 1996 são agora

apresentados e discutidos. Os parâmetros encontram-se divididos em diversos grupos, cada um dos quais reflecte um aspecto da qualidade das águas.

### 3.1 CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS GERAIS

Macau localiza-se na abertura do estuário do Rio das Pérolas. A zona ocidental do Território é banhada pelo Rio do Oeste, enquanto que o lado oriental é influenciado sobretudo pelo Rio das Pérolas. Por outro lado, a parte sul do Território está mais exposta ao mar e por esse motivo é influenciada de modo mais significativo pelas águas marítimas. Como resultado, no Verão, a influência das correntes do rio sobre a qualidade das águas do estuário torna-se mais acentuada. Na estação seca (Inverno), a influência oceânica é mais evidente. A região do delta do Rio das Pérolas sofre uma média anual de precipitação de 2100 mm, 50 por cento da qual ocorre nos meses de Junho, Julho e Agosto (Ellis, 1992).

#### **Salinidade**

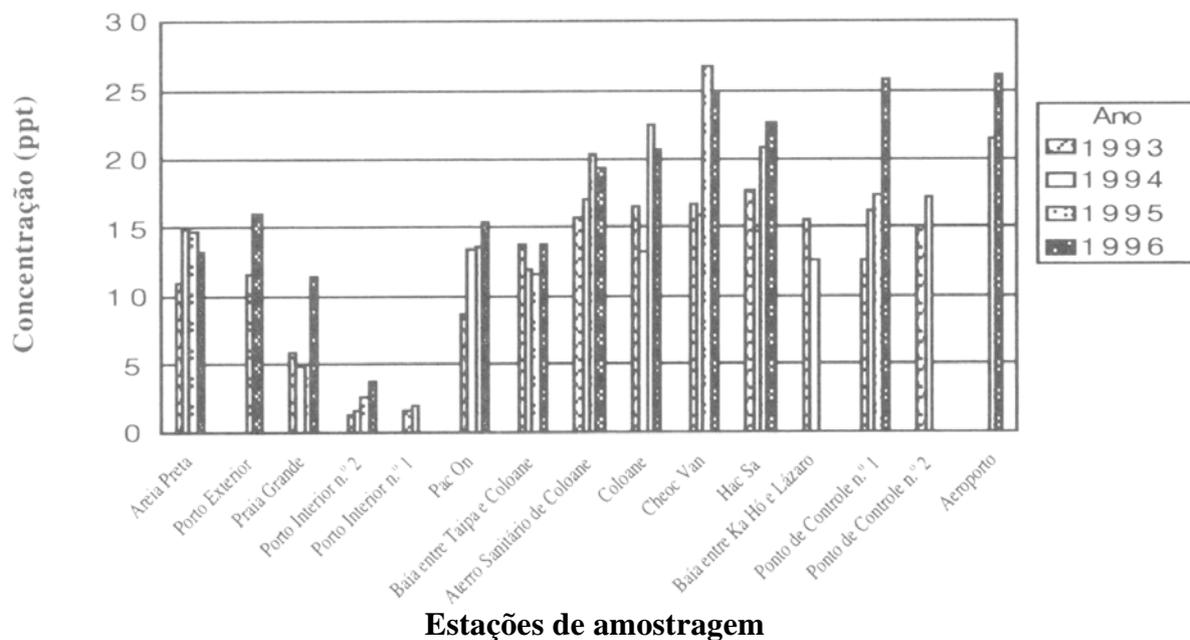
Verificam-se variações sazonais e geográficas na salinidade das águas do estuário de Macau. Durante a estação das chuvas, devido à grande quantidade de água doce lançada no estuário pela corrente dos rios (do Oeste e das Pérolas), a água apresenta por vezes zero de salinidade à volta da península de Macau. Na estação seca reduz-se a influência do Rio das Pérolas e a influência da água do mar torna-se mais evidente, o que aumenta os níveis de salinidade.

A parte ocidental de Macau localiza-se na orla de um estreito canal do Rio do Oeste. Por este motivo, a influência do rio nestas águas torna-se mais dominante durante a estação das chuvas. Assim, entre todas as estações de recolha de amostras, o valor médio anual de salinidade mais baixo foi registado na estação do Porto Interior em 1993: 1.66 ppt. Em comparação, o valor de salinidade média foi mais elevado na Areia Preta (na zona este de Macau) em 1993: 10.9 ppt. Este valor deve-se provavelmente ao facto de, apesar da zona este do território se encontrar sob a influência do Rio das Pérolas, a natureza ampla da zona facilitar a intrusão da água salgada, o que mantém os níveis de salinidade acima de um certo limite. A sul, as ilhas de Taipa e Coloane localizam-se numa zona mais aberta do Mar do Sul da China o que origina uma maior influência das condições oceânicas. Tal como se pode observar na figura 3, os valores médios anuais de salinidade verificados na ilha de Coloane, em Cheoc Van e Hac Sa, são muito mais elevados do que os do Porto Interior.

Os valores de salinidade nos «Pontos de Controle» e no «Aeroporto» são comparáveis aos observados em Hac Sa e Cheoc Van, o que significa uma forte influência das condições oceânicas e uma diminuição da influência da água doce proveniente do rio.

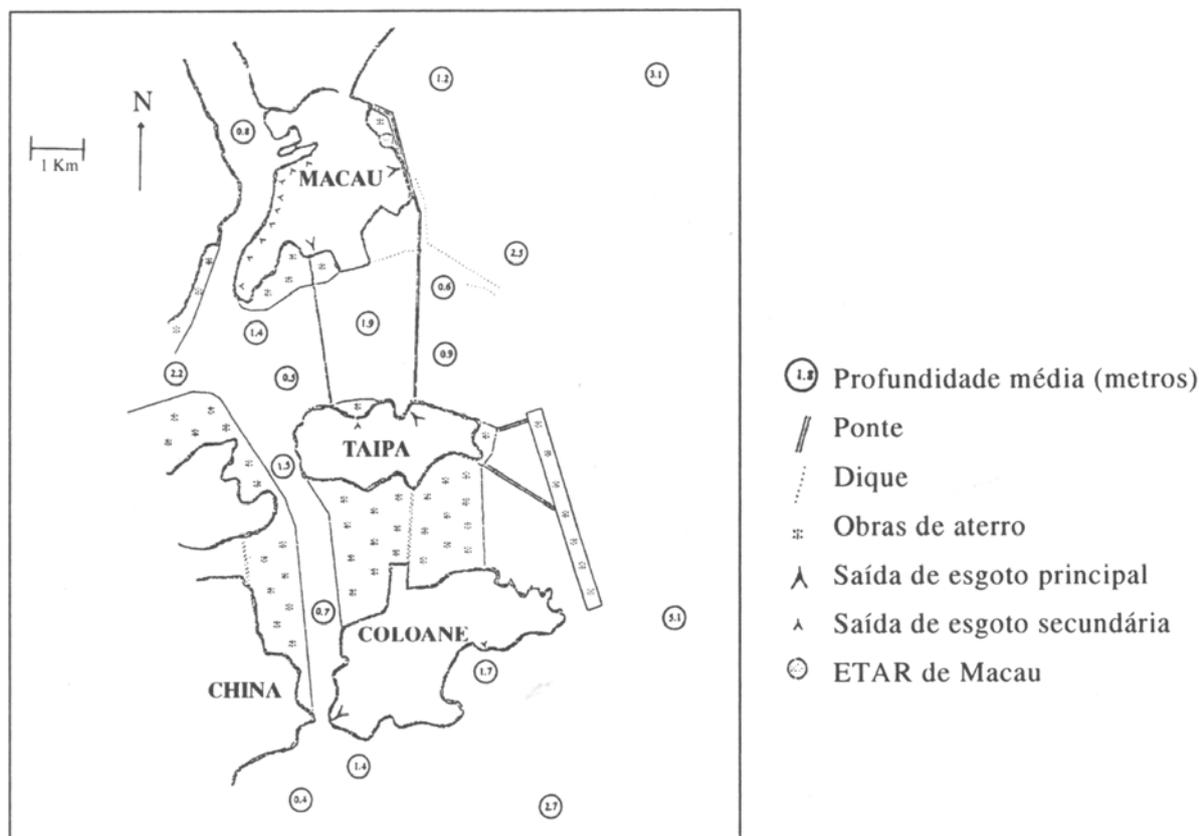
Nestas mesmas estações, os valores médios de salinidade diferem um pouco de ano para ano, dependendo da intensidade da precipitação.

Figura 3: Salinidade média anual



Como se observa na figura 4, os valores da profundidade média das águas de Macau são muito baixos: entre 0,5 m e 1,9 m. Nestas condições, e com a influência das monções, dá-se uma interpenetração efectiva entre as diferentes partes da coluna de água. Por isso, não é provável a estratificação na coluna de água. De acordo com um estudo efectuado em 1992 (LSP, 1993), encontrou-se apenas uma ligeira estratificação em termos de diferenças de salinidade e de temperatura.

Figura 4: Valores da profundidade média das águas de Macau

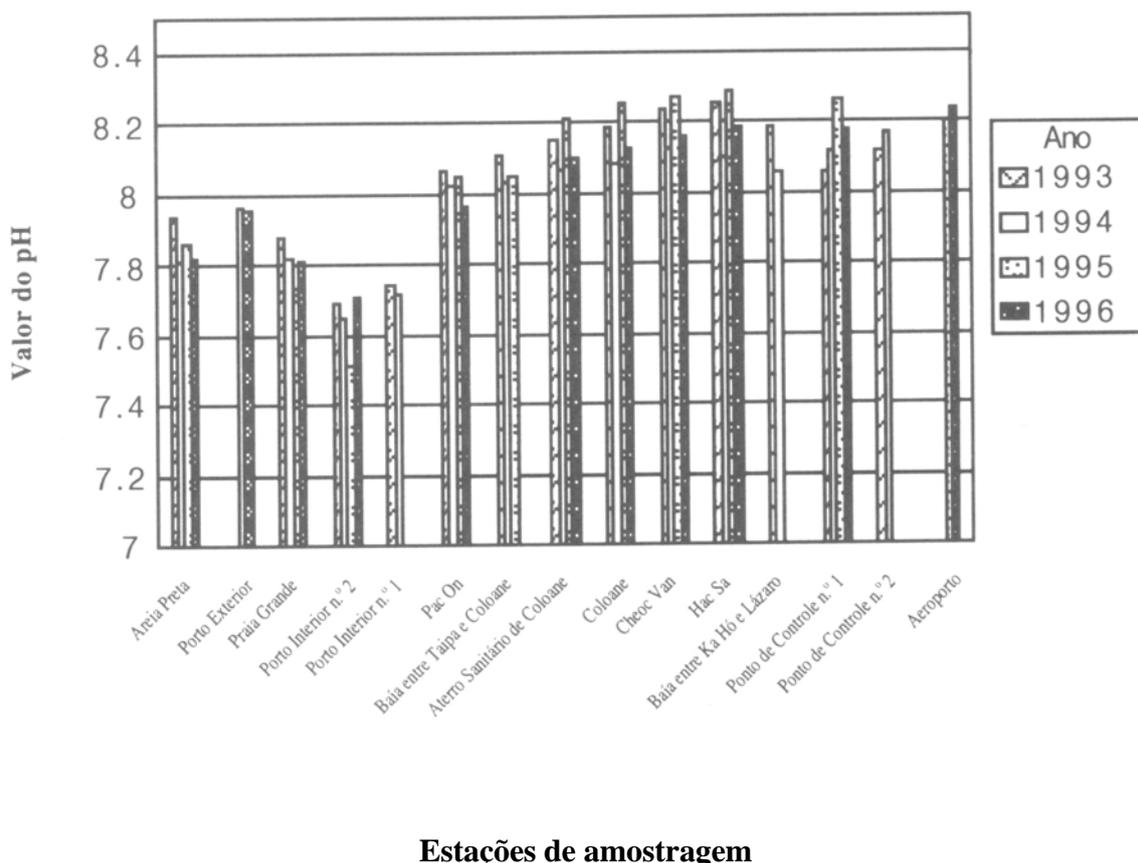


## pH

Os valores de pH em cada estação mantiveram-se mais ou menos constantes ao longo dos quatro anos considerados (figura 5). Em termos gerais, os valores mais baixos foram encontrados à volta da península de Macau e os mais elevados verificaram-se à volta das ilhas de Taipa e Coloane, o que indicia uma mudança de influência das condições estuarinas para as oceânicas, se considerarmos como referência um intervalo de pH 8,4 a 8,7, Hong Kong Environmental Protection Department, (EPD), 1990, como o intervalo de pH para águas oceânicas.

A média anual mais baixa foi observada no Porto Interior n.º 2 (pH 7,51) em 1995, enquanto que a média mais elevada ocorreu em Hac Sa (pH 8,29) no mesmo ano. Para além de mostrar um aumento da influência oceânica a sul, os valores de pH podem também estar relacionados com reacções bioquímicas no corpo da água. No Porto Interior e em outros locais circundantes da península de Macau a poluição apresenta características graves. A decomposição da matéria orgânica gera quantidades elevadas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o que diminui o valor de pH na água. Em Hac Sa e Cheoc Van, por outro lado, porque os níveis de poluição são mais baixos, constata-se valores mais baixos de  $\text{CO}_2$ . Esporadicamente, e em condições favoráveis, poderia ocorrer fotossíntese, verificando-se um consumo de  $\text{CO}_2$  e um aumento dos valores do pH.

Os valores de pH observados nos «Pontos de Controle» e «Aeroporto» são comparáveis aos verificados nas outras estações à volta da ilha de Coloane.

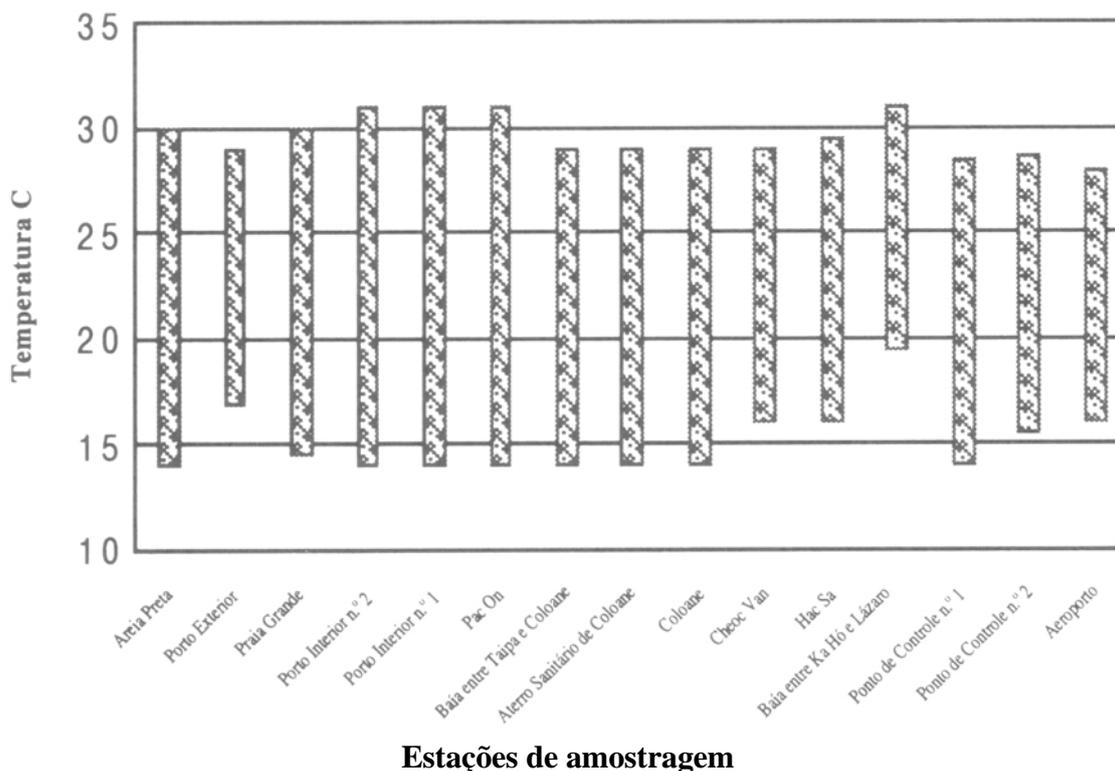


Estações de amostragem

## Temperatura

A temperatura das águas costeiras de Macau acompanha normalmente as variações sazonais de temperatura que ocorrem na atmosfera. A água doce pode sofrer aquecimento bastante rápido durante o Verão (se não houver o ajustamento da água do mar) e arrefecimento efectivo no Inverno. À volta da península de Macau, a influência da água do rio suplanta a da água do mar, enquanto que na proximidade das ilhas, a influência do rio começa a diminuir. Por este motivo, a amplitude térmica verificada ao longo destes quatro anos, foi maior à volta da península do que à volta das ilhas (figura 6). Por exemplo, o valor máximo de temperatura da água verificado no Porto Interior foi de 31° C e o mínimo de 14° C, enquanto que os valores correspondentes em Cheoc Van foram de 29° C e 16° C. O intervalo menor verificado em Cheoc Van é provavelmente resultado do ajustamento provocado pelas águas do mar, que são relativamente mais frescas no Verão e mais quentes no Inverno, quando comparadas com as águas do rio.

Figura 6: Intervalo de variação da temperatura da água (1993-1996)



### 3.2 TRANSPARÊNCIA E PENETRAÇÃO DA LUZ

O Rio das Pérolas é o maior rio do sul da China, possuindo uma carga anual de sedimentos estimada em 86 milhões de toneladas (Ellis, 1992). Consequentemente, os cursos de água que rodeiam toda a área de Macau exibem geralmente características de turbidez, que inibem a penetração da luz. Foram considerados dois parâmetros na avaliação quantitativa deste aspecto: turvação e sólidos em suspensão.

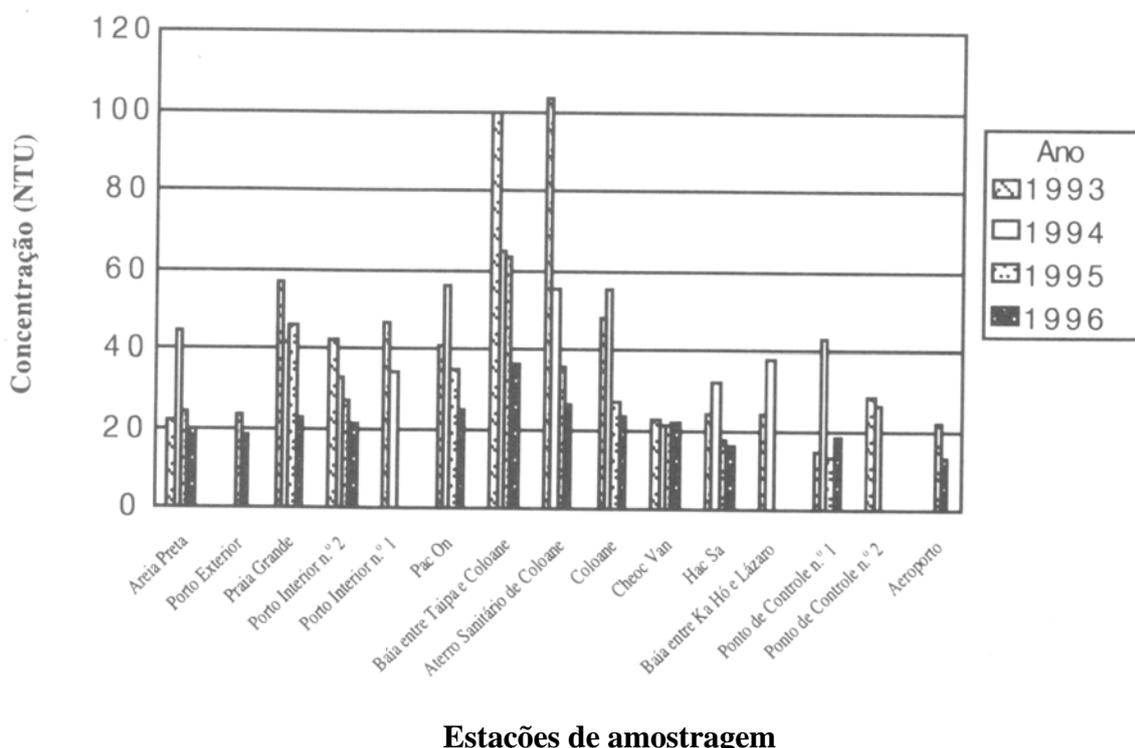
## Turvação

A turvação da água é causada por argilas, sedimentos finos, limos, matérias orgânicas e inorgânicas, algas e outros microrganismos em suspensão (Greenberg *et al*, 1985). Na situação particular da água do estuário de Macau, a turvação encontra-se intimamente associada às descargas do rio. Assim, em 1993 e 1994, quando os valores de salinidade média anual eram mais baixos, verificaram-se valores de turvação mais elevados (figura 7). Em 1995 e 1996, quando as descargas do rio diminuíram relativamente (valores mais elevados de salinidade), a água apresentou-se menos turva.

A água à volta da península de Macau (nomeadamente no Porto Interior, Praia Grande e Areia Preta) apresentou-se relativamente mais turva do que à volta de Coloane (Hac Sa, Cheoc Van, etc), o que revela uma influência mais forte da água do rio nas proximidades da península. Por exemplo, em 1993, a média anual no Porto Interior foi de 42,0 NTU, enquanto que em Cheoc Van foi de 22,9 NTU. Contudo, o valor mais elevado em 1993 foi registado no Aterro Sanitário de Coloane: 103 NTU. Tal deve-se provavelmente ao baixio existente naquela área (0,5 m de profundidade), ao fluxo de água mais acelerado e a tráfego marítimo e dragagens que, em conjunto, favorecem a re-suspensão dos sedimentos do fundo do mar.

Os valores de turvação verificados nos Pontos de Controle são mais baixos do que os observados à volta da península, mas ligeiramente mais elevados do que à volta de Coloane, o que revela características estuarinas entre estes dois *terminus* (Macau e Coloane). Os valores observados no «Aeroporto» são comparáveis aos encontrados em Cheoc Van.

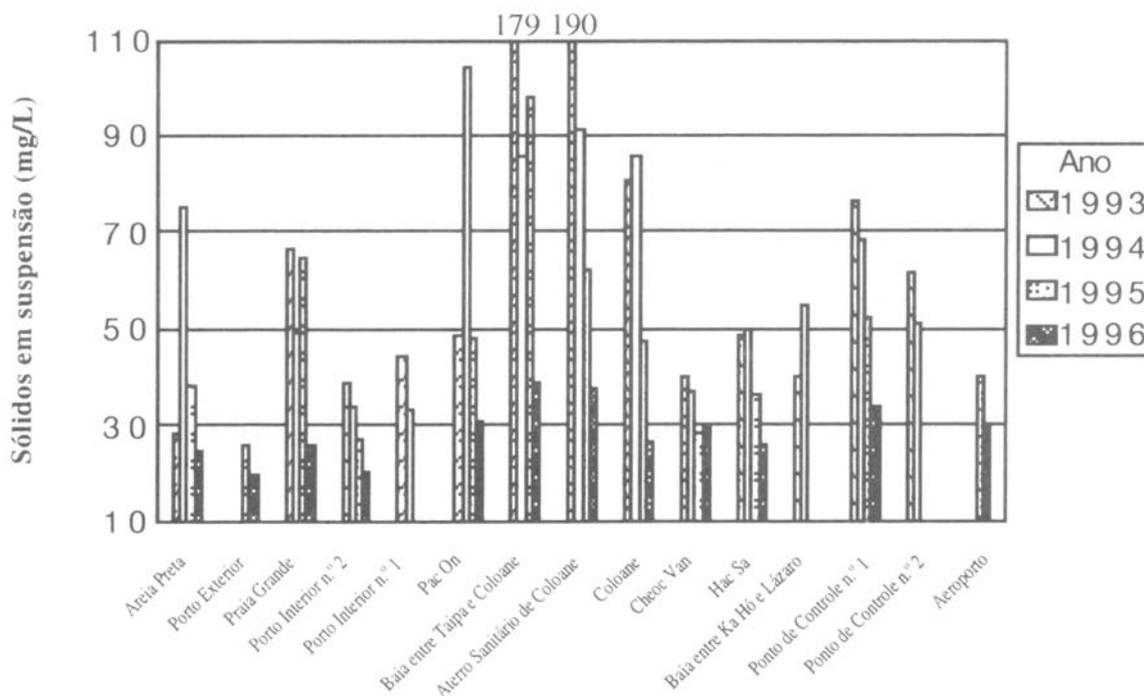
Figura 7: Turvação média anual



## Sólidos em suspensão total

Os resultados relativos aos sólidos em suspensão total exibem um padrão semelhante ao da turvação (figura 8). Também, neste caso, a média anual mais elevada foi encontrada no Aterro Sanitário de Coloane em 1993. A zona à volta da península apresentou os valores mais elevados, Coloane os mais baixos e os Pontos de Controle, valores intermédios.

Figura 8: Média anual de sólidos em suspensão total



### Estações de amostragem

## 3.3. POLUIÇÃO ORGÂNICA

Até Abril de 1996, os resíduos líquidos (tanto domésticos como industriais) produzidos no Território não eram submetidos a qualquer tipo de tratamento e eram lançados directamente nas águas do estuário. A matéria orgânica existente nos resíduos pode, contudo, ser decomposta pelas bactérias que vivem na água. Este processo consome uma quantidade considerável de oxigénio dissolvido (OD) e se for demasiado extenso pode originar carência de oxigénio no corpo da água, com conseqüente mortalidade nas espécies piscícolas e perturbações no equilíbrio ecológico do ambiente aquático. Dois parâmetros foram utilizados para avaliar a poluição orgânica, nomeadamente, OD e CBO5 (Carência Bioquímica em Oxigénio).

### Oxigénio dissolvido (OD)

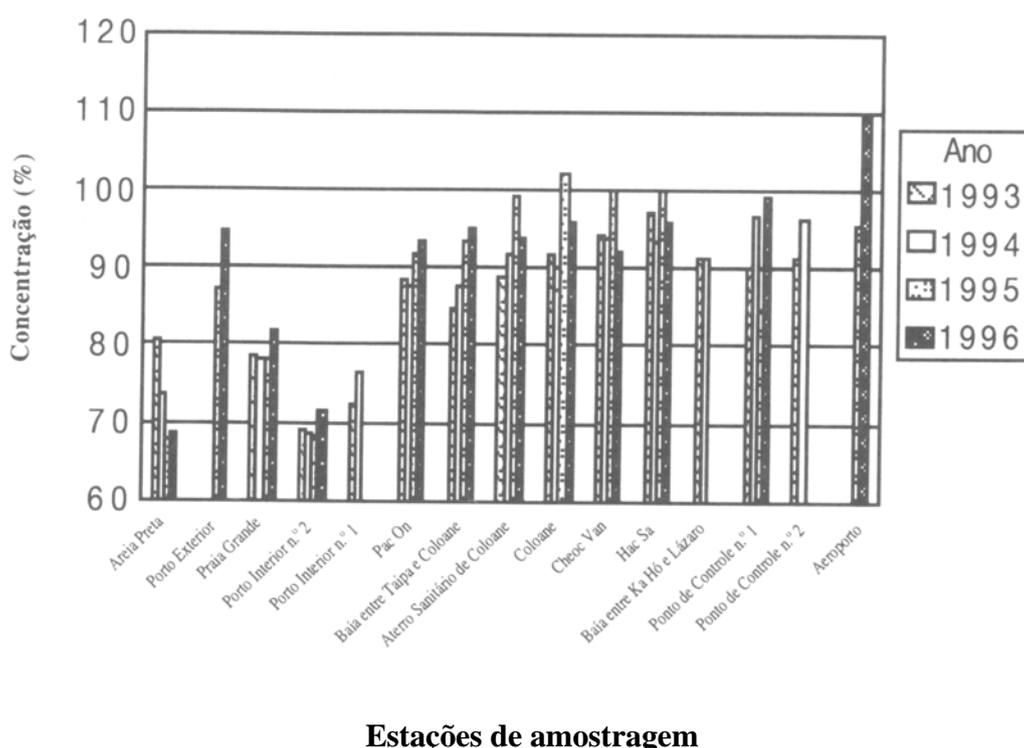
Os níveis de OD, tanto na água natural como nos resíduos líquidos, estão dependentes de actividades físicas, químicas e bioquímicas que se desenvolvem no corpo da água (Greenberg *et al*, 1985). Sempre que há descargas de matéria orgânica e esta é decomposta na água do mar, há

um aumento do consumo de oxigénio e um decréscimo do conteúdo da água em OD (EPD, 1990). Por esta razão, o nível do OD pode servir como um indicador da poluição orgânica.

Ao longo dos últimos quatro anos, as médias anuais de conteúdo em OD em cada estação mantiveram-se em níveis semelhantes, mas variaram de estação para estação (figura 9). Em geral, os níveis de OD à volta da península de Macau foram baixos, normalmente inferiores a 80 por cento de saturação. As duas estações que apresentaram os piores resultados foram o Porto Interior n.º 2 e a Areia Preta, onde valores médios anuais inferiores a 70 por cento foram frequentemente observados, revelando níveis de poluição orgânica bastantes graves. Nas estações localizadas a largo das ilhas, a situação apresentou-se muito melhor, com os conteúdos em OD variando entre 90 e 100 por cento. Provavelmente esta situação deve-se ao facto de as descargas de resíduos líquidos nas ilhas serem muito inferiores às que se verificam na península (afinal apenas cerca de 5 por cento da população do território reside na Taipa e em Coloane). Outra razão pode estar relacionada com o efeito de diluição provocado pela água do mar nesta zona mais aberta.

O conteúdo em OD no Ponto de Controle n.º 1 (agora designado por Referência) era comparável ao de outras estações à volta das ilhas. Contudo, em 1995, a sua média anual foi apenas de 85 por cento, enquanto que na maioria das estações das ilhas era de 100 por cento, o que reflecte, de certo modo, a poluição orgânica da corrente do rio. No que diz respeito ao Aeroporto, o conteúdo em OD oscilou entre 110 e 96 por cento, o que indica que a indústria de aviação não parece ter originado um aumento de poluição orgânica nas águas da zona.

**Figura 9: Média anual do conteúdo em OD (%)**

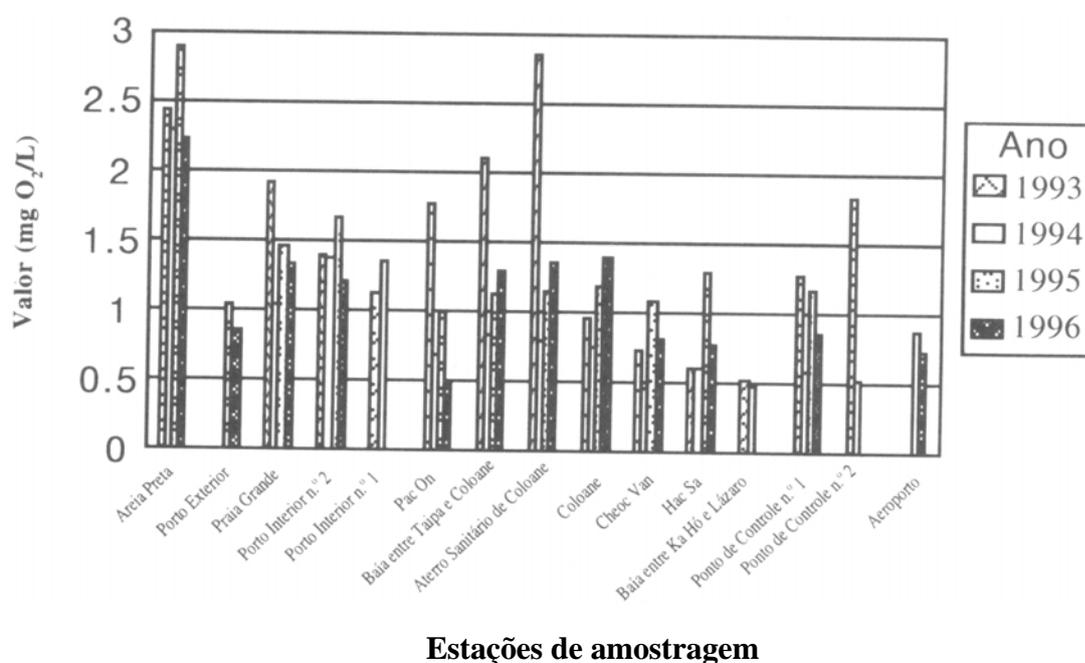


## Carência Bioquímica em Oxigénio (CBO5)

CB05 funciona como um indicador de poluição orgânica. Quanto mais elevados são os valores em CB05, maior é a prevalência de matéria orgânica na água.

Na figura 10 são apresentados os valores médios anuais em CB05 ao longo dos últimos quatro anos. A estação onde se verificaram os piores resultados foi a da Areia Preta, onde as médias anuais se situaram à volta de 2,5 mg O<sub>2</sub>/L, reveladores da gravidade da poluição orgânica naquela área. A Areia Preta foi sempre uma zona com elevada densidade populacional e aí se concentram também inúmeras unidades de indústria de manufactura. Sem a diluição proporcionada pela água do mar, apresenta características propícias ao desenvolvimento de poluição orgânica. Em 1995, a média anual atingiu o máximo (2,89 mg O<sub>2</sub>/L), enquanto que em 1996 desceu para 2,22 mg O<sub>2</sub>/L, provavelmente devido ao início de actividades da ETAR então criada na península de Macau.

Figura 10: Média anual de CBO5



Também na Praia Grande e no Porto Interior n.º 2, os valores de CB05 se apresentaram relativamente elevados, rondando os 1,5 mg O<sub>2</sub>/L. Como se observa na figura 2, era nestas zonas que também se concentravam as saídas de esgotos de resíduos líquidos, que ao serem lançados no estuário sem tratamento prévio deram origem a valores tão elevados de CB05. O Porto Interior n.º 2, depois de atingir um máximo de CB05 em 1995 (1,67 mg O<sub>2</sub>/L), sofreu um decréscimo de 27 por cento em 1996 (1,22 mg O<sub>2</sub>/L), provavelmente devido ao facto de os resíduos líquidos terem sido orientados para tratamento prévio na ETAR. No que diz respeito à Praia Grande, contudo, devido às infra-estruturais ainda em construção, não se registou um decréscimo significativo dos níveis de CBO5 em 1996.

As médias anuais de CBO5 registadas na Baía entre Taipa e Coloane e no Aterro Sanitário de Coloane foram anormalmente elevadas em 1993: 2,11 e 2,86 mg O<sub>2</sub>/L respectivamente. É provável que este facto se tenha devido à carga elevada de sólidos em suspensão total que se verificou nestas zonas neste mesmo ano (179 e 190 mg/L respectivamente, enquanto que habitualmente as médias anuais nestas estações eram inferiores a 90 mg/L).

Valores de CBO5 noutras estações à volta de Coloane e no Ponto de Controle n.º 1 (Referência) rondaram os 1,0 mg/L. Valores de CBO5 inferiores a 1,0 mg/L são considerados comparáveis aos de alto mar (EPD, 1990), pelo que a poluição orgânica nestas áreas, em função do parâmetro em análise, não era grave.

### 3.4. EUTROFIZAÇÃO

Quando nutrientes são incorporados na água, e em certas condições de luz e de ausência de componentes tóxicos, podem dar origem ao crescimento de algas.

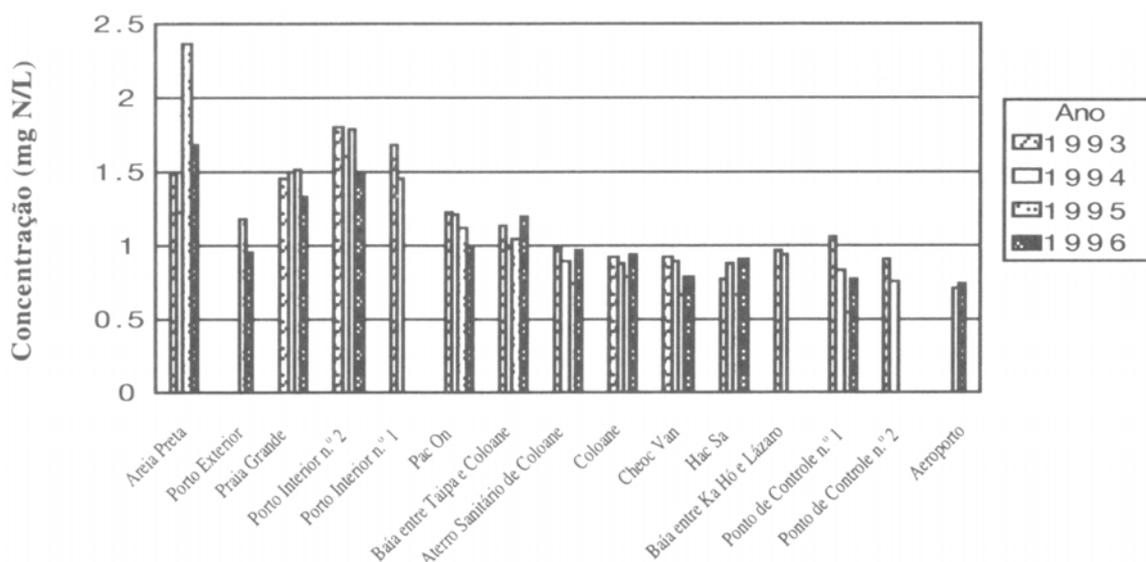
No final do seu ciclo de vida, as algas morrem, este material orgânico degrada-se e, durante este processo, a concentração de oxigénio dissolvido reduz-se. Este processo é designado por eutrofização (Gray, 1992). A redução do oxigénio dissolvido pode originar a morte de peixes e causar distúrbios ecológicos no corpo da água. Os nutrientes que conduzem à eutrofização são sobretudo nitrogénio e fósforo, mas na nossa avaliação considerámos também o silício. Apesar das condições de turbidez das águas à volta de Macau inibirem o crescimento de algas, não podemos esquecer o papel desempenhado pela poluição nutriente das águas.

### Nitrogénio

Tal como se verificou com a poluição orgânica (secção 3.3.), também a poluição por nitrogénio é mais grave à volta da península de Macau e mais atenuada junto de Coloane. Os componentes de nitrogénio que considerámos incluem: azoto total (NT), nitratos e azoto amoniacal. Como se pode observar na figura 11, a Areia Preta registou a média anual mais elevada de NT em 1995 (2,37 mg N/L), seguida pelo Porto Interior n.º 2 (1,79 mg N/L) e pela Praia Grande (1,52 mg N/L) no mesmo ano. Todas estas áreas são densamente povoadas, o que juntamente com a concentração de fábricas e de saídas de esgoto, é determinante nos níveis de poluição observados. Contudo, em 1996 constataram-se diminuições de 29, 17 e 13 por cento respectivamente nestas três estações.

A média anual de NT em 1995 no Porto Exterior foi de 1,18 mg N/L, provavelmente devido ao transporte de poluentes pela corrente do rio proveniente da Areia Preta. Contudo, desceram para valores inferiores a 1,0 mg N/L em 1996, quando os registados na Areia Preta desceram de 2,37 (1995) para 1,68 (1996) mg N/L. À volta das ilhas e no Ponto de Controle (Referência) as médias anuais foram habitualmente inferiores a 1,0 mg N/L devido ao efeito de diluição provocado pelas águas do mar e ao menor volume de descargas poluentes.

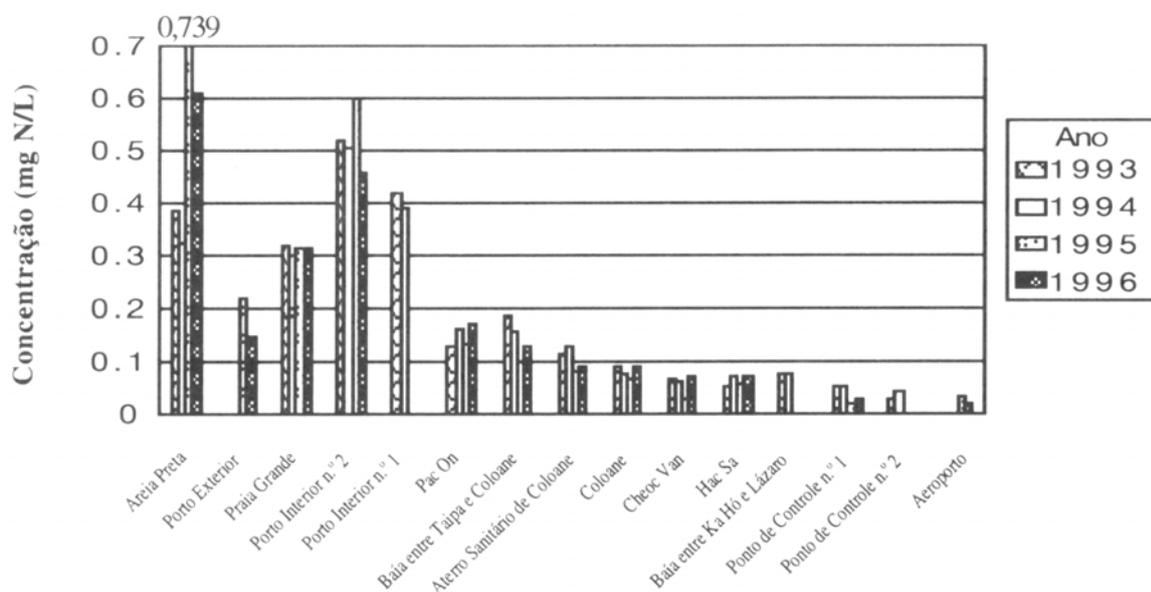
**Figura 11: Média anual de azoto total**



**Estações de amostragem**

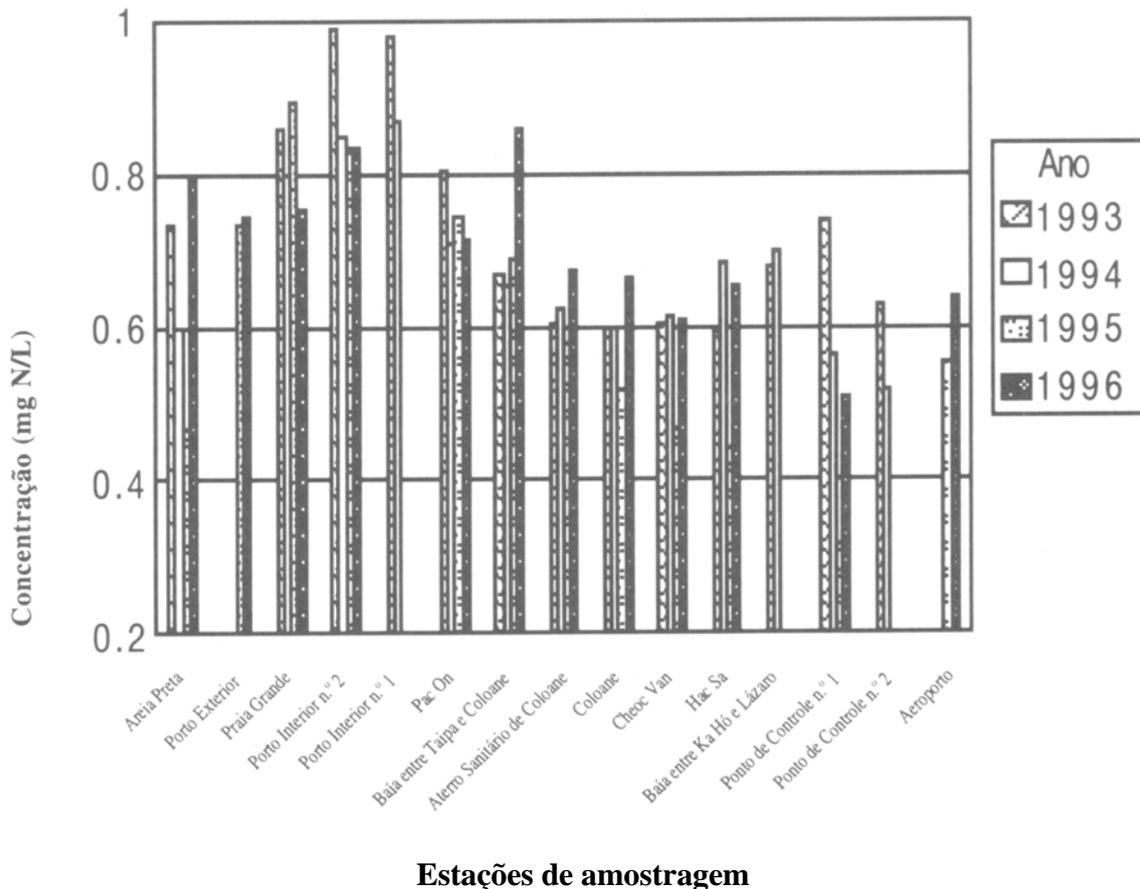
As médias anuais de azoto amoniacal à volta da península de Macau foram aproximadamente dez vezes mais elevadas do que as verificadas à volta das ilhas (figura 12). Tal facto pode ser atribuído a: 1) menos descargas de resíduos líquidos e maior efeito de diluição provocado pela água do mar à volta das ilhas; 2) uma vez que a poluição orgânica era mais grave à volta da península, o OD existia em menor quantidade e portanto podia não ser suficiente para transformar o  $\text{NH}_4$  em  $\text{NO}_3$ , enquanto que à volta das ilhas, o  $\text{NH}_4$  podia facilmente oxidar dada a maior quantidade de OD. O valor anual de azoto amoniacal mais elevado que se encontrou foi também registado na Areia Preta (0,74 mg N/L) e os valores mais baixos foram encontrados no Aeroporto (0,018 mg N/L) e em Cheoc Van (0,029 mg N/L). No Ponto de Controle (Referência), a concentração era ainda mais baixa (0.016 mg N/L).

**Figura 12: Média anual de azoto amoniacal**



Todavia, se admitirmos o intervalo de 0,3 a 0,5 mg N/L de nitrogénio inorgânico como a concentração eutrófica mínima (EPD, 1990), então toda a área do estuário de Macau deverá ser considerada eutrófica. Como a figura 13 mostra, as médias anuais de nitratos para todas as estações de amostragem foram superiores a 0,4 mg N/L (excepto o Ponto de Controle em 1995). A mais elevada foi observada no Porto Interior n.º 2 em 1993 (0,99 mg N/L). As médias anuais nas ilhas rondaram os 0,6 mg N/L, o que indica que a poluição por nitratos não era insignificante naquela zona.

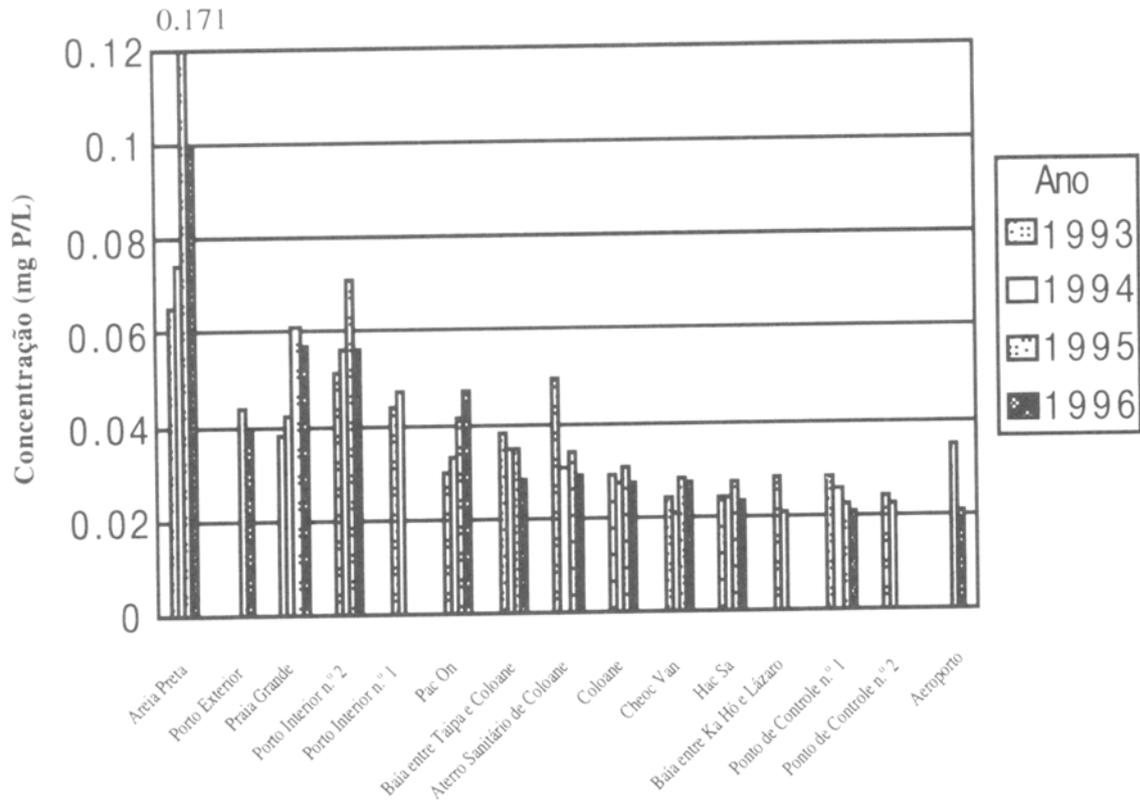
**Figura 13: Média anual de nitratos**



## Fósforo

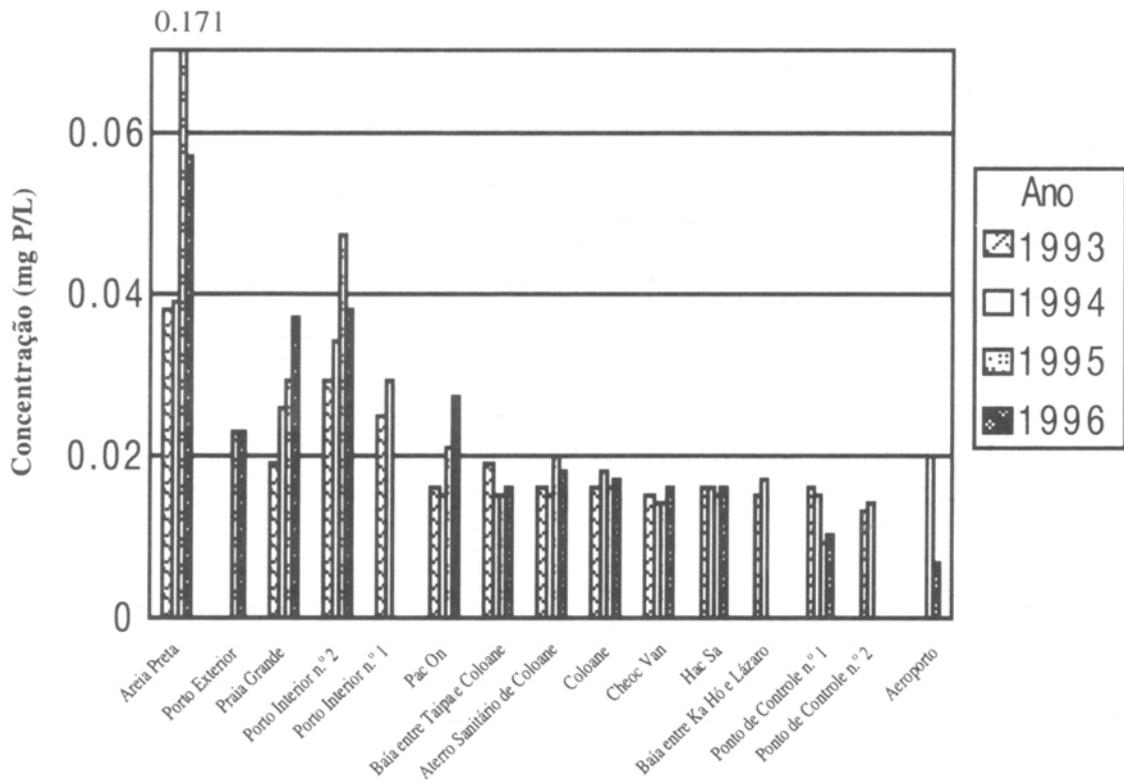
Tanto as distribuições médias anuais de fósforo total como as de fósforo inorgânico (figuras 14 e 15) seguem o mesmo padrão que o nitrogénio total. Na península de Macau, sofreu um acréscimo entre 1993 e 1995 e um ligeiro decréscimo em 1996. A média anual mais elevada foi observada em 1995 na Areia Preta (0,171 mg P/L) seguida pelo Porto Interior n.º 2 (0,071 mg P/L) no mesmo ano. À volta das ilhas, as concentrações de TP mantiveram-se estabilizadas ao longo dos anos (cerca de 0,03 mg P/L). Quanto ao IP, à volta da península, as médias anuais foram normalmente superiores a 0,02 (por vezes atingindo 0,04 mg P/L), enquanto que na zona das ilhas, foram inferiores a 0,02 mg P/L. As médias anuais, quer de TP quer de IP, nos Pontos de Controle e no Aeroporto, são comparáveis às observadas nas ilhas.

**Figura 14: Média anual de fósforo total**



**Estações de amostragem**

**Figura 15: Média anual de fósforo inorgânico**



**Estações de amostragem**

Nos ambientes marinhos, o nitrogénio constitui o principal nutriente limitativo da produção de fitoplâncton, enquanto que nos sistemas de água doce tal papel é desempenhado pelo fósforo (Gray, 1992). A proporção (*ratio*) média anual de nitrogénio total em relação ao fósforo total encontra-se expressa no quadro 4. Verifica-se que, nos últimos quatro anos na maioria dos casos, o *ratio* TN/TP rondou 30. A implicação daqui decorrente é a de que o fósforo pode ser um factor limitativo da produção de algas. Contudo, para o caso de Macau, admitimos que o principal factor limitativo deste processo seja a turbidez das águas que dificulta a penetração da luz. Em resumo, o problema da elevada poluição nutriente das águas do estuário não pode ser ignorado.

[QUADRO N.º 4]

*Ratios médios anuais de TN/TP (mg N/mg P)*

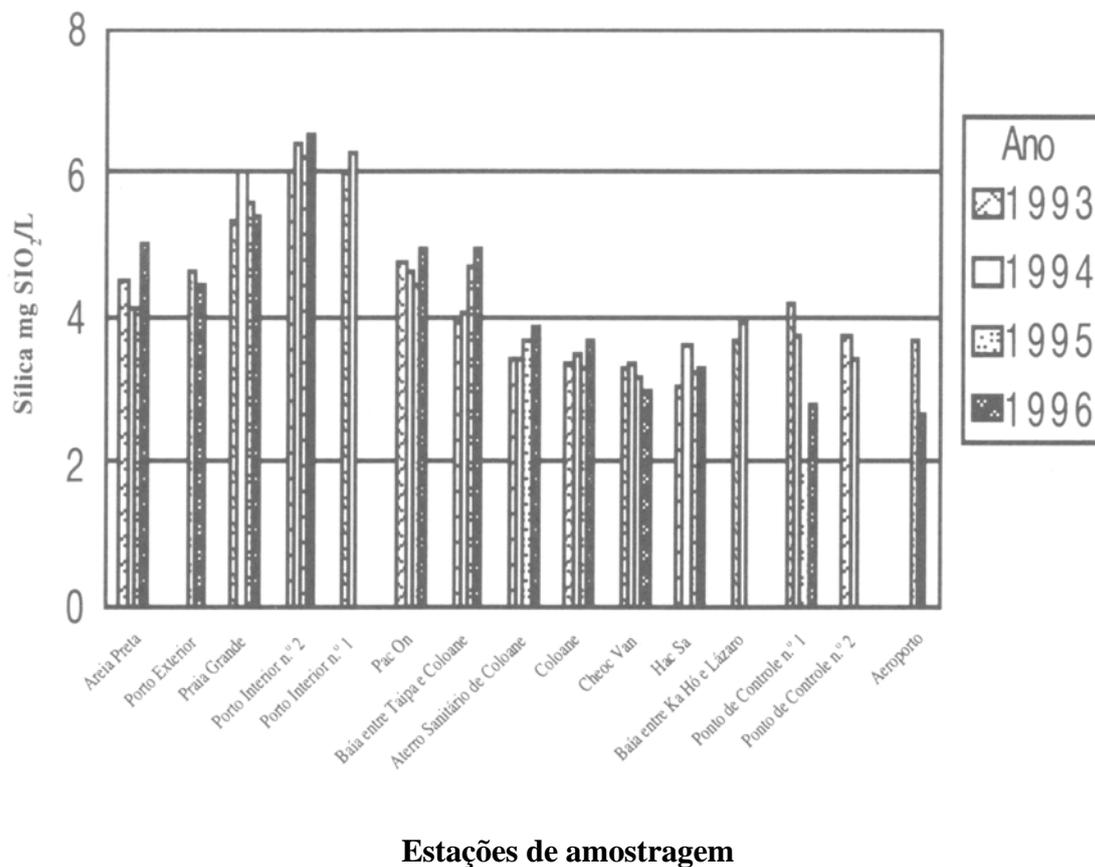
Estações de amostragem	1993	1994	1995	1996
Baía entre Ka Hó e Lázaro	34	45		
Pac On	41	37	27	21
Areia Preta	23	17	14	17
Praia Grande	38	36	25	23
Porto Interior n.º 1	38	31		
Porto Interior n.º 2	35	29	25	26
Baía entre Taipa e Coloane	30	28	30	43
Coloane	32	32	25	35
Aterro Sanitário de Coloane	20	29	22	33
Cheoc Van	39	43	24	29
Hac Sa	32	37	25	43
Ponto de Controle n.º 1	38	32	25	37
Ponto de Controle n.º 2	38	35		
Aeroporto			20	35
Porto Exterior			27	24

## Silício

O silício é um elemento abundante no universo (Greenberg *et al*, 1985). Pode estar presente na água, nos efluentes e nos resíduos líquidos numa variedade de formas. Elevadas concentrações de silício são por vezes encontradas dissolvidas na água de rios emanando de nascentes vulcânicas.

Como se pode verificar na figura 16, os valores médios anuais de sílica mantiveram-se quase constantes ao longo dos anos, em todas as estações consideradas, apesar de variarem de estação para estação. O valor médio anual de sílica mais elevado foi observado no Porto Interior n.º 2 em 1996 (6,51 mg SiO<sub>2</sub>/L). Normalmente a Areia Preta revelou-se a zona mais poluída em termos de muitos dos outros indicadores considerados, no entanto os valores médios anuais de sílica de cerca de 4,5 mg SiO<sub>2</sub>/L são apenas ligeiramente mais elevados do que os observados nas estações das ilhas (aproximadamente 3,5 mg SiO<sub>2</sub>/L). Por este motivo, admite-se que a fonte de sílica possa não ser necessariamente a poluição local, mas pode estar relacionada com poluição mais a norte da corrente do rio, com desagregação de rochas ou ambas. Quanto aos Pontos de Controle n.º 1 (Referência) e Porto Exterior, as concentrações de sílica eram similares às da Areia Preta.

**Figura 16: Média anual de sílica**



### 3.5. POLUIÇÃO POR METAIS PESADOS (As, Cd, Pb, Cr, Hg)

Concentrações de metais pesados foram registadas em algumas das estações, nomeadamente na Areia Preta, Praia Grande, Porto Interior n.º 2, Aterro Sanitário de Coloane e Referência. Como se observa no quadro 5, foram considerados cinco metais pesados: As, Cd, Pb, Cr e Hg.

## Médias anuais de metais pesados em estações de amostragem seleccionadas (ppb)

	As	Cd	Pb	Cr	Hg
<b>GB 3097-82*</b>	50	5	50	100	0,5
Estações de amostragem					
<b>1994</b>					
Areia Preta	2,18	0,18	3,11	3,45	—
Praia Grande	3,58	0,006	2,06	1,40	—
Porto Interior n.º 2	2,33	0,029	2,08	2,10	—
Aterro Sanitário de Coloane	2,33	0,071	6,3	3,6	—
Ponto de Controle n.º 1	1,77	0,30	15,4	3,74	—
<b>1995</b>					
Areia Preta	2,93	0,23	6,2	2,9	0,33
Praia Grande	3,6	0,63	3,6	2,5	0,28
Porto Interior n.º 2	2,7	1,5	3,9	1,8	0,29
Aterro Sanitário de Coloane	3,03	0,5	5,1	3,0	0,27
Ponto de Controle n.º 1	2,0	0,85	7,7	5,3	0,45
<b>1996</b>					
Areia Preta	3,0	1,8	4,8	9,2	0,20
Aterro Sanitário de Coloane	2,8	1,1	0,13	8,4	0,14
Porto Interior n.º 2	2,6	0	8	3,4	0,18
Ponto de Controle n.º 1	2,2	0	8	15	0,32

\* Padrão de Qualidade das Águas Marítimas Chinesas (primeira classe: para a protecção dos recursos marítimos naturais e seu uso seguro)

Quando comparadas com o Padrão de Qualidade das Águas Marítimas Chinesas (GB 3 097-82), as médias anuais dos metais pesados seleccionados apresentam, em todas as estações, resultados muito inferiores aos valores padrão. Tal facto podia indiciar que a poluição por metais pesados nesta região não era grave. Contudo, porque a solubilidade dos iões destes metais pesados em condições neutras é baixa e porque os sedimentos possuem uma elevada capacidade de absorção de metais, será preferível proceder à avaliação do conteúdo em metais pesados existentes nos sedimentos do fundo do mar, antes de se retirarem conclusões definitivas.

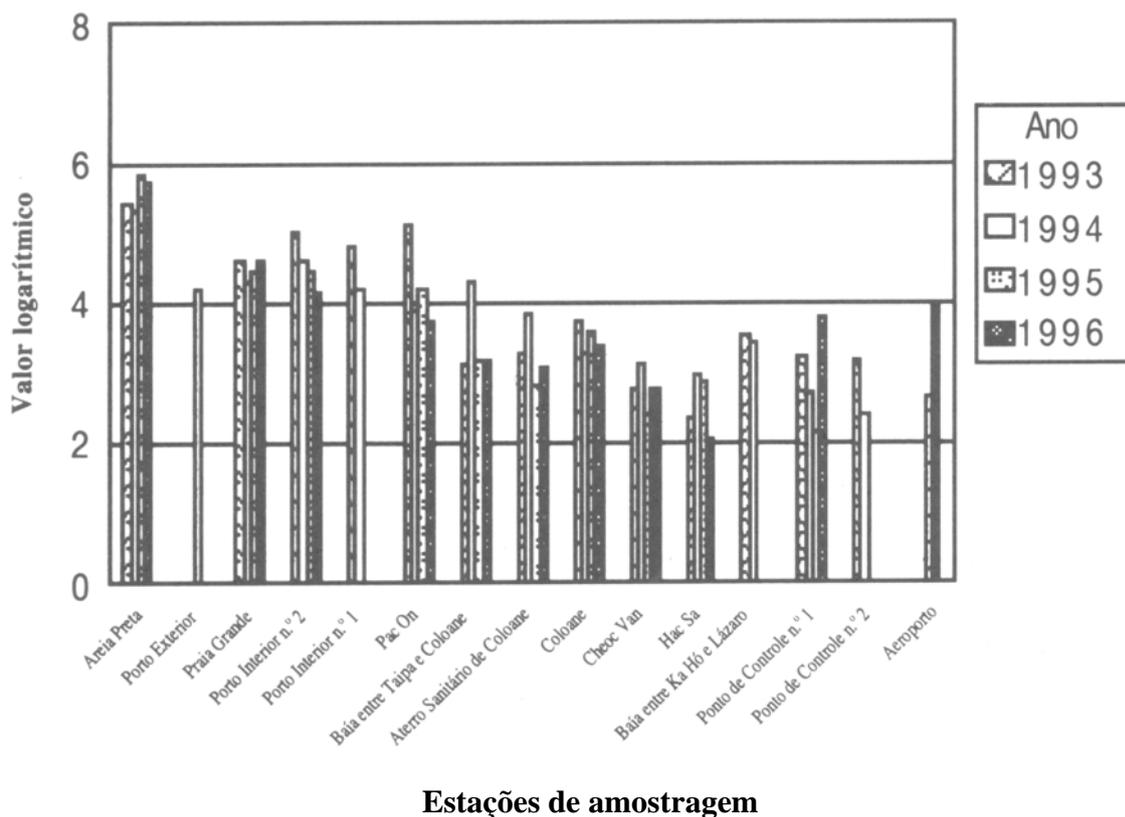
### 3.6 CONDIÇÕES BACTERIOLÓGICAS

As condições bacteriológicas das águas do estuário em Macau ao longo dos últimos quatro anos, avaliadas quanto aos coliformes fecais, eram insatisfatórias. A figura 17 apresenta os valores relativos aos coliformes fecais em log (média anual/100 mL). A estação mais poluída era a da Areia Preta, onde o valor logaritmo de 5,83 foi registado em

1995, correspondendo a um valor de  $6,8 \cdot 10^5/100 \text{ mL}$ . Outras estações que revelaram níveis alarmantes foram o Porto Interior n.º 2 e a Praia Grande ( $2,7 \cdot 10^4/100 \text{ mL}$  e  $2,8 \cdot 10^4/100 \text{ mL}$  respectivamente, também em 1995). Apesar da entrada em actividade da ETAR de Macau em 1996, não se constatou qualquer melhoria significativa em relação a esta situação.

Os valores apresentam uma queda acentuada quando se comparam resultados na península de Macau e na ilha de Coloane e o valor anual médio de coliformezs fecais mais baixo foi registado em Hac Sa em 1996 (valor logarítmico de 2,03, correspondendo a  $108/100 \text{ mL}$ ). A situação verificada em Cheoc Van era semelhante à de Hac Sa. Assim, a qualidade da água nas zonas das duas praias podia ser classificada como aceitável de acordo com os padrões de qualidade da Comunidade Europeia ( $<2000/100 \text{ mL} — 76/160/EEC$ ). A situação no Ponto de Controle n.º 1 era comparável à das outras estações à volta de Coloane, mas revelando valores ligeiramente mais elevados do que os observados em Hac Sa e Cheoc Van.

Figura 17: Média anual (log) de coliformes fecais/100 ml



Estações de amostragem

## CONCLUSÕES

Desde 1988 que o LSP tem realizado um programa de monitorização das águas do estuário de Macau. Este programa tem sido continuamente implementado, tendo sofrido pequenos ajustamentos sempre que necessário. Durante este período, a população residente continuou a aumentar

ligeiramente (cerca de 3 por cento ao ano), mas as indústrias de manufactura não revelaram sinais significativos de expansão. Em consequência, seria de esperar que as águas do estuário apresentassem apenas uma degradação ligeira de qualidade ano após ano. De facto, os nossos resultados mostram que a qualidade da água atingiu o seu pior nível em 1995 e tornou-se ligeiramente melhor em 1996, após a entrada em funcionamento da ETAR de Macau em Abril desse mesmo ano.

Uma vez que Macau se localiza a sul do estuário do delta do Rio das Pérolas, os seus cursos de água estão sujeitos a uma dupla influência: a da água doce proveniente da corrente do rio e a da água do Mar do Sul da China. A península de Macau está mais próxima dos cursos de água do Rio do Oeste e do Rio das Pérolas, enquanto as ilhas de Taipa e Coloane se localizam na área mais aberta do Mar do Sul da China. Como resultado, verifica-se uma mudança de condições e influências estuarinas para oceânicas de norte (Macau) para sul (ilha de Coloane). Durante a estação das chuvas, níveis zero de salinidade foram frequentemente registados ao longo da península. No Inverno, contudo, a salinidade aumenta, não apenas nas ilhas mas também junto da península de Macau. Os valores de pH eram mais baixos a norte e tornavam-se mais elevados à medida que nos dirigíamos a sul. Quanto à temperatura da água, verificou-se que a amplitude média anual é mais ampla na zona da península e mais baixa nas ilhas devido ao efeito de ajustamento provocado pelas correntes marítimas. As águas estuarinas apresentam em toda a sua extensão características de turbidez, o que é em larga medida originado pelo elevado volume de sedimentos transportados pelo Rio das Pérolas.

A poluição orgânica revelou-se grave. O conteúdo em OD permaneceu baixo e o parâmetro CBO5 manteve níveis elevados na zona da península de Macau, com sinais de melhoria em 1996. Nas ilhas, a situação apresentou-se estável e muito melhor do que na península.

A água estuarina apresentou-se potencialmente eutrófica. Não fosse a natureza turva das águas, teríamos observado um excessivo crescimento de algas e sua posterior degradação. A poluição nutriente atingiu o seu ponto mais alarmante em 1995, na península de Macau, e sofreu um ligeiro decréscimo em 1996. Os conteúdos em metais pesados permaneceram baixos, mas conclusões mais criteriosas exigiriam o estudo pormenorizado do sedimento do fundo de estuário. Quanto às condições bacteriológicas, mantiveram-se sistematicamente insatisfatórias ao longo dos anos. Afortunadamente, as condições verificadas nas ilhas eram melhores e as duas praias podiam ainda ser classificadas como aceitáveis de acordo com os padrões da Comunidade Europeia.

Em 1992, foram acrescentados dois Pontos de Controle às estações de amostragem com a intenção de avaliar a qualidade da água a montante. Localizavam-se ao largo do Território, no mar alto, de modo a evitar a influência das actividades locais. Os resultados confirmaram que a qualidade das águas nestes pontos era melhor do que a observada junto da península, mas ligeiramente pior do que a registada à volta das

ilhas, o que indiciava que as águas da corrente do rio estavam apenas ligeiramente poluídas. Mas, um olhar atento sobre os dados relativos à salinidade demonstra que estes Pontos de Controle eram fortemente influenciados pela água do mar. Nestas circunstâncias, a diluição dos poluentes poderia ser originada pelas águas marinhas e não caracterizar efectivamente a situação da água da corrente do rio. Por esta razão, esperamos que no futuro possamos ultrapassar barreiras políticas e estabelecer um ponto de controle localizado a norte da Areia Preta, já na República Popular da China. Neste caso, a caracterização da qualidade das águas do rio seria muito mais precisa.

Com a estabilização da população de Macau em 1996 e o início de operações da ETAR, espera-se uma melhoria nos níveis de qualidade da água. No entanto, cremos que esta qualidade não sofrerá uma melhoria acentuada a curto prazo, pelas seguintes razões:

- algumas saídas de esgoto existentes em áreas de desenvolvimento recente ainda não se encontram ligadas à rede de tratamento de resíduos líquidos;
- a água das chuvas não é tratada e pode afectar a qualidade das águas do estuário;
- os sedimentos em suspensão provenientes do fundo do estuário podem facilitar a libertação de poluentes e a sua absorção pelo corpo da água;
- a água da corrente mais a norte, no caso de ser má, pode constituir a principal barreira à melhoria da qualidade das águas do estuário.

Quando as situações acima enunciadas forem rectificadas, e com a cooperação de todos os interessados, esperamos que a qualidade das águas do estuário se torne ambientalmente segura.

## BIBLIOGRAFIA

- Ao, M. L., (1997) *Fax Information*. Gabinete da Central de Incineração e da Estação de Tratamento de Águas Residuais, Macau.
- Dafoe, T., (1991) *Mission Report for Macau Estuarine Water Quality Monitoring*. World Health Organisation Regional Office for the West Pacific.
- Ellis, J. B., (1992) *Basic Data Information on the Water Quality of the Pearl River Delta, Guangdong Province*. Urban Pollution Research Centre, Middlesex Polytechnic.
- Environmental Protection Department, (1990) *Marine Water Quality in Hong Kong*. Environmental Protection Department, Hong Kong Government, Hong Kong.
- Gray, J. S., (1992) Eutrophication in the sea. *In Marine Eutrophication and Population Dynamics*. 25th European Marine Biology Symposium, Olsen & Olsen, Denmark.

- Greenberg, A.E., Trussell, R.R., Clesceri, L.S., (1985) *Manual for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, Washington, D.C.
- Instituto Hidrográfico, (1991) *Carta de Macau, Taipa e Coloane*. Instituto Hidrográfico, Lisboa.
- Laboratório de Saúde Pública, (1993) *Report on the Estuarine Water Monitoring Program (1992)*. Laboratório de Saúde Pública, Macau.
- Laboratório Municipal, (1997) *Relatório SAAM/96*. Laboratório Municipal, Macau.
- Serviços de Estatística e Censos de Macau, (1996) *Inquérito Industrial*. Serviços de Estatística e Censos de Macau, Macau.