



Cromo hexavalente em peixes oriundos da Baía de Sepetiba no Rio de Janeiro, Brasil: uma avaliação de risco à saúde humana

(<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.568>)

**Adalberto Luiz Miranda Filho¹; Anne Karin Madureira da Mota²;
Carla da Costa Cruz³; Carlos Alexandre Rey Matias⁴; Aldo Pacheco Ferreira⁵**

Programa de Saúde Pública e Meio Ambiente da Escola Nacional de Saúde Pública

Sérgio Arouca-FIOCRUZ, Rio de Janeiro, Brasil

¹luizmiranda@ensp.fiocruz.br; ²annekarinmm@gmail.com;

³carlacruz23@hotmail.com; ⁴camatias75@gmail.com;

⁵aldopachecoferreira@gmail.com

RESUMO

Introdução: Certos metais, dentre eles o cromo hexavalente causam forte impacto na estabilidade dos ecossistemas e provocam efeitos adversos na saúde dos seres humanos. Com isso, o presente trabalho teve o objetivo de estimar um modelo de risco à saúde humana associado ao consumo de peixes oriundos da Baía de Sepetiba. **Metodologia:** Trata-se de uma avaliação de risco cuja metodologia proposta foi desenvolvida pela *United States Environmental Protection Agency* (USEPA). Os modelos foram estimados a partir do banco de dados toxicológicos (USEPA) e de amostras coletadas na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. **Resultados:** Os riscos de intoxicação e carcinogênico estimados para o consumo de peixes das espécies *M. furnieri* e *C. acoupa* foi considerado pequeno. **Conclusão:** A partir da análise, conclui-se que o risco de um agravo toxicológico ou carcinogênico à saúde devido ao consumo do pescado com altos níveis de cromo⁶⁺ oriundo da Baía de Sepetiba é baixo. Ainda assim, ressalta-se a validade do uso de métodos de monitoramento em ambientes costeiros, na busca do controle e da saúde ambiental, repercutindo na qualidade de vida e saúde da população.

Palavras-chave: Avaliação de risco; saúde humana; cromo hexavalente; neoplasia.

Hexavalent chromium in fish from the Sepetiba Bay in Rio de Janeiro, Brazil: a risk assessment to human health

ABSTRACT

Introduction: Certain metals, among them hexavalent chromium influence the stability of ecosystems and cause adverse effects on human health. Thus, this study aimed to estimate a risk model of human health associated with fish consumption from the Sepetiba Bay. **Methodology:** This risk assessment methodology was developed by the United States Environmental Protection Agency (USEPA). The models were implemented using the USEPA toxicological databases and samples from the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro. **Results:** The intoxication and carcinogenic risk estimated for fish consumption of *M. furnieri* and *C. acoupa* species were considered small. **Conclusion:** Based on the analysis, we conclude that the toxicological risk or carcinogenic injury to health due to fish consumption with high levels of cromo⁶⁺ coming from Sepetiba Bay is low. Still, it emphasizes the validity of utilizing monitoring methods in coastal environments, for health and environmental control.

Keywords: risk assessment; human health; hexavalent chromium; neoplasm.

1. INTRODUÇÃO

Certos metais causam forte impacto na estabilidade dos ecossistemas e provocam efeitos adversos na saúde dos seres humanos. Alguns são capazes de causar efeitos tóxicos agudos e câncer em mamíferos. Até mesmo elementos essenciais à manutenção e ao equilíbrio à saúde, quando em excesso, tornam-se nocivos (Moraes e Jordão, 2002). Com tratamento de efluentes inexistentes ou precários, essas substâncias são comuns em ambientes aquáticos de áreas urbanas e, por não serem biodegradáveis, são persistentes no ambiente. Com isso, o ambiente marinho e toda a vida que dele depende, assim como o abastecimento de água, podem ser comprometidos (Ferreira e Horta, 2010).

Dentre esses elementos, destacamos o cromo (Cr). Ocorre naturalmente em rochas, animais, plantas e no solo, podendo se apresentar na forma de íons com valência +2, +3 e +6, sendo utilizado em diversos processos industriais. As formas mais importantes para a saúde humana são o Cr^{3+} (cromo trivalente), essencial para o metabolismo e o Cr^{6+} (cromo hexavalente), potencialmente tóxica, pois é carcinogênica e mutagênica. Seu uso nas indústrias está relacionado com a resistência à corrosão, sendo empregadas em ligas metálicas ácido-resistentes, tintas anticorrosivas, em operações de cromagem (ácido crômico) e na impregnação de madeira (ATSDR, 2009).

A maior parte do cromo liberado na água deposita-se nos sedimentos e apenas uma pequena porcentagem pode estar presente na água na forma solúvel e insolúvel. As formas solúveis encontram-se como Cr^{6+} e complexos de Cr^{3+} . Em fase aquosa, o Cr^{3+} ocorre como partícula sólida adsorvida a materiais argilosos, orgânicos ou óxido de ferro (ATSDR, 2009). Grandes quantidades de matéria orgânica presentes na água podem reduzir Cr^{6+} a Cr^{3+} , dependendo também das condições de oxi-redução e do pH da água (FDA, 1993; Barnhart, 1997; Fagliano et al., 1997; ASTDR, 2009).

No ambiente aquático, o cromo existe como cromato e é assimilado pelo fitoplâncton. O cromato está no estado de oxidação hexavalente e sob condições reduzidas de oxigênio pode ser transformado em Cr^{3+} . Contudo, o Cr^{6+} é a espécie predominante em águas marinhas por ser geralmente estável devido às condições elevadas de oxidação do meio, sendo acumulado nas espécies aquáticas por difusão passiva. Dessa maneira, no ambiente aquático pode ocorrer a bioacumulação desse metal, onde esse elemento dissolvido, suspenso na água ou contido no sedimento é absorvido pelos organismos, particularmente os peixes, através das brânquias e do trato digestivo. A bioconcentração é um evento com grandes chances de ocorrência, quando as substâncias acumuladas nos tecidos dos organismos vivos, ultrapassam a concentração dessa mesma substância no meio (ATSDR, 2010).

A contaminação dos recursos hídricos ocorre principalmente devido a atividades humanas, como a descarga de componentes orgânicos originários dos esgotos domésticos, os efluentes da produção agrícola e os efluentes industriais, sem o devido tratamento. Essas descargas podem conter altos índices de substâncias tóxicas, como metais pesados, que podem ser encontrados na água ou no sedimento (Rio de Janeiro, 2001; Moraes e Jordão, 2002; Ferreira e Horta, 2010).

Os riscos potenciais de contaminação gerados pelas atividades industriais têm maior relevância quando comparados aos riscos gerados pelos esgotos domésticos e pela agricultura (Molisani et al., 2004). Os metais constituem a principal classe de contaminantes emitida por esta atividade, sendo de grande preocupação a elevada quantidade desses elementos que são descarregados na Baía de Sepetiba, na atmosfera e nos rios locais, oferecendo riscos potenciais aos organismos e à população da região, que depende dos recursos pesqueiros como fonte de renda e de alimentação (Rio de Janeiro, 2001; Molisani et al., 2004).

O termo risco pode assumir diferentes significados para diferentes pessoas (Beck, 1992). De forma geral, pode significar uma incerteza associada a um evento futuro ou a um suposto

acontecimento, incluindo circunstâncias que ameaçam a segurança, o bem-estar e a saúde dos indivíduos ou comunidades (Slovic, 2001; Fischhoff et al., 2002). Por conseguinte, o risco, como resultado de ambas as situações, indica uma perspectiva objetiva de quantificação, quer seja no contexto da saúde, da segurança e como em decisões ambientais, em que o conceito de risco envolve um julgamento de valores que reflete muito mais que a simples probabilidade de ocorrência de um determinado evento para além do cálculo da dose associada à exposição, ou de um indicador estatístico de sinistralidade (Guivant, 1998).

A preservação e a utilização racional dos recursos hídricos é um aspecto importante na atualidade, para a resolução de problemas agudos relacionados à questão hídrica, visando ao bem-estar de todos e à preservação do meio ambiente (Barth et al., 2007). A crescente pressão antrópica, principalmente pela implantação progressiva de atividades econômicas e o adensamento populacional de forma desordenada na Baía de Sepetiba, vem ocasionando crescentes problemas ao ambiente, com reflexos significativos na saúde pública (Velloso, 2008). Nos últimos anos, essa região vem sendo alvo de diversas atividades extrativas, de construção e reforma de portos e de um acelerado crescimento industrial e populacional em suas imediações. Assim, grande parte de seus aglomerados urbanos e industrial encontra-se no entorno de estuários e zonas costeiras (Magalhães et al., 2003).

Diante do que foi exposto, o presente trabalho tem como principal objetivo verificar por meio de um modelo de avaliação de risco se o consumo de peixes oriundos da Baía de Sepetiba no estado do Rio de Janeiro pode representar algum efeito deletério à saúde humana.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma avaliação de risco com o intuito de determinar a probabilidade dos efeitos deletérios à saúde associados à exposição humana. A metodologia proposta foi desenvolvida pela USEPA. Os cálculos foram realizados a partir de informações obtidas nos bancos de dados toxicológicos disponíveis no sítio eletrônico RAIS (USEPA, 2009).

2.1. Caracterização do sítio de estudo

A Baía de Sepetiba está localizada na região Sudeste do Brasil, no Estado do Rio de Janeiro (22°55' e 23°05'S / 43° 40' e 44°40'W). Compreende um corpo de águas salinas e salobras, que apresenta um volume aproximado de 3,5 x 10⁹ m³, área de 520 km² e perímetro de 170 km. Possui forma alongada, limitando-se ao norte e ao leste pelo continente, ao Sul pela restinga de Marambaia e a oeste pela Baía de Ilha Grande (Molisani et al., 2004; Silva, 2009). Sua população é estimada em torno de 1,7 milhões de habitantes, que em sua maior parte se concentra na porção pertencente ao município do Rio de Janeiro. Das atividades econômicas da região pode-se destacar o turismo e a pesca artesanal, com a existência de colônias de pescadores, além do crescente desenvolvimento industrial, sendo um dos maiores polos industriais do Estado do Rio de Janeiro com mais de 400 indústrias, incluindo metalúrgicas e petroquímicas (Rio de Janeiro, 2001; Molisani et al., 2004; Ribeiro, 2006).

2.2. Amostras

As amostras foram coletadas na Baía de Sepetiba, em janeiro de 2008, por Silva (2009). A mesma autora determinou as concentrações de Cr⁶⁺ por meio da técnica de Fluorescência de Raios-X por Reflexão Total utilizando Radiação Síncrotron.

2.3. Fonte de exposição

Para o presente estudo, consideramos como fonte de exposição humana aos níveis de Cr⁶⁺, a ingestão de peixes de duas espécies carnívoras. Duas delas da família Sciaenidae, a

Micropogonias furnieri e a *Cynoscion acoupa*, também conhecidas como corvina e pescada amarela, respectivamente.

2.4. Parâmetros dos modelos

Usou-se a concentração média de Cr^{+6} das amostras e seus respectivos intervalos de confiança com 95% de confiabilidade. Os principais parâmetros estimados na modelagem foram: frequência da exposição ao cromo (EFr dia/ano), duração da exposição (EDr ano), tempo (LT ano), peso corporal (BWa kg) e consumo de pescado (IRFa g/dia).

Não encontramos na literatura brasileira informações referentes à frequência de consumo de peixes, assim, consideramos um cenário de exposição diária, ou seja, 366 dias/ano por ano (EFr). Para a duração da exposição estimamos um cenário de exposição longitudinal em 30 anos (EDr) de indivíduos adultos com 70 kg de peso corpóreo (BWa).

Outro parâmetro considerado foi a taxa de consumo de pescado expressa em g/dia que, de acordo com a Secretaria de Desenvolvimento Regional, Abastecimento e Pesca esse consumo no ano de 2010 foi de 23 kg por habitante/ano, o que representa um consumo diário médio de 62.8 gramas (Rio de Janeiro, 2010). Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de exposição considerados no modelo para avaliação de risco ao Cr^{+6} .

Parâmetros de exposição	Sciaenidae (<i>M. furnieri</i> e <i>C. acoupa</i>)
EFr (Frequência da exposição) dia/ano	366
EDr (Duração da exposição) ano	30
LT (Tempo) ano	30
BWa (Peso corporal) kg	70
IRFa (Consumo de pescado) g/dia	62,8

2.5. Avaliação de toxicidade

O objetivo da avaliação de toxicidade é considerar, no modelo, os possíveis efeitos adversos à saúde associados à exposição ao cromo hexavalente, a relação entre a magnitude da associação e as incertezas associadas. Os valores de toxicidade usados foram extraídos a partir do Sistema de Informação de Avaliação de Risco (USEPA, 2009).

De acordo com a Tabela 2, os parâmetros toxicológicos para o pescado é a RfD (Dose de Referência de Ingestão) (mg/kg-dia) de 0,003. O segundo parâmetro é o Fator de Risco (SF) (mg/kg-dia) que representa o valor de toxicidade para estimar o risco de câncer após a exposição oral, que neste caso é $0,5 \text{ (mg/kg-dia)}^{-1}$. O fator de bioconcentração (BCF) é a concentração da substância no peixe (ou no tecido muscular) dividida pela concentração do produto químico no meio circundante no estado estacionário. O fator de bioconcentração (BCFs) é usado para relacionar os resíduos poluentes nos organismos aquáticos para a concentração de poluentes nas águas do ambiente. Assim, o BFC (L/Kg) é de 200, as concentração média de Cr^{+6} no pescado (g/dia) para as espécies da família Sciaenidae (*M. furnieri* e *C. acoupa*) foi de 0,0005 g/dia e 0,00052 g/dia respectivamente conforme Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros toxicológicos considerados no modelo de avaliação de risco.

Parâmetros	Sciaenidae (<i>M. furnieri</i> e <i>C. acoupa</i>)	<i>Micropogonias</i> <i>furnieri</i>	<i>Cynoscion</i> <i>acoupa</i>
RfD* (mg/kg-dia)	0,003	0,003	0,003
Fator de Risco SF (mg/kg-dia)-1	0,5	0,5	0,5
Fator de bioconcentração (BCF) (L/kg)	200	200	200
Concentração no pescado (g/dia)	0,0005	0,00052	0,00046
CDI** (Não carcinogênico)	4,88E-07	5,07E-07	4,49E-07
CDI** (Carcinogênico)	4,88E-07	5,07E-07	4,49E-07

* Dose de Referência para toxicidade crônica

** Ingestão crônica diária ou dose

2.6. Caracterização do Risco

Neste trabalho, o risco refere-se à probabilidade ou perigo potencial resultante da exposição ao Cr⁺⁶ por meio da exposição pela via digestiva. Dois modelos foram estimados, um de intoxicação não carcinogênico e outro denominado carcinogênico. A equação básica usada no cálculo do risco carcinogênico é: (Risco = CDI × SF), em que CDI é a ingestão crônica diária de substâncias tóxicas expressa em (mg/kg/dia) e SF é o fator de risco, expresso em mg/kg-dia. Do mesmo modo, o risco não carcinogênico é representado pela equação QR (quociente de risco) = CDI / RfD.

A RfD representa uma estimativa (com incertezas atribuídas no modelo) de uma exposição oral diária para a população humana exposta à substância (incluindo subgrupos sensíveis). Tais informações são obtidas no banco de dados toxicológico (USEPA's) Integrated Risk Information System (USEPA, 2010), e derivadas de NOAEL (dose em que não se observa efeito adverso) e LOAEL (menor dose em que se observa um efeito adverso), tais valores são disponíveis no sítio eletrônico <http://www.epa.gov/iris/subst/0144.htm>.

3. RESULTADOS

As espécies de peixes e ostra foram escolhidas por apresentar alto interesse comercial e serem amplamente consumidas em todo estado do Rio de Janeiro. De acordo com a Tabela 3, a amostra é constituída por 23 exemplares, sendo a família Sciaenidae constituída por dez exemplares, em que seis exemplares são da espécie *Micropogonias furnieri* e quatro *Cynoscion acoupa*.

Foi encontrada na espécie *Micropogonias furnieri* uma concentração média de Cr⁶⁺ medida no tecido muscular de 0,52 µg·g⁻¹, intervalo de confiança de (IC95% 0,43–0,56) e desvio padrão de 0,15 µg·g⁻¹. Na espécie *Cynoscion acoupa*, a média da concentração de Cr⁶⁺ é 0,46 µg·g⁻¹, com desvio padrão de 0,08 µg·g⁻¹ e intervalo de confiança de (IC95% 0,39–0,52 conforme Tabela 3) (Silva, 2009).

Tabela 3. Concentrações de Cr⁶⁺ (µg•g⁻¹ em peso úmido) no tecido muscular esquelético de peixes da família Sciaenidae (*M. furnieri* e *C. acoupa*) e ostras *Crassostrea brasiliana*, capturados na Baía de Sepetiba (RJ).

Espécies	N	Média	IC95%	DP
Sciaenidae (<i>M. furnieri</i> e <i>C. acoupa</i>)	10	0,50	0,43–0,56	0,13
<i>Micropogonias furnieri</i> (corvina)	6	0,52	0,50–0,53	0,15
<i>Cynoscion acoupa</i> (pescada amarela)	4	0,46	0,39–0,52	0,08

Fonte: adaptado de Silva (2009).

N = número de amostras; DP=desvio padrão; IC95%=Intervalo de confiança com 95% de confiabilidade.

Após a identificação das concentrações e fixação dos parâmetros do estudo e de toxicidade, estimou-se o risco carcinogênico (CDI × SF) e não carcinogênico (CDI / SF) associado ao consumo do pescado oriundo da Baía de Sepetiba (Tabela 4). Essa estimativa de risco segue duas escalas independentes, a primeira é caracterizada como risco de intoxicação ou de toxicidade (não carcinogênico) que representa qualquer caso de intoxicação pelo Cr⁶⁺ pelo consumo de peixes, após os trinta anos de exposição e a outra estimativa é caracterizada pelo risco de um evento carcinogênico pela exposição oral ao Cr⁶⁺ após os trinta anos de exposição.

De acordo com a Tabela 4, o risco de intoxicação estimado para o consumo das duas espécies da família Sciaenidae (*M. furnieri* e *C. acoupa*) foi de 0,000150% que representa a probabilidade de 1,50/10000 indivíduo. Para o consumo de pescado da espécie *Micropogonias furnieri* foi 0,0000156%, ou seja, 1,56/10000 indivíduos e para a espécie *Cynoscion acoupa* o risco estimado foi 0,0000138% ou 1,38/10000.

Tabela 4. Risco relacionado ao consumo de pescado oriundos da Baía de Sepetiba (RJ).

Espécie do Pescado	Risco de intoxicação (%)	Risco carcinogênico (%)
Sciaenidae (<i>M. furnieri</i> e <i>C. acoupa</i>)	0,000150	0,000000964
<i>Micropogonias furnieri</i>	0,000156	0,000000100
<i>Cynoscion acoupa</i>	0,000138	0,000000887

O risco carcinogênico calculado no modelo para o consumo da espécie Sciaenidae (*M. furnieri* e *C. acoupa*) foi 0,000000964% que representa a probabilidade de 9,64/10000000 indivíduos sofrerem algum agravo carcinogênico. Do mesmo modo, o consumo de pescado da espécie *Micropogonias furnieri* foi estimado em 0,000000100%, ou seja, 1,00/10000000 indivíduos, para a espécie *Cynoscion acoupa* o risco estimado foi 0,000000887% ou 8,87/1000000 indivíduos.

4. DISCUSSÃO

Molisani et al. (2004) observaram elevados níveis de metais pesados nos manguezais da Baía de Sepetiba. A presença desses metais em peixes, crustáceos e moluscos bivalves está associada a riscos à saúde humana, pois esse contaminante pode se acumular em indivíduos que consomem organismos marinhos. Uma vez que muitas espécies dependem desse ecossistema para reprodução e alimentação sua contaminação ganha relevância no âmbito da saúde pública e do meio ambiente (Lima et al., 1989; Lacerda, 1998; Molisani et al., 2004).

A International Agency for Research on Cancer (IARC, 1990) e Nacional Toxicology Program (NTP, 2008) incluem o Cr^{6+} nos grupos dos agentes comprovadamente carcinogênicos em animais e em humanos. A sua inalação é descrita como indutor do desenvolvimento de câncer de pulmão. De acordo com a Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR, 2009), o Cr^{6+} mostrou-se associado ao desenvolvimento de câncer de estômago em humanos expostos ao consumo de água potável. Em estudos in vivo, a exposição à forma hexavalente desenvolveu tumores no estômago e no intestino de ratos (ASTDR, 2010). A mutagenicidade foi comprovada por meio de pesquisas em bactérias, células de mamíferos e camundongos (Mccarroll et al., 2010).

Em metanálise, De Flora et al. (2002) destacam 32 estudos que demonstram alguma evidência de genotoxicidade do cromo hexavalente associados a desfechos carcinogênicos e não carcinogênicos. Embora existam evidências mostrando que o Cr^{6+} é cancerígeno para indivíduos expostos ocupacionalmente por meio da inalação, poucas evidências sugerem um possível efeito carcinogênico pela exposição oral. O seu mecanismo de ação parece estar nas possíveis ações de interação dessa substância com outros fatores ambientais (Langard, 1990).

De acordo com o SEAPPA (Rio de Janeiro, 2010), o Rio de Janeiro ocupa o primeiro lugar no ranking entre os estados brasileiros no consumo de pescado, com a média de 23 kg por habitante/ano. Esse índice é superior inclusive ao de países do primeiro mundo, em torno de 20 kg por habitante/ano.

Nesse estudo, o risco estimado de intoxicação e o risco carcinogênico pelo consumo do pescado da Baía de Sepetiba é considerado baixo. No entanto, os peixes representam uma fonte de proteína e são um alimento considerado de alto valor nutricional sendo importante constituinte da dieta, principalmente de populações de pescadores, assim deve ter as concentrações de metais pesados constantemente avaliadas (Cavalcanti, 2003). Dado que essa região possui uma população ribeirinha estimada em levantamentos da FIPERJ (2010) em, aproximadamente, 60 mil famílias de pescadores. Uma dieta baseada em pescado pode representar um risco pequeno, que precisa ser mais bem elucidado por estudos com essa população.

Embora o risco não carcinogênico e carcinogênico encontrado neste trabalho seja muito pequeno o que gostaríamos de alertar é que, via de regra, as neoplasias são desenvolvidas a partir de exposições a múltiplos fatores ambientais associado aos genéticos (Guerra et al., 2005). Nesse sentido, a ingestão de pescado com níveis de Cr^{6+} associado a outras condições de risco como tabagismo, etilismo e uma dieta rica em gordura, além da presença de *Helicobacter pilory*, pode favorecer o desenvolvimento de intoxicações, ulcerações e neoplasias no estômago.

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser levadas em consideração, principalmente, pelo seu poder de apontar algum tipo de associação. É possível apenas estimar uma probabilidade a partir de um cenário de exposição, construído com base nos níveis de Cr^{6+} em pescado. Essa probabilidade individual só se reflete levando em consideração os parâmetros estimados no modelo. Com isso, tornam-se necessários estudos com metodologias diferentes, mais robustas com o poder de apontar uma possível associação entre exposição oral a essa substância e o desenvolvimento de algum desfecho impactante a saúde humana.

As evidências da literatura e os níveis atuais encontrados no pescado do Rio de Janeiro indicam no mínimo um cenário de alerta aos órgãos de Vigilância. Embora com superfície territorial de apenas 0,5% do território nacional, o estado é o terceiro maior produtor de pescado no país, com produção anual de 68.428 toneladas, ficando atrás de Santa Catarina e Pará (Rio de Janeiro, 2010).

Outro aspecto importante neste trabalho é no que diz respeito às principais normas brasileiras e internacionais que especificam os limites aceitáveis de cromo Cr^{6+} em alimentos

como demonstra a Tabela 5. A Portaria ANVISA (1998) nº685/98 que determina os limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos em alimentos, não apresenta dados relativos ao cromo.

Tabela 5. Valores de referência, Cr⁶⁺.

Valores de Referência (Cr ⁶⁺)	mg/kg	Descrição
Portaria nº 11/87 (BRASIL, 1987)	0,0001	Limite Máximo de Tolerância
US-EPA (Efeitos hematológicos)	0,005	Minimal Risk level-MRLS
US-EPA (Efeitos gastrointestinais)	0,001	Minimal Risk level-MRLS

Neste trabalho, as concentrações de Cr⁶⁺ em todos os exemplares analisados estão acima do que preconiza a atual norma brasileira. Essa concentração quando comparada com dados da US-EPA estão acima do limiar significativo, gerando por si só um maior risco de agravos hematológicos e gastrointestinais. Essa diferença de valores entre a atual legislação brasileira e a literatura mundial nos permite discutir sobre os atuais níveis e sobre a necessidade de uma nova norma que esteja de acordo com parâmetros mais atuais.

5. CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados da avaliação de risco, conclui-se que o risco de um agravo toxicológico à saúde devido ao consumo do pescado com altos níveis de Cr⁶⁺ oriundo da Baía de Sepetiba é baixo. Contudo esses resultados não são conclusivos. Haja vista a importância da Baía de Sepetiba como fonte de pescado e a toxicidade de muitos metais quando ingeridos alertam para a necessidade do monitoramento dos níveis de metais pesados, em especial do Cr⁶⁺.

6. REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA (Brasil). **Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998.** Princípios gerais para o estabelecimento de níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos e anexo. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685_98.htm>. Acesso em: 9 nov. 2010.
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR (USA). **Chromium.** 2010. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=17>>. Acesso em: 07 dez. 2010.
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR (USA). **Toxicological profile for chromium.** 2009. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=62&tid=17>> Acessado em: 7 dez. 2010.
- BARNHART, J. Occurrences, uses and properties of chromium. **Regul. Toxicol. Pharmacol.**, v. 26, p. 53-57, 1997. <http://dx.doi.org/10.1006/rtp.1997.1132>
- BARTH, J. A. C.; GRATHWOHL, P.; JONES, K. C. AquaTerra: pollutant behavior in the soil, sediment, ground, and surface water system. **Environmental Pollution**, v.148, n. 3, p. 693-694, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2007.01.043>
- BECK, U. **Risk society: towards a new modernity.** Londres: Sage, 1992.

MIRANDA FILHO, A. L.; MOTA, A. K. M.; CRUZ, C. C.; MATIAS, C. A. R.; FERREIRA, A. P. Cromo hexavalente em peixes oriundos da Baía de Sepetiba no Rio de Janeiro, Brasil: uma avaliação de risco à saúde humana. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 200-209, 2011. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.568>)

- CAVALCANTI, A. D. Monitoramento da contaminação por elementos traço em ostras comercializadas em Recife, Pernambuco, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 5, p. 1545-1551, 2003.
- DE FLORA, S.; BAGNASCO, M.; SERRA, D.; ZANACCHI, P. Genotoxicity of chromium compounds. A review. **Mutation Research**, v. 238, n. 2, p. 99-172, 1990.
- FAGLIANO, J. A.; SAVRIN, J.; UDASIN, I.; GOCHFELD, M. Community exposure and medical screening near chromium waste sites in New Jersey. **Regul. Toxicol. Pharmacol.**, v. 26, n. 1, p. S13-S22, 1997. <http://dx.doi.org/10.1006/rtp.1997.1134>.
- FERREIRA, A. P.; HORTA, M. A. P. Trace element residues in water, sediments, and organs of Savacu (*Nycticorax nycticorax*) from Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Ambi-Água**, v. 5, n. 1, p. 17-28, 2010.
- FISCHHOFF, B.; BOSTROM, A.; QUADREL, M. J. Risk perception and communication. In: DETELS, R.; MCEWEN, J.; BEAGLEHOLE, R.; TANAKA, H. **Oxford textbook of public health London**. Oxford: University Press, 2002.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FDA. **Guidance document for chromium in shellfish**. Washington, D.C.: Center for Food Safety and Applied Nutrition, 1993.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESCA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - **FIPERJ**. 2010. Disponível em: <<http://www.fiperj.rj.gov.br/indexo.html>>. Acesso em: set. 2011.
- GUERRA, M. R.; MOURA GALLO, C. V.; MENDONÇA, G. A. S. Risco de câncer no Brasil: tendências e estudos epidemiológicos mais recentes. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 51, n. 3, p. 227-234, 2005.
- GUIVANT, J. A trajetória das análises de risco: da periferia ao centro da teoria social. **Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais**, v. 46, p. 3-38, 1998.
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER - IARC. **Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: chromium, nickel and welding**. Lyon, 1990. p. 49-214.
- LACERDA, L. D. **Biogeochemistry of trace metal and diffuse pollution in mangrove ecosystems**. Okinawa: International Society for Mangrove Ecosystems, 1998.
- LANGARD, S. One hundred years of chromium and cancer: a review of epidemiological evidence and selected case reports. **Am. J. Ind. Med.**, v. 17, p. 189-215, 1990.
- LIMA, N. R. W.; PFEIFFER, W. C.; FISZMAN, M. *Spartina alterniflora* as a potential source of heavy metal to the food chain of the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Environ. Technol. Lett.**, v. 10, p. 909-920, 1989. [http://dx.doi.org/10.1016/S0041-0101\(03\)00144-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0041-0101(03)00144-2).
- MAGALHÃES, V. F. et al. Microcystins (cyanobacteria hepatotoxins) bioaccumulation in fish and crustaceans from Sepetiba Bay (Brazil, RJ). **Toxicol.**, v. 42, n. 3, p. 289- 295, 2003.
- MCCARROLL, N.; KESHAVA, N.; CHEN, J.; ARKEMAN, G.; KLIGERMAN, A.; RINDER, E. An evaluation of the mode of action framework for mutagenic carcinogens case study II: chromium (VI). **Environmental and Molecular Mutagenesis**, v. 51, p. 89 -111, 2010.

MIRANDA FILHO, A. L.; MOTA, A. K. M.; CRUZ, C. C.; MATIAS, C. A. R; FERREIRA, A. P. Cromo hexavalente em peixes oriundos da Baía de Sepetiba no Rio de Janeiro, Brasil: uma avaliação de risco à saúde humana. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 200-209, 2011. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.568>)

MOLISANI, R. V. et al. Environmental changes in Sepetiba Bay, SE Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 4, p.17-27, 2004. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-003-0060-9>.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM - NTP. **NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies of sodium dichromate dihydrate (CAS No. 7789- 12-0) in F344/N rats and B6C3F1 mice (drinking water studies)**. 2008. Disponível em: <http://ntp.niehs.nih.gov/files/546_web_FINAL.pdf>. Acesso em: 19 set. 2011.

RIBEIRO, A. P. **Procedimento de fracionamento comparando o modelo de atenuação para a avaliação de mobilidade de metais pesados em sedimentos da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro**. 2006. 159f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energética e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento - **SEAPPA**. 2010. Disponível em: <<http://www.agricultura.rj.gov.br>>. Acesso em: 15 set. 2011.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Desenvolvimento Sustentável. **Ambientes das águas no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2001. 228 p.

SLOVIC, P. **The perception of risk**. London: Earthscan, 2001.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Risk assessment information system - RISK**. 2009. Disponível em: <http://rais.ornl.gov/cgi-bin/prg/RISK_search?select=chem>. Acesso em: jul. 2010.

VELLOSO, M. P. Os restos na história: percepções sobre resíduos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, n. 6, p. 1953-1964, 2008.