

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**AVALIAÇÃO DE SIRIS DA ESPÉCIE *Callinectes danae* COMO
BIOMONITORES DEFINITIVOS NA IDENTIFICAÇÃO DE FONTES EMISSORAS**

ISABELLA CRISTINA DA COSTA LEAL BORDON

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na área de
Tecnologia Nuclear - Materiais**

Orientador:

Prof. Dr. Jorge Eduardo de Souza
Sarkis

Versão Corrigida

Versão Original disponível no IPEN

SÃO PAULO

2014

Agradecimentos

Em muitos momentos, duvidei que conseguiria concluir esta tese. As dificuldades foram imensas, mas a fé, o apoio e a participação da família, amigos e colegas de área foram **INDISCUTIVELMENTE** o combustível que me moveu e que permitiu a conclusão deste documento.

Primeiramente, agradeço a Deus e ao Cristo por me permitirem a vida.

À Yemanjá yê, querida Rainha do mar, por me permitir conhecer (mesmo que uma parte ínfima) o ambiente marinho, tão complexo, profundo e sagrado! ODOIÁ!

Ao Prof. Dr. Jorge Sarkis, meu orientador, pela oportunidade de trabalhar no Laboratório de Caracterização Isotópica, o que permitiu a condução e conclusão deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro concedido.

Ao meu marido, Pedro, pelo amor, pela imensa paciência e por sua presença nas horas mais difíceis, que exigiram que alguém estivesse mais centrado que eu para me incentivar a seguir até o fim.

Aos meus pais, Anne e Abinael, e à Maluzinha, por tudo que vivemos até agora, e por estarem presentes em todas as horas, fossem elas alegres ou tristes.

Aos meus sogros, Antonia e André, e aos meus cunhados, por todo amor que dispensaram durante este período de luta.

Ao Dr. Afonso Aquino, que tanto me ajudou nesta fase importante da minha vida, com conselhos, suporte emocional e científico.

Ao MSc. Gustavo Maluf Gobatto, amigo que me deu suporte emocional quando minha família não pode me assistir durante este doutoramento. Caro amigo: conte comigo sempre, até mesmo em coleta de sedimento próxima ao emissário de Santos, durante uma tempestade, sem colete salva-vidas (risos).

Às minhas meninas, Mariana Lima e Nathália Andrade: MUITO, MUITO, MUITOOOOOOOOOOOOOOOO OBRIGADA!!! CONTEM COMIGO!!!

À MSc. Luciana Vieira, queridíssima amiga, pelo seu milagroso ouvido e pela amizade maravilhosa.

Aos amigos de sala, futuros Dr. Ernesto Diaz e Dr. Cristina Zampieri, pelas conversas, risadas, polêmicas, enfim, pela valiosíssima amizade.

Aos MSc. "Rafaeis" Pestana e Marin, pelas piadas e risadas nas horas de maior estresse.

À MSc. Marta da Silva e à Prof^a Marcia da Silva, pela amizade e pela preocupação com meus estudos.

À Dra. Carolina Joerges, pelo apoio psicoemocional e pela valiosa amizade.

Ao técnico Luiz Evangelista, meu amigo, que foi o primeiro a auxiliar o piloto deste trabalho.

Ao Dr. João Ulrich, O HOMEM DA QUALIDADE, que muito me ajudou com suas conversas, conselhos e puxões de orelha.

Ao MSc. Marcos Hortellani, pela sua cooperação e paciência nas análises no Absorção Atômica.

Ao Dr. Acácio Tomás e ao MSc. Allan Scalco, meus amigos, que me apoiaram nas coletas em campo. Não há o que pague o esforço físico que vocês fizeram por este trabalho.

Aos estagiários do Dr. Acácio: Silmara, Raphael, Tomás, Carla e outros que já não estão mais estagiando e que muito me auxiliaram na triagem do material.

Ao Seu Jackson, meu barqueiro número 1, que me acompanha em coletas desde 2005.

À Dona Marta e ao Seu Luiz, pelo cafezinho das 9:00h e pelas palavras de conforto e apoio.

Às meninas da equipe de limpeza do CLA, principalmente à Verinha e à Antônia, pelo carinho.

Ao Dr. Denis Abessa, Dra. Tânia Márcia Costa e ao Dr. Ronaldo Christofolletti, que prontamente se dispuseram a me auxiliar durante esta etapa, em diversas ocasiões.

À Dra. Cláudia Maris, Dra. Deborah Fávaro e ao Dr. José Oscar Vega Bustillos, que confiaram a mim o trabalho de alguns de seus alunos. Muitas vezes, foi a confiança deles no meu trabalho que me incentivou a seguir e confiar em mim mesma.

À Dra. Patrícia Teixeira, Dra. Fernanda Menezes e à Dra. Danielle Dias: MUITO OBRIGADA, AMIGAS!

À Adriane Tempest e ao Dr. Roberto Borges, do Ministério Público do Estado de São Paulo, que muito me ajudaram com informações e conselhos.

À queridíssima futura Dra. Ana Carolina Mazzuco, por todos esses anos de amizade e pelo auxílio na estatística.

À futura Dra. Larissa Pereira, veterana que me escutou durante alguns almoços, nos momentos mais críticos.

À Dra. Marycel Cotrim e ao técnico Maurício Kakazu, do CQMA, que me auxiliaram na conduta das últimas análises.

À Dra. Ágata Romero, pela ajuda com os mapas e pelo companheirismo via email (risos).

À Dra. Rachel Hauser Davis, pela ajuda nos últimos minutos da prorrogação deste doutoramento (risos).

Ao Sr. Mauro Cerdeira e Sra. Adriana, que foram peças-chave para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos de sempre: Tatiane, Fernando, Samira, Família Figueiredo, Felipe, Anselmo, Aline, Ludmila, Johnny, Keiko, Pitú, João Carlos, Mônica, Walter, Eliane. Aos meus tios e primos das famílias ANTUNES DA COSTA e BORDON.

Foram tantas pessoas que me auxiliaram neste processo que é possível que eu tenha esquecido algum nome. De forma a preencher esta lacuna, declaro aqui meu sentimento de gratidão por todos que, de alguma forma, se sintam parte deste trabalho.

"Enquanto os rios correrem para o mar, os montes fizerem sombra aos vales e as estrelas fulgirem no firmamento, deve durar a recordação do benefício recebido na mente do homem reconhecido." Virgílio

*“Lembraí do tempo que levastes para chegar aqui, de todas as vitórias e lágrimas,
de todos os sorrisos e fracassos.*

Lembraí dos sonhos realizados, das frustrações, das decepções colhidas.

Lembraí de tudo o que passou.

*Ganhastes mais força, mais sabedoria e finalmente podes olhar para o que há
diante de ti e perceber que apenas chegastes ao começo.*

– Seja bem vindo ao começo!”

Augusto Branco

“Peço-te o prazer legítimo e o movimento preciso

Tempo tempo tempo tempo

Quando o tempo for propício

Tempo tempo tempo tempo...

De modo que o meu espírito ganhe um brilho definido

Tempo tempo tempo tempo

E eu espalhe benefícios

Tempo tempo tempo tempo...

O que usaremos prá isso fica guardado em sigilo

Tempo tempo tempo tempo

Apenas contigo e comigo

Tempo tempo tempo tempo...”

Caetano Veloso

AVALIAÇÃO DE SIRIS DA ESPÉCIE *Callinectes danae* COMO BIOMONITORES DEFINITIVOS NA IDENTIFICAÇÃO DE FONTES EMISSORAS

Isabella Cristina da Costa Leal Bordon

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo desenvolver uma nova proposta de uso de um biomonitor na identificação de fontes emissoras de metais no meio ambiente. Foi selecionada a espécie de siri *Callinectes danae* como biomonitor e o estuário de Santos como área de estudo. Numa primeira etapa e considerando que o siri é um organismo bentônico, foi realizada uma avaliação preliminar do teor de metais no sedimento do estuário. Em seguida, foi realizada uma avaliação preliminar do teor de metais nos diferentes tecidos de indivíduos coletados na região (brânquias, hepatopâncreas e músculos). Baseado nos experimentos anteriores, foi proposto um modelo de distribuição dos metais entre os tecidos e destes em relação aos sedimentos. A validação deste modelo de distribuição (assinatura química) foi realizada por meio de um conjunto de procedimentos que visaram testar: 1) a robustez em função do tempo; 2) a especificidade para a região de estudo; 3) a sensibilidade às alterações dos níveis de metais em cada tecido. A partir deste modelo, foram identificados indícios para atribuição de fontes emissoras de metais. Desta forma, concluiu-se que, para a região do estuário de Santos, o siri da espécie *C. danae* pode ser utilizado como um biomonitor. O modelo proposto foi eficaz, uma vez que foi capaz de responder de forma conclusiva-positiva a todos os testes realizados na sua validação, confirmando esta espécie como um biomonitor definitivo para região. A robustez do modelo irá aumentar com novas coletas e a realimentação do banco de dados.

Palavras-chave: Baixada Santista, estuário de Santos, metais, siri, *Callinectes danae*

ASSESSMENT OF CRABS *Callinectes danae* AS DEFINITIVE BIOMONITORS OF METAL EMISSIONS

Isabella Cristina da Costa Leal Bordon

ABSTRACT

This study aimed to develop a new methodology for the use of a biomonitor in the identification of metal discharges in environmental evaluations. Crabs of *Callinectes danae* species were used in an evaluation conducted in the Santos Estuarine System. In the first experiment and since *C. danae* is a benthic species, a preliminary assessment of the metal concentrations in sediment samples collected in the Santos Estuarine System was performed. Subsequently, a preliminary assessment of metal concentrations in the *C. danae* tissues was also performed. The last experiment aimed to identify a chemical fingerprint for the Santos Estuarine System. The development of validation procedures for this model (chemical fingerprint) was conducted and aimed to test: 1) the stability of this model through time; 2) its local specificity for the Santos Estuarine System; 3) the sensibility of this model due to modifications in the metal concentrations in each tissue (gills, hepatopancreas and muscles). By the use of this model, it was possible to identify the sources of metal emissions. According to the results, *C. danae* can be used as a biomonitor for the Santos Estuarine System. The established model was able to responde in a positive-conclusive way to all the tests performed in its validation, confirming this species as a definitive biomonitor for this area. Thus, the stability of this model will increase with new sampling campaigns and consequently introduction of new information in the database.

Keywords: Baixada Santista, Santos estuarine system, metals, swimming crab, *Callinectes danae*

SUMÁRIO

	Página
1.INTRODUÇÃO.....	27
2.HIPÓTESE.....	32
3.OBJETIVOS.....	33
4. REVISÃO DA LITERATURA.....	34
4.1.Situação da ocupação na zona costeira brasileira: ênfase na Baixada Santista.....	34
4.2.Breve histórico do monitoramento ambiental no estuário de Santos - São Vicente.....	35
4.3. Caracterizando a contaminação: o sedimento.....	37
5. ETAPAS DE ESTUDO.....	40
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
6.1.Etapa 1: Avaliação preliminar do sedimento.....	42
6.2.Etapa 2: Análise preliminar do teor de metais em tecidos de <i>C. danae</i>	46
6.3.Etapa 3: Análise de assinaturas químicas: tecidos de siri <i>C. danae</i> e sedimento.....	51
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
7.1.Etapa 1.....	59
7.2.Etapa 2.....	68
7.3.Etapa 3.....	74
8. CONCLUSÕES.....	147
9.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	149
10.APÊNDICES.....	161
11.ANEXOS.....	170

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Áreas delimitadas para o estudo e seus respectivos pontos de coleta, com coordenadas geográficas.....	51
TABELA 2: Concentrações de metais obtidas nas análises do material de referência Buffalo River sediment, valores certificados, recuperação (em %), validação do método de digestão para Buffalo River sediment apresentada no método 3051A e recuperação (em %) segundo esta validação.....	59
TABELA 3: Concentrações dos metais, percentual de silte-argila e COT das amostras de sedimento do sistema estuarino de Santos (n=16). Valores acima de TEL estão em negrito e valores acima de PEL estão em negrito e sublinhado.....	60
TABELA 4: Correlação de Pearson para os metais, percentual de silte-argila e COT analisados em amostras de sedimento (n=16) do sistema estuarino de Santos.....	63
TABELA 5: Caracterização dos grupos definidos pela composição química.....	68
TABELA 6: Sexo, estágio de maturação (EM), peso total (PT), comprimento (CC) e largura (LC) da carapaça dos indivíduos analisados da espécie <i>C. danae</i> (n=10).....	69
TABELA 7: Concentrações de metais obtidas nas análises dos materiais de referência TORT-2 e Oyster tissue, valores certificados e recuperação (em %)...	70
TABELA 8: Limites de detecção (LD) para cada metal de interesse.....	70

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

