

VI-265 – AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA ATENUAÇÃO NATURAL DE SEDIMENTO DE MANGUEZAL CONTAMINADO COM HIDROCARBONETOS DE PETRÓLEO

Pedro Assis Ribeiro de Castro⁽¹⁾

Biólogo pela Universidade Santa Úrsula (USU). Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Sérvio Túlio Alves Cassini

Professor Associado do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade do Espírito Santo (UFES)

Eustáquio Vinícios Ribeiro de Castro

Professor do Departamento de Química da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Pedro Santana Cassini

Oceanógrafo pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Eudrades José Chaves Júnior

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia Ambiental – Universidade Federal do Espírito Santo – Av. Fernando Ferrari, S/N – Jardim da Penha - Vitória – ES, CEP 29060-970 – Brasil – Tel: (27) 81333542 – e-mail: parcastro@yahoo.com.br.

RESUMO

O manguezal está entre os ecossistemas mais sensíveis a derramamento de óleo. Dentro destas atividades de potenciais risco de degradação, as causas de poluição nos manguezais podem ser destacadas como uma das mais agressivas ao derramamento de hidrocarbonetos de petróleo ocasionados principalmente por indústrias petroquímicas e embarcações que utilizam este mineral como combustível.

O sedimento de manguezal pode ser facilmente impregnado pelo óleo devido à alta concentração de matéria orgânica que apresentam mesma polaridade química, com isso intensificando os impactos imediatos agudos, além dos efeitos crônicos sobre toda a biota no local atingido.

A ecotoxicologia é uma das ferramentas bem utilizadas para avaliação de impacto ambiental aos seres vivos de um determinado local, podendo evidenciar o grau de contaminação por organismos sensíveis a alterações ambientais.

No presente estudo, foi feito um derrame simulado de diversos tipos de hidrocarbonetos de petróleo (Petróleo Bruto, de onde originaram também as Frações Leve, Média e Pesada) no sedimento de manguezal, fora do ambiente de origem, acondicionados em vasos de planta, onde puderam ser monitorados por um pouco mais de um mês, através de ensaios ecotoxicológicos agudo com as bactérias bioluminescentes sensíveis, *Vibrio fischeri*.

Assim, foi possível observar que mesmo num curto período os efeitos de atenuação ecotoxicológica de alguns hidrocarbonetos. Podendo assim caracterizar a interação e os possíveis efeitos tóxicos à biota atingida pelos diferentes tipos de hidrocarbonetos numa escala temporal.

PALAVRAS-CHAVE: Manguezal, Sedimento, Ecotoxicologia, efeito agudo, *Vibrio fischeri*, Eutrofização, Vitória - ES.

INTRODUÇÃO

Os Manguezais estão sob constante risco de degradação devido a atividades industriais e portuárias, pesqueiras, exploração mineral, turísticas, entre outras, sem um planejamento adequado, vem colocando em risco os estuários e ecossistemas associados.

Algumas das atividades de potenciais riscos de degradação, as causas de poluição no ecossistema manguezal podem ser térmicas, metais pesados, agrotóxicos, poluição por nutrientes e os derramamentos de óleo [4]

Dentre as atividades potencialmente poluidoras, a indústria petroquímica é uma importante fonte de poluição para as áreas de manguezal. Com o crescimento das indústrias petroquímicas, aumenta também a



vulnerabilidade a derrames de petróleo e derivados nos manguezais, que já é altamente sensível a estes tipos de contaminação. Os acidentes com estes hidrocarbonetos podem ocorrer na sua exploração, produção, transporte, refino, distribuição, ou outras atividades envolvendo estes tipos de óleos, prejudicando flora e fauna (Tabela 1), devida principalmente à facilidade de acumulação destes compostos químicos no sedimento [5] [6].

Alguns dos efeitos tóxicos à Biota de manguezal quando impactada por derrame de hidrocarbonetos de petróleo podem ser observadas na Tabela 1:

Tabela 1 - Impactos causados à biota após um derrame de petróleo no manguezal.

ESTÁGIO	IMPACTO OBSERVADO
Agudo	
0 – 15 dias	Morte de pássaros, peixes e invertebrados
15 – 30 dias	Desfoliação e morte de árvores de pequeno porte (<1m) e dano à comunidade das raízes aéreas das Rizophoras.
Crônico	
30 dias – 1 ano	Desfoliação e morte de árvores de médio porte (<3m)
1 ano – 10 anos?	Redução da reprodução Redução da flora Redução do número de insetos
1 ano – 50 anos?	Completa recuperação?

Fonte: Lewis (1983) *apud* NOAA (2002)

O presente estudo tem por finalidade a avaliação de ensaios ecotoxicológicos como ferramenta de análise ambiental, de um ambiente de manguezal impactado por derrame simulado de hidrocarbonetos de petróleo, realizadas semanalmente com *Vibrio fischeri*, onde foram expressas a ecotoxicidade aguda. Esta bactéria, que expressa a sensibilidade ambiental aguda através da bioluminescência, é medida sua luminescência por um aparelho capaz de captar esta fluorescência. Sendo que quanto mais o ambiente estiver impactado, menor será a emissão da bioluminescência.

O derrame simulado de hidrocarbonetos de petróleo em sedimento de manguezal pôde ser monitorado de forma eficiente do ponto de vista ecotoxicológico com estas bactérias bioluminescentes, apresentando em seus resultados, em alguns casos, como por exemplo, a fração mais leve, da clara evidência de atenuação ecotoxicológica em pouco mais de um mês, devido à susceptibilidade maior as intempéries.



OBJETIVOS

GERAL

- Avaliar o potencial de atenuação de amostras de sedimento de mangue contaminada com HC petróleo por meio de ferramentas de análises Ecotoxicológica.

ESPECÍFICOS

- Instalar um sistema simulado de derrame de petróleo em amostras de sedimento de mangue utilizando vasos plástico de 5 L.
- Monitorar a atenuação natural por meio de ensaios ecotoxicológicos agudo utilizando bactérias luminescentes *Vibrio Fisheri*.
- Comparar os diferentes tratamentos por meio de análises estatísticas.

MATERIAIS E MÉTODOS

COLETA

As coletas foram realizadas no manguezal dentro do campus da UFES, Vitória – ES, latitude 20°16'39.19"S e longitude 40°18'38.12"W.

Com uma pá de metal, foi retirada apenas a parte superficial do sedimento numa profundidade máxima de 10 a 15 centímetros, em seguida ambas as três amostras foram homogeneizadas num recipiente de vidro, para se ter uma amostragem composta, para montagem do sistema.

INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE DERRAME SIMULADO

Para a simulação da atenuação natural do sedimento de manguezal, em cada um dos 10 vasos foram coletados 5 Kg no campus da UFES, Vitória–ES, com capacidade de aproximadamente 10 Kg de solo. Estes por sua vez foram adicionadas com doses de 5% de determinado hidrocarboneto por recipiente, sendo 4 tipos (1 petróleo bruto e 3 frações provenientes deste petróleo, Fração 12, 6 e 2) (Tabela1), em duplicatas, junto aos controles (Figura 1). Estas amostras ficaram expostas ao ambiente, para expor às intempéries naturais. A cada 3 dias por semana os vasos foram molhados com aproximadamente 5% de água destilada, visando manter a umidade do sedimento. Com isso semanalmente foram tiradas amostras do sistema no período do dia 20 de março de 2008 ao dia 25 de abril de 2008, que precisaram ser solubilizadas para serem feitas as análises com a água, baseado no que sugere Knie & Lopes (2004) [3].

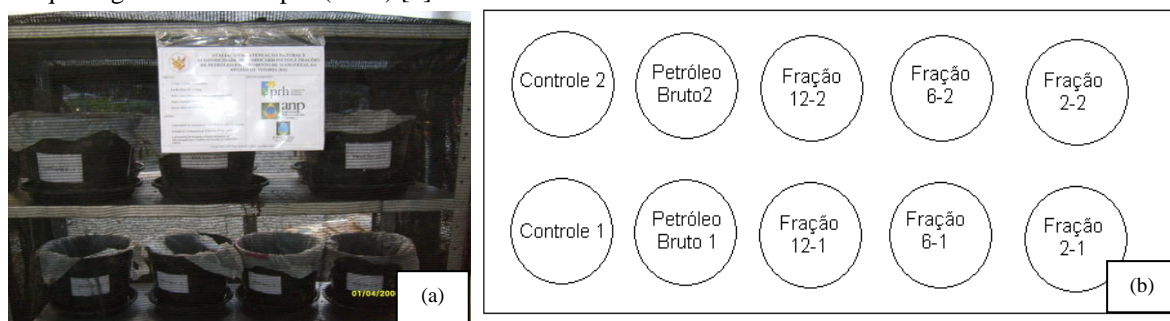


Figura 1 - (a) Sistema montado. (b) Desenho esquemático do sistema de atenuação natural.

Tabela 2 - Características físicas dos hidrocarbonetos adicionados no Sistema.

Hidrocarbonetos	Densidade	°API (20°C)	Viscosidade a 20°C
Petróleo Bruto	0,9496	16,9	524,66
Fração 12	0,9342	19,4	232,25
Fração 6	0,8835	28	9,2932
Fração 2	0,8184	40,6	1,5391



Os experimentos foram divididos em duas fases. A primeira, o sedimento coletado no manguezal situado dentro do campus da UFES (latitude 20°16'39.19"S e longitude 40°18'38.12"W), de onde foram retiradas as amostras que foram acondicionadas em 10 vasos de planta, sendo 2 como controles e os outros contaminados com 4 tipos diferentes de hidrocarbonetos de petróleo (Petróleo Bruto pesado, Fração leve, Fração média, Fração pesada. Todas as frações foram provenientes do Petróleo Bruto), também distribuídas em duplicata.

A ecotoxicologia é uma das ferramentas mais adequadas para avaliar impactos à biota no sedimento de manguezal. Muitos trabalhos avaliam a qualidade do sedimento de regiões impactadas por meio de testes de toxicidade com organismos de diferentes grupos, desde bactérias e invertebrados que compõe a macrofauna a larvas de invertebrados e peixes.

PREPARO DAS AMOSTRAS PARA OS ENSAIOS COM *Vibrio fischeri*

O sedimento foi retirado de cada recipiente, em 3 pequenas amostragens, com o cuidado para obter amostras representativas, que em seguida foram misturadas, para obter uma amostra composta, segundo Knie e Lopes (2004) [3], com algumas adaptações.

Com o lixiviado preparado, as amostras foram submetidos aos ensaios no Lumistox, um equipamento com a capacidade de medir a luminescência das bactérias que estão em contato com a amostra, que conseqüentemente responde a toxicidade desta amostra.

ENSAIO COM *Vibrio fischeri*

A ecotoxicologia é uma das ferramentas mais adequadas para avaliar impactos à biota no sedimento de manguezal. Muitos trabalhos avaliam a qualidade do sedimento de regiões impactadas por meio de testes de toxicidade com organismos de diferentes grupos, desde bactérias e invertebrados que compõe a macrofauna a larvas de invertebrados e peixes. Dentre elas a *Vibrio fischeri*, para avaliar efeitos agudos ao ambiente.

Vibrio fischeri é uma bactéria marinha que expressa sensibilidade ambiental através da bioluminescência, ou seja, em ambientes impactados ela perde a luminescência. Com isso o teste com *Vibrio fischeri* é bem usado emergencialmente em acidentes de derramamento de petróleo não só pela sensibilidade e representatividade, mas pelo fato de o teste oferecer respostas rápidas [3].

O procedimento para leitura do teste de cada amostra posta nas cubetas, foi ambientar-las a 15°C nos termoblocos, paralelamente as bactérias ressuspendidas da liofilização. Precedente ao início do teste, o aparelho capaz de medir a taxa de luminescência, o Lumistox 300 foi ligado ao computador onde estava instalado o Lumisoft(programa usado para emitir os dados de inibição). Logo, após os dados terem sido ajustados, foi dado início ao teste.

Primeiramente, nas cubetas contendo as bactérias, foram medidas a taxa de luminescência inicial, posteriormente esta, foi unida a 50% da amostra e retornada ao termobloco, repetindo o mesmo para as demais amostras, foi contado pelo lumisoft um período de 30 minutos para a leitura final das bactérias, que na sequência apresentaram os resultados de inibição ou não [3].

TRATAMENTOS ESTATÍSTICOS

Os resultados das análises ecotoxicológicas com *Vibrio fischeri*, avaliando as taxas de inibição de luminescência, foram plotados nas tabelas e gráficos para serem avaliados da melhor forma. Nestes foram aplicados métodos estatísticos básicos, como regressão linear simples, além de aplicação das médias, desvio-padrão, calculado pelo software Excel 2007 da Microsoft e T de Student ou Teste T, calculado pelo programa usado especificamente para ecotoxicologia, TOXSTAT 3.3 [1], visando validar o grau de significância, para saber se realmente os resultado de ecotoxicidade de cada amostra apresentou-se tóxico ou não.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a tabela 3, foi possível avaliar o grau de ecotoxicidade expresso nos ensaios com as bactérias bioluminescentes, *Vibrio fischeri*.

Tabela 3 - resultados ecotoxicológicos de *Vibrio fischeri* nos diversos tratamentos no período de cinco semanas. Resultados expressos em percentual (%) da taxa de inibição da bioluminescência, (n=2).

Tratamentos	Derrame 20/3/2008	1ª Semana 28/3/2008	2ª Semana 4/4/2008	3ª Semana 11/4/2008	4ª Semana 17/4/2008	5ª Semana 25/4/2008
Controle	3,05	0,23	0,79	0,00	7,60	0,00
Desv.P.		18,11	17,76		6,75	4,43
Petróleo	34,40	27,63	21,97	19,91	28,70	33,11
Desv.P.	1,17	5,70	10,78	1,85	2,28	6,43
Teste T	*-37,99	-2,04	-1,44	*-19,87	-4,19	*-6,10
Fração 12	22,96	5,71	14,67	0,00	18,21	29,03
Desv.P.	2,16	0,37	12,92	12,50	8,92	19,16
Teste T	*-13,01	-0,42	-0,89	-0,31	-1,34	-2,13
Fração 6	41,13	29,70	37,17	20,82	33,04	23,10
Desv.P.	1,99	14,87	1,57	16,52	5,83	24,13
Teste T	*-27,09	-1,77	-2,88	-2,29	-4,03	-1,36
Fração 2	81,12	52,03	66,16	46,00	55,78	12,58
Desv.P.	1,53	2,56	7,74	5,31	0,08	4,00
Teste T	*-72,28	-4,00	*-4,77	*-13,85	*-10,09	-3,12

Diferença significativa de $\alpha = 0.05$ (valor T = 4,303, para grau de liberdade 2).

* Tóxico - Por apresentar diferença significativa. Devido a amostra em relação ao controle apresentar o valor T fora da margem de significância determinada por α .

O controle correspondeu ao que era esperado, não apresentando toxicidade, mesmo apresentando evidências de poluição por esgoto sanitário.

Na contaminação com o Petróleo Bruto se for feita uma análise do dia 23.3.2008 ao dia 11.4.2008, é possível observar um decréscimo bem significativo da toxicidade, seguindo uma linha de tendência capaz de estimar valores posteriores através da regressão linear simples. Porém, nas duas últimas análises, as taxas de inibição das bactérias luminescentes aumentaram, chegando aparentemente quase a toxicidade inicial. Através da tabela 3 é possível observar que a toxicidade é significativa pelo teste T no primeiro dia de contaminação, três semanas depois e na última semana.

O sedimento contendo a Fração 12, como contaminante, apresentou ecotoxicidade apenas no primeiro dia das análises ecotoxicológicas aguda.

Apesar de três das seis análises de ecotoxicidade apresentar um desvio-padrão muito alto, no experimento com a fração 6 (1ª, 3ª e 5ª semanas) observa-se um decréscimo da toxicidade, porém significativa, segundo o teste T, tabela 3, apenas para a análise referente ao dia do derrame.

Parecido como no caso da Fração 6, porém esta com uma volatilidade ainda maior, já que esta apresenta um °API alto o que classifica como óleo leve. Lembrando que nas frações mais leves é encontrada a maioria dos hidrocarbonetos aromáticos, que são os mais tóxicos. Logo, por se tratar de uma fração leve, esta apresentou maiores ações às intempéries, principalmente pela evaporação, em que pôde ser percebido pelo cheiro forte, o que consequentemente proporciona a uma atenuação mais rápida, por conter hidrocarbonetos mais voláteis que as demais frações e o petróleo bruto.



CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho, faz avaliações do comportamento do sedimento de manguezal contaminado com hidrocarbonetos de petróleo, visando a simulação de um acidente ambiental nestes ecossistemas.

A princípio, esperava-se que houvesse uma tendência de menos toxicidade com o passar dos dias de todos estes hidrocarbonetos, porém isso aconteceu apenas para as duas frações mais leves, o que ao mesmo tempo não surpreende devido ao trabalho similar de Hubálek *et al.*(2007) [2], que apresentaram resultados semelhantes, só que num período de 17 meses avaliando um outro tipo de substrato contaminado com Petróleo Bruto.

Houve uma dificuldade para se obter amostras homogêneas, já que óleo ficou na superfície do sedimento, o que dificultou a coleta. Assim como manter a umidade e logo isso pode ter sido o reflexo nos elevados valores do desvio-padrão da toxicidade. Mas, pode-se dizer que apesar de um possível erro amostral, esta é uma condição real, do ponto de vista de coleta de um local impactado por derramamento de hidrocarbonetos de petróleo.

Porém, para corrigir estes erros, seria indicado fazer as unidades experimentais em um número maior de recipientes menores, com tempo de exposição programado de cada recipiente, para cada análise, para que pudesse ser homogeneizado antes de ser submetido a um ensaio. Outros fatores para aproximarem o experimento de um ambiente natural do sedimento de manguezal, é encontrar uma forma adequada para manter no mínimo a umidade, temperatura, pH e salinidade, visando atender a condicionantes da microbiota presente no ambiente, que certamente poderia estar participando do processo de atenuação natural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GULLEY D.D., BOELTER, A.M., BERGMAN, H.L. TOXSTAT 3.3. Computer program. 1991.
2. HUBÁLEK, T., VOSÁHLOVÁ, S., MATEJU, V., KAVÁCOVÁ, N., NOVOTNY, C. Ecotoxicity monitoring of hidrocarbon-contaminated soil during biorremediation: A case study. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 52: 1-7, 2007.
3. KNIE J.L.W. & LOPES E.W.B. Testes toxicológicos: métodos, técnicas e aplicações. Florianópolis: FATMA/GTZ, 2004.
4. NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. 2002. Oil Spill in Mangroves. Seattle, Washington: Office of Response and Restoration, National Oceanic and Atmospheric Administration. 72 pag. 2002.
5. ODUM, E.P. Ecologia. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1985.
6. THOMAS, J.E. Fundamentos de Engenharia do Petróleo. Ed.2. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004.