

# HIDROCARBONETOS EM SOLOS E SEDIMENTOS DO ENTORNO DA ESTAÇÃO ANTÁRTICA BRASILEIRA COMANDANTE FERRAZ

*Letúzia M. de Oliveira<sup>1</sup>, Eduardo de S. Mendonça<sup>2,\*</sup>, Gulab Jham<sup>3</sup>, Carlos E.G.R. Schaefer<sup>2</sup>, Ivo R. da Silva<sup>2</sup> & Miriam Abreu Albuquerque<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Sergipe. Cidade Universitária, CEP 49100-100, São Cristóvão, SE, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa. CEP 36570-000, Viçosa, MG, Brasil.

<sup>3</sup> Departamento de Química, Universidade Federal de Viçosa. CEP 36570-000, Viçosa, MG, Brasil.

<sup>4</sup> Centro Universitário de Caratinga, CEP 35300-047, Caratinga, MG, Brasil.

\*E-mail: esm@ufv.br

## RESUMO

Por mais remoto e desabitado que o continente Antártico seja, ele não está livre do impacto da presença humana. Dentre os possíveis impactos, a presença de hidrocarbonetos derivados de petróleo têm sido objeto de preocupação. A ocorrência de embarcações operando na região e o transporte de óleo diesel para os geradores da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) tem contribuído para a introdução de hidrocarbonetos de petróleo no ambiente. Este trabalho, como parte do projeto Criosolos, teve como objetivo avaliar a presença de hidrocarbonetos de petróleo no entorno da EACF. As amostras de solos foram coletadas numa grade rígida durante o verão de 2003. Os hidrocarbonetos alifáticos e policíclicos aromáticos foram extraídos por Soxhlet. Os hidrocarbonetos foram separados, identificados e quantificados por meio de CGMS. Os hidrocarbonetos alifáticos e policíclicos aromáticos encontrados no solo e sedimentos assemelharam-se àqueles do diesel e a sua área de dispersão, principalmente em sub-superfície, foi maior que aquela dos hidrocarbonetos voláteis. Os hidrocarbonetos alifáticos com maiores concentrações foram o pentadecano, octadecano e o pentacosano. Dentre os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos os compostos acenafteno, fluoranteno e criseno obtiveram maiores concentrações e uma maior área de dispersão.

**Palavras-chaves:** Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, hidrocarbonetos policíclicos alifáticos, contaminação com petróleo, ação antrópica.

## ABSTRACT

**HYDROCARBONS IN SOILS AND SEDIMENTS AT THE SAROUNDS OF BRAZILIAN ANTARTIC STATION OF COMANDANTE FERRAZ.** Despite being remote and uninhabited, the Antarctic Continent is not free from the impact of human presence. Among the possible impacts, the presence of oil-derived hydrocarbons has been a matter of concern. The ships operating in the region and the transportation of diesel oil to the power plant of Comandante Ferraz Station (EACF) have contributed to the introduction of oil hydrocarbons into the environment. This work, as part of Criosols project, aimed to evaluate the presence of oil hydrocarbons at the surrounds of EACF. Soils samples were collected in a prestablished area during the summer of 2003. The aliphatic and aromatic polycyclic hydrocarbons were extracted by Soxhlet. The hydrocarbons were isolated, identified and quantified by CGMS. The aliphatic and aromatic polycyclic hydrocarbons found in the soil and sediments were similar to those found in the diesel fuel and their areas of dispersion, mainly in the sub-surface, were larger than those of the volatile aromatic hydrocarbons. The aliphatic hydrocarbons with the highest concentrations were pentadecane, octadecane and pentacosane. Among the aromatic polycyclic hydrocarbons, acenaftene, fluorantene and chysene had the highest concentrations and a larger area of dispersion.

**Key-words:** Aromatic polycyclic hydrocarbons, aliphatic polycyclic hydrocarbons, petroleum contamination, antropic action.

## INTRODUÇÃO

A Antártica tem sido considerada até os dias atuais como uma das áreas mais intactas do mundo, onde a influência humana é restrita às atividades científicas em torno das estações de pesquisa e ao crescente fluxo turístico em torno desta região. As principais fontes de poluição nesta região são a introdução de derivados de petróleo, queima de combustíveis fósseis, de esgotos e efluentes domésticos (Green *et al.* 1992, Bicego *et al.* 1996, 1998).

Os solos da Antártica são formados em condições climáticas consideradas extremas, onde os processos de desenvolvimento e operação ocorrem em uma baixa escala de tempo quando comparada com qualquer outro lugar do mundo. Como resultado, os solos da Antártica são particularmente sensíveis aos impactos humanos, e a recuperação destes distúrbios pode ser da ordem de cem a mil anos (Beyer 2000).

Associados principalmente à ação antrópica, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e os alifáticos (HA), têm sido exaustivamente utilizados em estudos abrangendo as mais diversas regiões do globo (Nishigima *et al.* 2001), inclusive a região Antártica (Goldsworthy *et al.* 2003).

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos são um grupo de compostos presentes no petróleo e em outros produtos. Eles são formados por processos de combustão de combustível fóssil. Os PHAs são introduzidos no ambiente marinho por fontes naturais e antropogênicas. As fontes naturais incluem a combustão de biomassa vegetal e emissões naturais de petróleo do fundo do oceano e as fontes antrópicas são a queima de combustíveis fósseis, e seus derivados, através de processos de combustão parcial e pirólise (contribuições pirolíticas), derrames acidentais de petróleo e descarte de efluentes domésticos e industriais (Mazzera *et al.* 1999, Law & Biscaya 1994).

Por mais baixos que sejam os níveis de hidrocarbonetos no ambiente marinho antártico, incidentes isolados, como vazamentos de óleo ou naufrágios, têm contribuído para a inserção destes poluentes nas proximidades de estações baleeiras desativadas e estações de pesquisa (Green *et al.* 1992, Bicego *et al.* 1996). Nestas áreas, é esperada uma concentração elevada de hidrocarbonetos em razão das inúmeras atividades desenvolvidas incluindo o uso de veículos de campo movidos a combustíveis fósseis, o intenso

tráfego de pequenas embarcações e botes de apoio, o uso de geradores a diesel, ou como resultado de pequenas quantidades de combustíveis que acabam sendo introduzidas acidentalmente ao longo da costa, onde há concentração humana (Cripps 1992). Atividades antrópicas como estas são uma fonte potencial de poluição na Antártica (Kennicutt *et al.* 1995, Aislabie *et al.* 1999).

Pesquisas realizadas desde 1987 permitem assegurar que a Baía do Almirantado tem índice bastante baixo de hidrocarbonetos, porém, a simples presença de embarcações operando na região e o transporte de óleo diesel para os geradores da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) podem contribuir para a introdução de hidrocarbonetos derivados de petróleo no ambiente (Bicego *et al.* 1996). Muitos estudos da contaminação por hidrocarbonetos nas proximidades das estações de pesquisa na Antártica têm sido conduzidos nos últimos anos (entre eles Cripps 1989, 1992, Kennicutt *et al.* 1992, Kennicutt & Sweet, 1992, Green *et al.* 1992, Bicego *et al.* 1996, 1998, Martins & Bicego, 2004).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a extensão da contaminação do solo por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e alifáticos derivados de petróleo no entorno da EACF.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo encontra-se nas imediações da Estação Antártica Comandante Ferraz localizada na Baía do Almirantado, Ilha Rei George, parte do Arquipélago das Shetlands do Sul.

A Baía do Almirantado possui área de 131km<sup>2</sup> e profundidade de até 530m (Francelino 2004). A ocupação humana na baía é representada pela presença de três grandes estações e alguns refúgios. Na enseada Martel localiza-se a Estação Brasileira Comandante Ferraz (EACF) e dois refúgios, na enseada Mackellar está a estação peruana Macchu Picchu e, no canal da baía, encontra-se a estação polonesa Henryk Arctowski. Além delas, há mais dois refúgios de pesquisa: um americano (Peter J. Lenie ou Copacabana Field Hut) e outro equatoriano (em Ponta Hennequin). Nos meses de verão, a população fixa na região é próxima de 100 habitantes.

A EACF é mantida em funcionamento durante

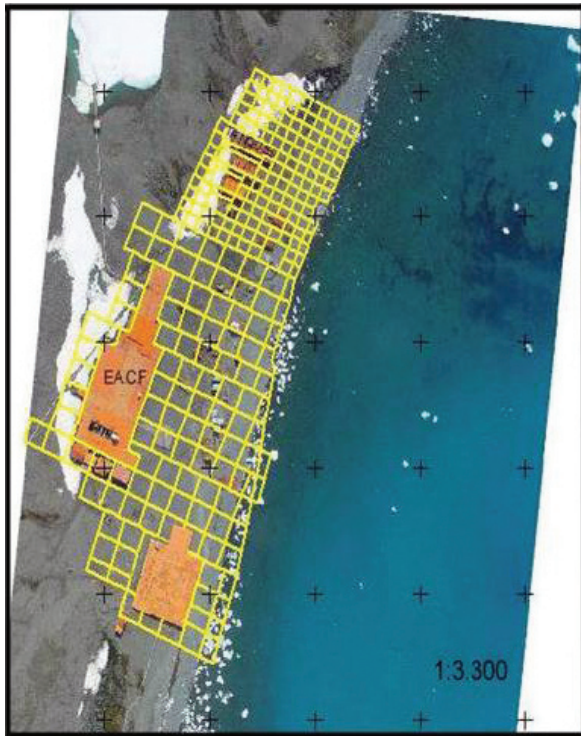


Figura 1. Visão aérea da EACF, com detalhe da grade de amostragem.

todo o ano. No verão, de dezembro a fevereiro, há um grande fluxo de pesquisadores e alguns visitantes e no inverno, de março a novembro, é ocupada por poucos pesquisadores e pelo grupo base, composto por dez militares, responsáveis pela manutenção das instalações.

Toda a energia utilizada na estação é gerada a partir de derivados de petróleo, por meio da queima de óleo diesel estocado em tanques. O abastecimento é feito no início de cada Operação Antártica pelo Navio de Apoio Oceanográfico Ary Rongel. O combustível mais utilizado na região é o DFA (“Diesel Fuel Artic”), que é composto principalmente por hidrocarbonetos semivoláteis, como os naftalenos e outros, assim como os alquil substituídos.

#### AMOSTRAGEM DE SOLOS

As amostras de solo foram coletadas durante a Operação Antártica Brasileira XXI (janeiro/fevereiro de 2003) tendo como base uma grade contendo 243 quadrículas (Figuras 1 e 2). Essa grade abrange a área do entorno dos tanques de armazenamento de óleo diesel (Área 1) e o entorno da estação (Área 2), avançando até o heliponto (Área 3). As quadrículas estabelecidas no entorno dos tanques de armazenamento de óleo diesel constituíram-se de uma área de 25m<sup>2</sup> (5 x 5m), enquanto as demais tinham 100m<sup>2</sup> (10

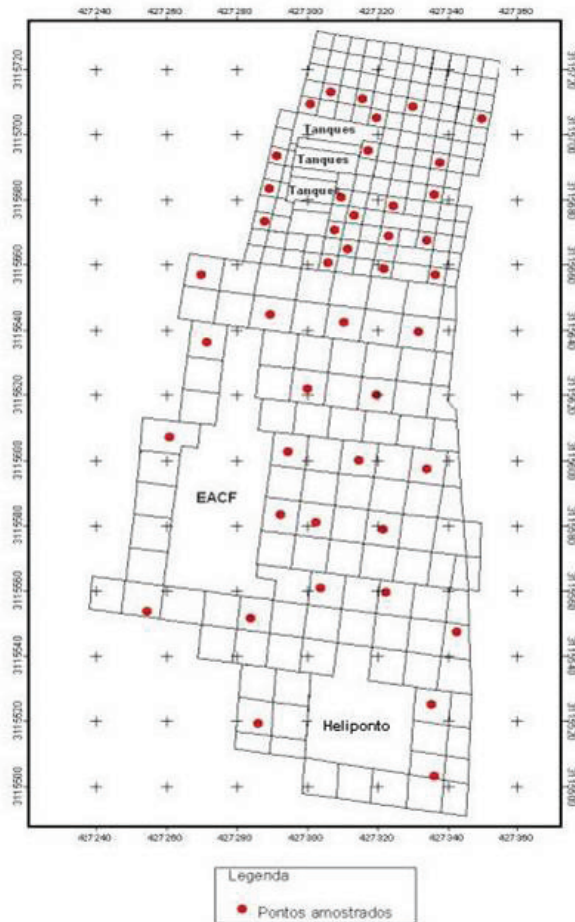


Figura 2. Detalhe da distribuição espacial das amostras utilizadas nas análises.

x 10m). Para cada quadrícula da área foram retiradas três amostras simples nas profundidades de 0/10cm e 10/20cm, para composição de uma amostra composta para cada profundidade. O material foi homogeneizado e passado em peneira de 4,0mm, colocado em saco plástico, etiquetado e acondicionado em caixa refrigerada, para o transporte até a Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Na disposição das quadrículas foram levados em consideração fatores como: presença de tanques de armazenamento, influência humana na área e viabilidade de execução da coleta das amostras. Além disso, foram escolhidos pontos de controle, considerados não-contaminados pelas atividades exercidas na estação. Foram selecionadas da grade 50 amostras de solo nas profundidades de 0/10cm e 10/20cm.

#### PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

Os solos coletados foram mantidos em atmosfera fria ( $\pm 0^{\circ}\text{C}$ ) e com a umidade de campo.

A análise dos solos para os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e alifáticos (HAs), foram realizadas utilizando cromatógrafo a gás com detector de ionização de chamas (GCFID), sendo comprovadas por cromatografia gasosa acoplada por espectroscopia de massa (CGMS), numa coluna HP 1 (50m x 0,32mm de DI), após a extração em soxhlet com diclorometano por 6 horas seguido por evaporador rotativo a vácuo. A identificação dos compostos foi feita em relação aos seus tempos de retenção, obtidos com base em soluções de padrões externos contendo cada um dos hidrocarbonetos alifáticos (C11= undecano, C13= tridecano, C15= pentadecano, C16= hexadecano, C17= heptadecano, C18= octadecano, C19= nonadecano, C20= eicosano, C21= heneicosano, C22= n-Docosano, C23=tricosano, C24= m-tetradecano, C25= pentacosano, C26= hexacosano, C28= n-octacosano e C30 = n-triacontano) e policíclicos aromáticos de interesse. Esses compostos foram injetados nas mesmas condições das amostras.

Na quantificação de cada um dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e alifáticos, utilizou-se curvas de calibração com soluções diluídas, contendo mistura de padrões desses hidrocarbonetos na faixa de 1 a 10mg L<sup>-1</sup>, que foram injetadas sob as mesmas condições das análises. A validação da curva de calibração de um determinado composto foi associada ao índice de correlação de Pearson, que foi igual ou superior a 99,5 %,  $r \geq 0,995$  (Serrano & Lopez-Martinez 2000). As curvas de calibração dos hidrocarbonetos alifáticos e policíclicos aromáticos apresentaram  $r \geq 0,98$ .

## RESULTADOS

### *HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPAS)*

Os teores dos HPAs individuais e totais são apresentados nas Tabelas I, II, III e IV. Os compostos antraceno e fluoranteno (com três anéis aromáticos) foram os que apresentaram maior frequência de contaminação em superfície e subsuperfície nas Áreas 1 e 2. Na Área 1, os teores médios de HPAs totais variaram entre 0,05 a 2,96 e de 0,14 a 3,84ng g<sup>-1</sup> na profundidade de 0/10 e 10/20cm, respectivamente (Tabela I). Os maiores teores médios encontrados foram do acenafteno (2,96 ng g<sup>-1</sup>) na profundidade de 0/10cm, e o fluoranteno de 10/20cm. Na Área 2, os maiores teores médios foram do antraceno de

1,16ng g<sup>-1</sup> para subsuperfície e de 2,02ng g<sup>-1</sup> para a superfície (Tabela II).

Na Área 3, o composto criseno foi encontrado em maiores teores médios nas duas profundidades de 0/10cm (1,32ng g<sup>-1</sup>) e o benzo(b) fluoranteno na profundidade de 10/20cm (1,34ng g<sup>-1</sup>) (Tabela III).

### *HIDROCARBONETOS ALIFÁTICOS (HAS)*

Os teores dos hidrocarbonetos alifáticos (HAs) para as Áreas 1, 2 e 3 são apresentados nas Tabelas V, VI e VII, juntamente com seus teores médios dos HAs. O perfil de distribuição relativa da porcentagem de hidrocarbonetos alifáticos totais (HAs) apresentou uma seqüência completa de hidrocarbonetos entre C 11 a C 26. Na Área 1, os teores médios de HAs totais variaram de 0,22 a 15,00µg g<sup>-1</sup> em superfície (0/10cm). Nestas amostras os compostos pentadecano (C15) e octadecano (C18) obtiveram maior frequência de ocorrência (Tabela V). Em subsuperfície (10/20cm) os HAs variaram de 0,13 a 13,13µg g<sup>-1</sup>, sendo que os compostos pentadecano (C15) e o pentacosano (C25) foram os que apresentaram maior frequência. No entanto, o tetradecano (C12), apresentou maior teor total médio (15,00µg g<sup>-1</sup>) entre os hidrocarbonetos alifáticos nessa camada (Tabela V).

As amostras coletadas na Área 1 apresentaram maiores teores de HAs em relação às demais. O mesmo ocorreu no trabalho de Stark *et al.* (2003), na avaliação de hidrocarbonetos de petróleo e metais pesados na estação Atlas Cove, na Antártica. Estes autores relatam que os processos de degradação dos hidrocarbonetos de petróleo na Antártica ocorrem lentamente podendo persistir por décadas.

Na Área 2, os teores médios de HAs totais variaram de 0,14 a 2,23µg g<sup>-1</sup> em superfície e de 0,23 a 4,03µg g<sup>-1</sup> em subsuperfície (Tabela VI). Na profundidade de 0/10cm, a maior frequência foi dos compostos tridecano, pentadecano e pentacosano. Botes e lanchas trafegando ao longo da Baía, principalmente na frente da EACF, constituem uma fonte pontual de HAs de origem de petróleo no solo.

A Área 3, embora composta por poucas amostras, também obteve teores elevados dos HAs. Os teores médios de HAs totais variaram de 0,11 a 4,26µg g<sup>-1</sup> em superfície e de 0,02 a 1,34µg g<sup>-1</sup> na profundidade de 10/20cm (Tabela VII). O composto que apresentou maior teor médio foi o pentadecano, na profundidade

de 10/20cm. Por estarem distantes da EACF, estes pontos amostrados recebem pouca influência antrópica. No entanto, o rápido espalhamento lateral acima do permafrost, ou a proximidade do esgoto da EACF podem favorecer a presença desses compostos na Área 3.

## DISCUSSÃO

A Tabela VIII apresenta dados dos hidrocarbonetos alifáticos e policíclicos aromáticos em amostras de solos e sedimentos reportados de diferentes trabalhos no meio ambiente antártico. Os valores encontrados para os alifáticos totais das amostras do presente estudo, com exceção dos encontrados na Área 3, foram acima dos encontrados na Baía do Almirantado (Bícego 1996, Green & Nichols 1995) e em diferentes regiões remotas do continente Antártico (Cripps & Priddle 1991). Para os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos os valores encontrados no presente estudo em todas as áreas ficaram abaixo dos valores encontrados por estes autores.

Os policíclicos aromáticos totais são encontrados principalmente próximos aos tanques de combustíveis da EACF. A composição do DFA (*Diesel Fuel Arctic*), o principal óleo combustível utilizado nas atividades das estações de pesquisa na Antártica, foi estudada por Yu *et al.* (1995). Segundo este autor, os HPAs não alquilados como naftaleno, fluoreno, fenantreno, antraceno, pireno, criseno e benzo(a)antraceno correspondem a 16,63% dos HPAs totais. Assim, nas amostras de solos estudadas a predominância destes compostos, principalmente na Área 1, pode ser atribuída à origem de petróleo.

Em relação ao número de anéis aromáticos, todas as amostras que apresentaram contaminação, mostraram predominância de HPAs com dois e três anéis aromáticos. Na Área 3 foram detectados HPAs com quatro anéis aromáticos em maiores quantidades. A elevada porcentagem de HPAs contendo quatro a seis anéis obtidos em sedimentos coletados próximos da saída do esgoto da EACF pode estar associada a resíduos de combustão, ao esgoto da estação e também ser de origem de petróleo (Martins 2001), tendo em vista que estes compostos estão presentes na constituição de óleos combustíveis, embora em menor quantidade que os HPAs mais leves (Kennicutt *et al.* 1991). Estes compostos são mais resistentes à degradação do que os demais HPAs com

menor número de anéis, podendo se acumular nos sedimentos sem, necessariamente, estarem associados a processos de combustão. Dessa forma, eles podem ter efeito sobre os organismos do solo e sedimentos por longos períodos, afetando processos-chaves para a manutenção da vida, como processos de oxidação-redução de Fe e fotossintéticos dentre outros.

Os maiores teores dos hidrocarbonetos alifáticos totais também são encontrados próximos aos tanques de combustíveis da EACF. Seus teores são considerados médios para padrões de contaminação encontrados na Antártica. As amostras coletadas na Área 1 apresentaram maiores teores de HAs em relação às demais. O mesmo ocorreu no trabalho de Stark *et al.* (2003), na avaliação de hidrocarbonetos de petróleo e metais pesados na estação Atlas Cove, na Antártica. Estes autores relatam que os processos de degradação dos hidrocarbonetos de petróleo na Antártica ocorrem lentamente podendo persistir por décadas. Esse comportamento está relacionado com o longo período de inverno da região, reduzindo a atividade biológica, ou com ausência de organismos eficientes na degradação desses compostos. Martins (2001) relata que concentrações baixas de hidrocarbonetos alifáticos são um indicativo de que esses hidrocarbonetos sejam oriundos de fontes biogênicas, e não de fontes petrolíferas. Contudo, grande parte dos valores encontrados de HAs, no presente estudo, apresentou teores acima do padrão encontrado por esse autor, indicando que os HAs encontrados podem ser de origem de petróleo.

Estudos realizados na Baía do Almirantado mostram que os maiores valores de alifáticos e policíclicos aromáticos totais foram encontrados nos pontos coletados em frente a EACF (Bícego *et al.* 1996). No presente estudo, por se tratar de um estudo mais detalhado em toda a área do entorno da EACF, as maiores concentrações foram encontradas próximo aos tanques de combustíveis. Os valores dos HAs encontrados em frente à EACF mostraram-se ainda superiores ao encontrado por Bícego *et al.* (1996), que realizaram trabalho no ambiente marinho. Esses resultados indicam que a contaminação de HAs é localmente variável. No entanto, os níveis encontrados de HPAs apresentaram-se inferiores. Os níveis de hidrocarbonetos alifáticos e policíclicos aromáticos totais encontrados nas proximidades da EACF mostram que os hidrocarbonetos de petróleo

parecem estar migrando e se acumulando neste local, em função da maior temperatura e, possivelmente, do derretimento do permafrost, permitindo a formação de um “dreno” local para onde os hidrocarbonetos de petróleo se movimentam.

Os resultados encontrados indicam que há necessidade de se otimizar o uso de transporte com base em combustível proveniente de petróleo na região, e que deve haver um plano de monitoramento dos teores e dispersão dos HAS e policíclicos

aromáticos no entorno da EACF. Devido às mudanças climáticas da região, aumentando o tempo e a área de exposição dos solos durante o verão, pode haver aumento da dinâmica de degradação e transformação desses compostos, sendo difícil prever seus impactos sobre os organismos da região.

AGRADECIMENTOS: A CAPES pela bolsa de mestrado de L.M.O. e ao CNPq pelo financiamento do projeto. Ao laboratorista Eduardo Rezende, Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa, pelo apoio na realização das análises de hidrocarbonetos.

Tabela I. Características químicas e físicas dos solos da área da Estação Antártica Comandante Ferraz.

Amostra	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al	COT	NT	Textura
		___ mg dm <sup>-3</sup> ___		_____	_____	_____	dm <sup>-3</sup> ___	cmol <sub>c</sub> ___	dm <sup>-3</sup> %
Profundidade 0/10cm									
EACF 17	7,1	124,0	70	3,9	5,2	0	1,3	0,4	Areia
EACF 21	6,4	121,1	76	3,8	7,0	0	-	-	Areia-Franca
EACF 52	7,5	127,5	198	0,9	1,4	0	0,5	0,2	Areia
EACF 76	7,9	138,1	91	3,9	4,2	0	-	-	Areia-Franca
EACF 85	7,2	245,5	169	4,1	5,4	0	0,3	0,2	Areia-Franca
EACF 90	8,0	248,0	178	5,2	5,7	0	-	-	Areia-Franca
EACF 94	8,0	147,8	86	4,7	6,4	0	0,7	0,7	Areia-Franca
EACF 97	7,3	237,0	149	2,3	1,8	0	1,1	0,3	Areia
EACF 101	7,8	123,4	107	6,4	5,9	0	-	-	Franco-Arenosa
EACF 104	7,4	146,0	83	6,0	5,4	0	-	-	Franco-Arenosa
EACF 114	6,9	167,2	108	3,7	4,6	0	-	-	Areia-Franca
EACF 136	7,4	125,8	84	6,1	7,9	0	-	-	Areia-Franca
EACF 147	8,1	128,1	86	11,1	7,1	0	1,9	0,5	Franco-Arenosa
EACF 162	8,5	125,2	116	8,7	7,8	0	-	-	Franco-Arenosa
EACF 164	8,3	166,5	185	4,6	1,6	0	-	-	Areia-Franca
EACF 175	7,6	178,8	131	3,5	1,8	0	-	-	Areia-Franca
EACF 177	8,6	260,8	199	3,3	2,0	0	-	-	Areia-Franca
EACF 186	8,3	237,0	155	0,6	1,3	0	-	-	Areia
EACF 188	7,2	164,0	90	3,0	5,2	0	-	-	Areia
EACF 190	7,8	199,7	138	3,3	1,8	0	-	-	Franco-Arenosa
EACF 205	7,3	186,8	100	4,4	5,8	0	-	-	Areia-Franca
EACF 214	7,9	162,1	66	6,0	4,6	0	0,7	0,4	Areia-Franca
EACF 220	7,8	120,0	196	0,7	1,3	0	0,5	0,1	Areia
EACF 229	8,2	87,4	60	9,6	5,3	0	0,5	0,2	Franco-Arenosa
EACF 234	7,7	99,3	197	0,5	0,9	0	-	-	Areia
Profundidade 10/20cm									
EACF 17	7,0	80,0	83	4,5	5,7	0	1,0	0,6	Areia
EACF 21	7,2	117,1	54	3,5	5,0	0	-	-	Areia
EACF 52	7,7	132,2	200	0,9	1,5	0	0,4	0,4	Areia-Franca
EACF 76	7,7	154	79	4,5	4,4	0	-	-	Areia-Franca
EACF 85	7,8	196,2	168	3,3	4,6	0	0,6	0,2	Areia-Franca
EACF 90	7,7	200,3	112	4,3	5,2	0	-	-	Franco-Arenosa
EACF 94	7,4	147,8	80	6,6	6,1	0	0,5	0,4	Areia-Franca
EACF 97	7,0	207,3	138	2,7	1,6	0	2,3	1,0	Franco-Arenosa
EACF 101	7,6	147,8	92	7,1	6,7	0	-	-	Areia-Franca
EACF 104	7,5	217,2	60	4,5	1,9	0	-	-	Areia-Franca
EACF 114	7,2	162,7	157	2,3	5,1	0	-	-	Areia-Franca
EACF 136	7,7	92,7	80	5,9	5,6	0	-	-	Franco-Arenosa
EACF 147	8,4	95,4	60	24,4	5,0	0	2,0	0,7	Franco-Arenosa
EACF 162	8,3	138,1	90	11,9	6,5	0	-	-	Franco-Arenosa
EACF 164	8,6	138,7	131	4,2	1,6	0	-	-	Areia-Franca
EACF 175	8,0	156,5	133	3,2	4,7	0	-	-	Areia-Franca
EACF 177	8,6	239,2	190	2,7	1,8	0	-	-	Areia
EACF 186	7,9	123,4	194	0,6	1,2	0	-	-	Areia
EACF 188	7,0	183,5	100	3,2	4,4	0	-	-	Franco-Arenosa
EACF 190	7,6	146	87	7,5	7,0	0	-	-	Areia
EACF 205	7,4	145,4	89	5,6	5,1	0	-	-	Areia-Franca
EACF 214	7,9	130,4	60	6,9	1,6	0	0,8	0,3	Areia
EACF 220	7,9	149,7	220	1,0	1,8	0	0,7	0,5	Franco-Arenosa
EACF 229	8,2	91,7	64	9,7	2,0	0	0,5	0,2	Areia
EACF 234	7,6	122,9	220	2,5	1,0	0	-	-	Areia

Tabela II. Teor (ng g<sup>-1</sup>) dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, das amostras de solos na Área 1 da EACF, na profundidade de 0/10cm e 10/20cm.

Amostra	NAF	ACN	ACE	FLU	ANT	FLUO	PIR	CRI	DIB-a	BEN-b	BEN-a
Profundidade 0/10cm											
EACF 1	-	0,37	1,47	-	0,48	0,54	-	0,79	-	-	-
EACF 11	-	-	-	-	0,12	0,54	-	1,26	-	-	-
EACF 17	-	0,51	0,01	0,72	1,06	2,32	2,24	4,47	1,10	1,04	2,08
EACF 21	-	1,37	7,77	1,05	3,11	0,97	-	18,99	0,365	1,46	1,45
EACF 32	-	-	-	-	0,15	0,17	-	-	-	-	-
EACF 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 57	-	-	-	1,26	0,82	1,25	-	-	-	-	-
EACF 60	-	-	-	0,23	0,23	0,19	-	0,14	-	-	-
EACF 62	1,19	2,61	2,01	3,17	1,77	5,30	-	-	-	1,19	-
EACF 66	0,94	7,17	9,57	1,43	5,43	9,28	0,91	-	-	1,14	1,07
EACF 68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 71	-	-	1,5	3,36	12,21	10,8	0,8	-	-	-	-
EACF 80	-	0,13	1,04	0,11	0,21	0,19	-	0,82	-	-	-
EACF 85	-	0,12	0,17	0,11	0,31	0,46	-	-	-	-	-
EACF 90	-	-	-	0,17	0,29	0,52	-	-	-	-	0,05
EACF 97	-	0,64	0,68	-	1,02	1,18	0,06	-	-	-	-
EACF 99	0,23	1,30	2,49	1,91	1,23	1,79	0,08	-	-	-	-
EACF 101	-	-	0,80	2,36	1,84	7,51	-	-	-	-	-
EACF 104	0,79	19,13	30,56	10,71	10,12	6,46	1,50	-	-	-	-
EACF 111	0,06	0,81	2,43	0,74	1,05	1,43	0,05	1,73	-	-	-
EACF 114	0,45	5,13	14,67	0,98	11,94	14,44	1,31	1,66	-	-	0,45
EACF 115	0,12	1,03	0,97	0,11	0,56	0,5	-	-	-	-	-
EACF 122	-	0,41	0,98	1,84	1,14	1,76	-	-	-	-	-
EACF 124	-	-	0,08	0,23	-	0,13	-	0,13	-	0,09	-
EACF 126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 136	-	-	-	-	-	0,66	-	-	-	-	-
Profundidade 10/20cm											
EACF 1	-	-	-	-	0,11	0,24	-	-	-	-	-
EACF 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 17	-	1,51	1,91	4,04	3,43	3,53	0,42	-	-	-	0,78
EACF 21	-	4,73	6,01	1,00	7,73	1,56	3,18	1,83	0,19	-	-
EACF 32	-	0,1	0,07	-	0,26	0,22	-	-	-	-	-
EACF 41	-	-	-	-	-	0,02	-	1,01	-	-	-
EACF 57	-	7,89	-	1,89	10,16	8,15	-	-	-	-	0,82
EACF 60	-	-	0,11	0,48	0,34	0,23	-	-	-	5,37	-
EACF 62	-	1,22	1,37	2,52	2,73	2,57	-	-	-	-	-
EACF 66	1,07	6,05	13,5	0,73	7,13	8,29	0,74	-	-	-	0,61
EACF 68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 71	-	-	2,05	3,84	9,14	43,65	-	-	-	-	-
EACF 80	-	0,10	0,29	0,16	0,345	0,24	-	1,11	-	-	-
EACF 85	-	0,18	0,48	-	0,51	0,66	-	1,13	-	-	-
EACF 90	-	-	0,17	0,33	-	0,38	-	-	-	-	0,11
EACF 97	-	0,50	0,65	-	1,04	1,22	0,04	-	-	-	-
EACF 99	-	0,17	0,19	0,2	0,64	0,39	-	-	-	-	-
EACF 101	-	-	-	-	-	0,71	-	-	-	-	-
EACF 104	1,04	9,92	35,64	30,6	10,7	8,82	1,78	-	-	-	-
EACF 111	1,48	10,04	27,95	8,68	10,18	0,74	0,28	0,14	0,22	0,09	-
EACF 114	-	3,48	5,35	2,84	8,85	14,38	1,22	-	-	-	0,48
EACF 115	0,18	1,06	1,92	0,09	0,66	0,87	-	-	-	-	-
EACF 122	-	0,45	0,75	1,48	0,68	0,925	-	-	-	-	-
EACF 124	-	-	0,63	1,58	1,8	2,07	-	-	-	-	-
EACF 126	-	-	-	1,03	-	-	-	-	-	3,67	-
EACF 136	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NAF = naftaleno; ACN = acenaftaleno, ACE = acenafteno; FLU = fluoreno; ANT = antraceno; FLUO = fluoranteno; PIR = pireno; CRI = criseno; DIB-a = dizen (a,h) fluoreno; BEN-a = benzo (a) pireno; BEN-b = benzo (b) fluoranteno.

Tabela III. Teor (ng g<sup>-1</sup>) dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, das amostras de solos na Área 2 da EACF, na profundidade de 0/10cm e 10/20cm.

Amostra	NAF	ACN	ACE	FLU	ANT	FLUO	PIR	CRI	DIB-a	BEN-b	BEN-a
Profundidade 0/10cm											
EACF 147	-	1,02	0,81	0,95	1,01	2,62	-	0,40	-	0,27	0,8
EACF 149	-	-	0,59	1,0	1,07	2,12	0,45	1,22	-	0,25	0,57
EACF 151	-	-	-	-	-	0,02	-	2,61	-	-	-
EACF 153	-	-	-	-	0,14	0,24	-	-	-	-	-
EACF 164	-	-	1,1	1,75	1,1	2,79	-	-	-	-	-
EACF 172	-	-	-	-	0,15	0,13	-	1,74	-	-	-
EACF 175	0,01	0,65	1,03	nt	1,02	0,05	0,1	0,68	-	-	-
EACF 186	-	0,33	1,35	2,43	1,11	1,77	-	-	-	-	0,14
EACF 188	-	0,20	0,58	0,4	0,4	0,78	-	-	-	-	0,31
EACF 190	-	-	-	-	0,85	0,93	-	-	-	-	-
EACF 147	-	1,02	0,81	0,95	1,01	2,62	-	0,40	-	0,27	0,8
EACF 149	-	-	0,59	1,0	1,07	2,12	0,45	1,22	-	0,25	0,57
EACF 151	-	-	-	-	-	0,02	-	2,61	-	-	-
EACF 153	-	-	-	-	0,14	0,24	-	-	-	-	-
EACF 164	-	-	1,1	1,75	1,1	2,79	-	-	-	-	-
EACF 172	-	-	-	-	0,15	0,13	-	1,74	-	-	-
EACF 175	0,01	0,65	1,03	nt	1,02	0,05	0,1	0,68	-	-	-
EACF 186	-	0,33	1,35	2,43	1,11	1,77	-	-	-	-	0,14
EACF 188	-	0,20	0,58	0,4	0,4	0,78	-	-	-	-	0,31
EACF 190	-	-	-	-	0,85	0,93	-	-	-	-	-
Profundidade 10/20cm											
EACF 147	-	0,65	1,60	2,93	3,3	10,8	0,93	1,39	-	-	1,36
EACF 149	-	-	0,37	0,68	0,93	2,04	-	1,48	-	1,20	0,52
EACF 151	-	0,22	0,07	0,13	0,43	0,35	-	1,50	-	-	-
EACF 153	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 172	-	-	0,02	2,72	3,76	5,97	-	-	-	-	-
EACF 175	-	0,03	0,07	0,09	0,24	0,29	-	-	-	-	-
EACF 186	0,01	0,65	1,03	-	1,02	0,01	0,1	0,68	-	-	-
EACF 188	-	-	0,26	0,75	0,60	0,47	-	0,15	-	-	0,20
EACF 190	-	0,16	0,28	0,62	0,36	0,30	-	-	-	-	0,23
EACF 147	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 149	-	0,65	1,60	2,93	3,3	10,8	0,93	1,39	-	-	1,36
EACF 151	-	-	0,37	0,68	0,93	2,04	-	1,48	-	1,20	0,52
EACF 153	-	0,22	0,07	0,13	0,43	0,35	-	1,50	-	-	-
EACF 164	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 172	-	-	0,02	2,72	3,76	5,97	-	-	-	-	-
EACF 175	-	0,03	0,07	0,09	0,24	0,29	-	-	-	-	-
EACF 186	0,01	0,65	1,03	-	1,02	0,01	0,1	0,68	-	-	-
EACF 188	-	-	0,26	0,75	0,60	0,47	-	0,15	-	-	0,20
EACF 190	-	0,16	0,28	0,62	0,36	0,30	-	-	-	-	0,23

NAF = naftaleno; ACN = acenaftaleno, ACE = acenafteno; FLU = fluoreno; ANT = antraceno; FLUO = fluoranteno; PIR = pireno; CRI = criseno; DIB-a = dizen (a,h) fluoreno; BEN-a = benzo (a) pireno; BEM-b = benzo (b) fluoranteno.



Tabela IV. Teor (ng g<sup>-1</sup>) dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, das amostras de solos na Área 3 da EACF, na profundidade de 0/10cm e 10/20cm.

Amostra	NAF	ACN	ACE	FLU	ANT	FLUO	PIR	CRI	DIB-a	BEN-b	BEN-a
Profundidade 0/10cm											
EACF 205	-	-	0,59	1,07	2,12	0,45	2,2	1,22	-	0,25	0,57
EACF 207	-	0,20	0,32	-	0,37	0,19	-	4,69	-	-	-
EACF 214	-	-	0,74	1,50	0,49	0,41	-	0,72	-	3,9	0,55
EACF 229	-	-	-	-	-	2,52	-	-	-	-	-
EACF 234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 205	-	-	0,59	1,07	2,12	0,45	2,2	1,22	-	0,25	0,57
Profundidade 10/20cm											
EACF 205	-	-	-	0,19	-	-	-	0,24	-	6,70	0,18
EACF 207	-	-	0,08	-	-	0,08	-	0,8	-	-	-
EACF 214	-	-	1,07	2,30	0,49	-	-	0,55	-	-	-
EACF 229	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NAF = naftaleno; ACN = acenaftaleno, ACE = acenafteno; FLU = fluoreno; ANT = antraceno; FLUO = fluoranteno; PIR = pireno; CRI = criseno; DIB-a = dizen (a,h) fluoreno; BEN-a = benzo (a) pireno; BEN-b = benzo (b) fluoranteno.

Tabela V. Teor ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) dos hidrocarbonetos alifáticos, das amostras de solos na Área 1 da EACF, na profundidade de 0/10cm e 10/20cm.

Amostra	C 11	C 12	C 13	C 15	C 16	C 17	C 18	C 19	C 20	C 21	C 22	C 23	C 24	C 25	C 26	C 28	C 30
Profundidade 0/10cm																	
EACF 1	-	7,51	5,50	1,47	0,15	2,59	1,15	0,73	0,19	0,27	0,20	0,28	0,30	8,11	0,41	1,48	0,07
EACF 11	-	-	0,09	0,25	0,22	0,26	0,25	0,34	0,22	0,34	0,24	0,24	0,22	6,63	0,33	0,21	0,05
EACF 17	3,57	7,93	5,34	2,75	1,58	1,13	1,03	1,39	2,29	0,84	0,51	0,92	0,81	5,39	0,49	0,65	0,46
EACF 21	1,84	9,71	8,93	10,63	5,23	7,43	4,15	2,78	1,58	0,30	0,22	0,12	0,44	0,04	0,13	-	-
EACF 32	-	0,32	0,40	0,96	0,82	0,54	0,21	0,11	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,08	0,00	0,11	-
EACF 57	-	-	0,86	3,00	3,77	3,12	2,01	1,11	0,63	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 60	1,54	-	0,01	0,28	0,26	0,18	0,05	0,01	-	0,23	0,12	0,18	0,20	8,70	0,36	0,30	0,09
EACF 62	4,74	30,21	15,39	15,36	10,17	6,90	4,31	3,46	2,05	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 66	9,87	107,5	49,54	34,08	14,09	25,30	14,68	11,62	6,18	0,20	0,01	0,02	0,03	0,96	0,03	0,45	0,00
EACF 68	1,4	-	0,09	0,40	0,38	0,34	0,13	0,06	0,02	0,77	0,46	0,55	0,61	16,4	0,78	5,25	3,88
EACF 71	2,62	2,20	5,40	14,34	21,07	21,88	15,31	12,62	6,68	-	-	-	-	1,07	0,09	0,13	-
EACF 80	-	0,78	0,66	1,20	0,57	0,85	0,41	0,21	0,05	0,11	0,07	0,21	0,36	4,42	2,14	1,54	0,07
EACF 85	-	0,66	0,59	1,31	1,22	1,05	0,59	0,43	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 90	1,28	0,41	0,38	0,52	0,33	0,19	0,14	0,24	0,16	1,20	5,61	0,67	0,45	5,66	0,30	0,12	0,17
EACF 97	5,71	4,46	2,74	1,10	3,53	2,39	1,69	1,23	0,66	0,96	0,81	0,91	0,87	8,59	0,88	0,49	0,39
EACF 99	4,22	7,28	0,07	0,69	0,37	1,19	2,32	1,66	1,17	3,52	2,19	1,83	1,24	3,37	0,82	0,53	0,19
EACF 101	-	1,97	5,37	11,91	13,00	10,65	7,54	6,67	4,60	-	-	-	-	0,08	-	-	-
EACF 104	9,87	74,48	2,68	5,80	6,92	1,24	2,73	4,13	23,27	-	-	-	-	0,59	-	-	-
EACF 111	6,12	94,72	71,75	31,67	4,01	49,65	27,85	22,94	13,6	0,61	-	-	-	-	-	-	-
EACF 114	7,54	34,71	26,75	23,63	7,52	25,94	25,66	21,76	11,75	5,70	3,42	2,74	1,79	7,46	1,07	0,94	0,16
EACF 115	-	-	-	0,25	0,24	0,21	0,06	0,01	0,00	0,13	0,10	0,14	0,18	3,77	0,19	0,11	0,15
EACF 122	1,46	4,62	4,43	7,37	6,97	5,09	3,35	2,44	1,31	0,03	-	-	-	0,55	-	-	-
EACF 124	1,67	0,00	0,00	0,25	0,14	0,01	0,02	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-
EACF 126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,47	0,13	0,06	0,05	0,31	0,00	0,00	0,00
EACF 136	1,86	0,58	1,08	2,58	2,17	1,37	1,04	0,70	0,81	0,02	0,12	0,12	0,25	9,54	0,45	0,26	0,14
Profundidade 10/20cm																	
EACF 11	-	0,42	0,18	0,48	0,35	0,19	0,03	-	-	-	-	-	-	0,10	-	-	-
EACF 17	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-
EACF 21	3,02	9,90	11,79	20,73	17,05	11,12	6,08	4,36	2,07	0,92	0,42	0,45	0,35	4,46	0,49	0,40	0,16
EACF 32	1,86	29,77	39,68	16,95	5,23	7,74	16,07	12,13	17,77	10,45	6,74	5,43	3,59	11,7	2,04	0,86	0,45
EACF 41	0,00	2,37	2,00	2,30	0,82	1,90	0,92	0,88	1,95	0,05	-	-	-	0,53	-	-	-
EACF 57	-	-	-	0,08	0,06	0,02	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	-
EACF 60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,31	1,25	0,92	18,1	1,00	10,4	0,06
EACF 62	1,27	-	0,10	0,55	0,68	0,81	0,27	0,03	-	-	-	-	-	0,60	-	0,11	-
EACF 66	3,87	10,33	7,72	11,04	10,21	7,68	4,57	3,49	1,61	0,75	0,37	0,40	0,42	2,85	0,55	0,54	0,23
EACF 68	11,8	81,88	38,88	43,64	21,33	23,84	13,33	10,31	5,17	2,77	1,59	1,34	0,96	3,74	0,84	0,76	0,28
EACF 71	2,21	5,46	7,40	14,00	16,07	15,24	11,30	9,68	24,83	3,57	1,96	1,74	1,24	4,09	1,05	3,06	0,33
EACF 80	2,48	5,34	15,55	45,03	52,80	47,43	30,20	23,21	11,33	5,68	3,03	2,47	1,63	15,1	1,03	0,55	0,20
EACF 85	-	-	0,26	0,54	0,46	0,38	0,18	0,12	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 90	-	10,41	-	0,22	0,40	-	-	-	2,63	1,29	0,53	0,30	0,08	1,20	-	-	-
EACF 97	1,41	0,93	0,71	1,17	0,71	0,36	0,19	0,12	0,08	0,05	0,04	0,04	0,05	2,41	0,14	0,19	0,16
EACF 99	12,5	7,52	-	7,89	9,96	4,24	2,73	2,50	-	10,87	5,55	3,34	1,86	9,07	1,21	1,00	0,64
EACF 101	2,69	2,60	4,28	0,21	3,78	2,23	1,65	0,87	0,42	0,16	0,09	0,03	0,08	-	-	-	-
EACF 104	-	7,64	1,26	1,93	1,54	1,11	0,58	0,37	0,08	0,07	-	-	-	0,27	-	-	-
EACF 111	-	-	0,42	1,39	1,44	0,97	0,56	0,49	0,21	0,07	0,04	0,05	-	0,09	-	-	-
EACF 114	12,5	123,2	0,40	6,43	6,75	0,80	2,28	9,10	21,17	10,56	5,38	15,3	2,33	3,37	1,23	0,60	0,17
EACF 115	10,6	12,02	-	6,14	7,76	2,23	0,88	0,22	8,88	8,72	4,47	2,93	1,70	5,17	1,00	0,44	0,29
EACF 122	3,22	21,17	22,37	36,89	23,89	35,47	25,38	19,76	9,36	4,40	2,23	1,62	0,97	5,43	0,50	0,21	0,08
EACF 124	3,51	6,60	4,15	3,45	3,33	3,48	2,63	1,86	1,05	0,41	0,18	0,20	0,35	4,27	0,52	0,37	0,2
EACF 126	1,42	3,07	3,55	5,95	5,10	2,29	1,74	1,05	0,41	0,16	0,01	0,00	0,05	1,17	0,20	0,17	0,03
EACF 136	1,71	0,23	1,75	6,74	8,07	5,92	3,76	2,45	1,04	0,43	0,11	0,17	0,25	11,7	0,32	1,30	-

C11 = undecane; C12 = ; C13 = tridecane; C15 = pentadecane; C17 = heptadecane; C18 = octadecane; C19 = nonadecane; C20 = eicosane; C21 = heneicosane; C22 = n-docosane; C23 = tricosane; C24 = n-tetracosane; C25 = pentacosane; C26 = n-hexacosane; C28 = n-octacosane; C30 = n-triacontane.

Tabela VI. Teor ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) dos hidrocarbonetos alifáticos, das amostras de solos na Área 2 da EACF, na profundidade de 0/10cm e 10/20cm.

Amostra	C 11	C 12	C 13	C 15	C 16	C 17	C 18	C 19	C 20	C 21	C 22	C 23	C 24	C 25	C 26	C 28	C 30
Profundidade 0/10cm																	
EACF 147	3,88	9,52	5,51	5,55	4,67	3,94	5,28	2,19	1,58	0,59	0,29	0,26	0,23	2,60	0,33	0,35	0,04
EACF 149	1,56	0,30	0,83	1,24	1,88	2,14	1,76	1,61	2,15	0,89	0,50	0,48	0,37	2,19	0,31	0,25	0,47
EACF 151	-	-	0,05	0,06	0,03	0,03	0,09	-	-	0,17	0,06	0,18	0,27	3,50	0,52	1,08	0,28
EACF 153	-	-	0,06	0,13	0,19	0,20	0,11	0,13	0,02	-	-	-	-	0,36	-	-	-
EACF 164	-	1,07	2,25	5,36	6,34	5,19	3,59	2,47	1,62	-	-	-	-	0,08	-	-	-
EACF 172	-	0,19	0,03	0,16	0,15	0,13	0,06	0,04	0,09	-	-	-	-	0,47	-	-	-
EACF 175	-	-	0,07	0,05	-	-	-	-	-	0,76	0,47	0,96	1,18	8,99	0,75	0,50	0,41
EACF 186	1,28	2,74	4,21	6,07	3,93	1,93	1,10	0,77	0,65	-	-	-	0,02	2,61	0,10	0,21	0,09
EACF 188	1,25	1,21	0,97	2,11	1,56	0,82	0,55	0,69	0,33	8,96	6,23	5,37	3,47	5,35	1,60	0,65	0,10
EACF 190	1,43	-	0,53	1,66	1,53	0,92	0,59	0,45	0,43	0,06	-	-	-	0,09	-	-	-
EACF 147	3,88	9,52	5,51	5,55	4,67	3,94	5,28	2,19	1,58	0,59	0,29	0,26	0,23	2,60	0,33	0,35	0,04
EACF 149	1,56	0,30	0,83	1,24	1,88	2,14	1,76	1,61	2,15	0,89	0,50	0,48	0,37	2,19	0,31	0,25	0,47
EACF 151	-	-	0,05	0,06	0,03	0,03	0,09	-	-	0,17	0,06	0,18	0,27	3,50	0,52	1,08	0,28
EACF 153	-	-	0,06	0,13	0,19	0,20	0,11	0,13	0,02	-	-	-	-	0,36	-	-	-
EACF 164	-	1,07	2,25	5,36	6,34	5,19	3,59	2,47	1,62	-	-	-	-	0,08	-	-	-
EACF 172	-	0,19	0,03	0,16	0,15	0,13	0,06	0,04	0,09	-	-	-	-	0,47	-	-	-
EACF 175	-	-	0,07	0,05	-	-	-	-	-	0,76	0,47	0,96	1,18	8,99	0,75	0,50	0,41
EACF 186	1,28	2,74	4,21	6,07	3,93	1,93	1,10	0,77	0,65	-	-	-	0,02	2,61	0,10	0,21	0,09
EACF 188	1,25	1,21	0,97	2,11	1,56	0,82	0,55	0,69	0,33	8,96	6,23	5,37	3,47	5,35	1,60	0,65	0,10
EACF 190	1,43	-	0,53	1,66	1,53	0,92	0,59	0,45	0,43	0,06	-	-	-	0,09	-	-	-
Profundidade 10/20cm																	
EACF 147	5,22	5,80	5,04	14,40	20,67	19,78	15,28	11,82	6,58	3,14	1,32	0,90	0,67	10,7	0,50	1,41	0,08
EACF 149	1,37	0,55	0,92	1,60	2,00	2,16	1,69	1,59	1,12	0,70	0,42	0,53	0,64	9,81	0,99	0,94	0,50
EACF 151	-	5,01	2,34	2,64	1,92	1,26	0,69	0,52	0,18	0,07	0,05	0,06	0,00	0,09	-	-	-
EACF 153	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nd	-	-	-	0,05	-	-	-
EACF 164	1,85	1,79	3,16	7,87	10,11	9,31	6,69	5,10	4,30	2,04	1,11	1,00	0,66	2,49	0,47	1,16	0,34
EACF 172	0,00	0,26	0,48	0,70	0,82	0,64	0,59	0,49	0,30	0,03	-	-	-	0,05	-	-	-
EACF 175	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31	-	-	-
EACF 186	-	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 188	-	-	0,60	1,68	1,28	0,51	0,19	0,03	0,02	-	-	-	0,01	3,13	0,07	0,74	0,06
EACF 190	1,30	0,35	0,14	2,85	2,08	0,94	0,48	0,25	0,32	0,08	0,02	0,16	0,23	7,98	0,37	0,63	0,08
EACF 147	0,00	1,30	1,25	2,06	1,37	0,57	0,26	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	0,12	6,26	0,25	0,12	0,07
EACF 147	5,22	5,80	5,04	14,40	20,67	19,78	15,28	11,82	6,58	3,14	1,32	0,90	0,67	10,7	0,50	1,41	0,08
EACF 149	1,37	0,55	0,92	1,60	2,00	2,16	1,69	1,59	1,12	0,70	0,42	0,53	0,64	9,81	0,99	0,94	0,50
EACF 151	-	5,01	2,34	2,64	1,92	1,26	0,69	0,52	0,18	0,07	0,05	0,06	0,00	0,09	-	-	-
EACF 153	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nd	-	-	-	0,05	-	-	-
EACF 164	1,85	1,79	3,16	7,87	10,11	9,31	6,69	5,10	4,30	2,04	1,11	1,00	0,66	2,49	0,47	1,16	0,34
EACF 172	0,00	0,26	0,48	0,70	0,82	0,64	0,59	0,49	0,30	0,03	-	-	-	0,05	-	-	-
EACF 175	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31	-	-	-
EACF 186	-	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EACF 188	-	-	0,60	1,68	1,28	0,51	0,19	0,03	0,02	-	-	-	0,01	3,13	0,07	0,74	0,06
EACF 190	1,30	0,35	0,14	2,85	2,08	0,94	0,48	0,25	0,32	0,08	0,02	0,16	0,23	7,98	0,37	0,63	0,08

C11 = undecane; C12 = ; C13 = tridecane; C15 = pentadecane; C17 = heptadecane; C18 = octadecane; C19 = nonadecane; C20 = eicosane; C21 = heneicosane; C22 = n-docosane; C23 = tricosane; C24 = n-tetracosane; C25 = pentacosane; C26 = n-hexacosane; C28 = n-octacosane; C30 = n-triacontane.

Tabela VII. Teor ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) dos hidrocarbonetos alifáticos, das amostras de solos na Área 3 da EACF, na profundidade de 0/10cm e 10/20cm.

Amostra	C 11	C 12	C 13	C 15	C 16	C 17	C 18	C 19	C 20	C 21	C 22	C 23	C 24	C 25	C 26	C 28	C 30
Profundidade 0/10cm																	
EACF 205	-	-	0,14	0,35	0,22	0,44	0,04	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-
EACF 207	1,14	1,25	1,37	1,86	1,06	0,50	0,18	0,13	0,09	0,14	0,06	0,04	0,35	0,13	-	-	-
EACF 214	1,79	3,02	3,96	5,41	3,76	1,74	0,67	0,29	0,29	11,79	6,14	4,35	2,52	3,81	1,20	0,70	0,11
EACF 229	-	-	0,57	2,05	2,83	2,89	2,34	1,96	1,34	3,39	1,84	1,59	1,09	16,0	1,09	4,45	0,46
EACF 234	-	-	-	-	-	0,61	-	-	-	3,23	2,09	1,79	1,05	1,28	0,37	0,07	-
Profundidade 10/20cm																	
EACF 205	1,30	-	0,04	0,19	0,15	0,43	0,04	-	-	-	-	-	0,01	3,07	0,05	0,19	0,11
EACF 207	1,19	0,98	0,47	0,76	0,37	0,32	0,06	-	-	-	0,08	-	0,05	2,35	-	0,08	-
EACF 214	1,56	1,80	3,57	5,55	3,88	2,05	0,56	0,12	0,14	0,02	0,11	0,04	0,09	4,04	-	0,16	0,04
EACF 229	-	-	-	-	-	1,12	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-	-	-
EACF 234	1,30	-	0,04	0,19	0,15	0,43	0,04	-	-	-	-	-	0,01	3,07	0,05	0,19	0,11

C11 = undecane; C12 = ; C13 = tridecane; C15 = pentadecane; C17 = heptadecane; C18 = octadecane; C19 = nonadecane; C20 = eicosane; C21 = heneicosane; C22 = n-docosane; C23 = tricosane; C24 = n-tetracosane; C25 = pentacosane; C26 = n-hexacosane; C28 = n-octacosane; C30 = n-triacontane.

Tabela VIII. Teores de hidrocarbonetos alifáticos e policíclicos aromáticos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), em solos e sedimentos de diferentes áreas da Antártica.

Estudo de áreas analisadas	Autores	Hidrocarbonetos Alifáticos	Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos
		$\mu\text{g g}^{-1}$	$\text{ng g}^{-1}$
Áreas pristinas da Antártica	Cripps & Priddle (1991)	-	50-200
Estação Palmer (E.U.A)	Kennicutt <i>et al.</i> (1992)	-	200-14500
Estação Davis (AUS)	Green <i>et al.</i> (1992)	-	7,00
Estação Davis (AUS)	Green & Nichols (1995)	0,26-10,1	-
Bahia do Almirantado (1993)	Bícego <i>et al.</i> (1996)	0,44-7,05	0,47-37,8
Bahia do Almirantado (1990, 1992)	Bícego <i>et al.</i> (1998)	-	1,00-32,0
Bahia do Almirantado (1998, 2000)	Martins & Bícego (2004)	0,15-13,3	271
Estação Antártica Comandante Ferraz	Presente trabalho	0,02-15,0*	0,05-3,84*

\*= valores médios

## REFERÊNCIAS

- AISLABIE, J.; BALKS, M.; ASTORI, N.; STEVENSON, G. & SYMONS, R. 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons in fuel-oil contaminated soils, Antarctica. *Chemosphere*, 39: 2201-2207.
- BEYER, L. 2000. Properties, Formation and Geo-ecological significance of organic soils in the Coastal region of East Antarctica. *CATENA*, 39: 79-93.
- BÍCEGO, M.C.; WEBER, R.R. & ITO, R.G. 1996. Aromatic hydrocarbons on surface waters of Admiralty bay, King George Island, Antarctica. *Marine Pollution Bulletin*, 32: 549-553.
- BÍCEGO, M.C.; ZANARDI, E.; ITO, R.G. & WEBER, R.R. 1998. Hydrocarbons in surface sediments of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Pesquisa Antártica Brasileira*, 3: 15-21.
- CRIPPS, G.C. 1989. Problems in the identification of anthropogenic hydrocarbons against natural background levels in Antarctic. *Antarctic Science*, 1: 307-312.
- CRIPPS, G.C. & PRIDDLE, J. 1991. Hydrocarbons in the Antarctic marine environment. *Antarctic Science*, 3: 233-250.
- CRIPPS, C.G. 1992. The extent of hydrocarbon contamination in the marine environment from a research station in the Antarctic. *Marine Pollution Bulletin*, 25: 288-292.
- FRANCELINO, F.R. 2004. Geoprocessamento aplicado ao monitoramento ambiental da Antártica Marítima: Solos, geomorfologia e cobertura vegetal da Península Keller. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa 102p.
- GOLDSWORTHY, P.M.; CANNING, E.A. & RIDDLE, M.J. 2003. Soil and water contamination in the Larsemann Hills, East Antarctica. *Polar Record*, 39: 319-337.
- GREEN, G.; SKERRATT, J. H.; LEEMING, R. & NICHOLS, D. 1992. Hydrocarbon and coprostanol levels in seawater, sea-ice algae and sediments near Davis Station in Eastern Antarctica: a regional survey and preliminary results for a fuel spill experiment. *Marine Pollution Bulletin*, 25: 293-303.
- GREEN, G. & NICHOLS, P.D. 1995. Hydrocarbons and sterols in marine sediments and soils at Davis Station, Antarctica: a survey for human-derived contaminants. *Antarctic Science*, 7: 137-144.
- KENNICUTT, M.C., SWEET, S.T.; FRASER, W.R.; STOCKTON, W.L. & CULVER, M. 1991. The grounding of the Bahia Paraiso. Arthur Harbor, Antarctica-1. Distribution and fate of oil spilled related hydrocarbons. *Environmental Science Technology*, 25: 509-518.
- KENNICUTT, M.C.; McDONALD, T.J.; DENOUX, G.J. & McDONALD, S.J. 1992. Hydrocarbons contamination on the Antarctic peninsula – I. Arthur harbor– subtidal sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 24:499-506.
- KENNICUTT, M.C. & SWEET, S.T. 1992. Hydrocarbon contamination on the Antarctic peninsula: III. The Bahia Paraiso – two years after the spill. *Marine Pollution Bulletin*, 25: 303-306.
- KENNICUTT, M.C., KENNICUTT, S. J.; SERICANO, J. L.; BOOTHE, P.; OLIVIER, J.; SAFE, S.; PRESLEY, B. J.; LIU, H.; WOLFE, D.; WADE, T. L.; CROCKETT, A. & BOCKUS, D. 1995. Human contamination of the marine environment- Arthur Harbor and McMurdo Sound, Antarctica. *Environmental Science and Technology*, 29: 1279-1287.
- LAW, R.J. & BISCAYA, J.L. 1994. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) – Problems and progress in sampling, analysis and interpretation. *Marine Pollution Bulletin*, 29: 235-241.
- MARTINS, C.C. 2001. *Avaliação da introdução de esteróis fecais e hidrocarbonetos marcadores geoquímicos em sedimentos da Bahia do almirantado, Península Antártica*. Dissertação, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo, 116p.
- MARTINS, C.C. & BÍCEGO, M.C. 2004. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments in Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Antarctic Science*, 16(2): 117-122.
- MAZZERA, D.; HAYES, T.; LOWENTHAL, D. & ZIELINSKA, B. 1999. Quantification of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil at McMurdo Station, Antarctica. *The Science of Total Environment*, 299: 65-7.
- NISHIGIMA, F.N.; WEBER, R.R. & BÍCEGO, M.C. 2001. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in sediments of Santos and Cananéias, SP, Brasil. *Marine Pollution Bulletin*, 42:1064-1072.
- SERRANO, E. & LOPEZ-MARTINEZ, J. 2000. Rock glaciers in the South Stetland Island, West Antarctica, *Geomorphology*, 35:145-162.
- STARK, S.C.; GARDNER, D.; SNAPE, I. & McIVOR, E. 2003. Assessment of contamination by heavy metals and petroleum hydrocarbons at Atlas Cove Station, Heard Island. *Polar Record*, 39: 397-414.
- YU, Y.; WADE, T.L.; FANG, J. McDONALD, S. & BROOKS, J.M. 1995. Gas chromatographic-mass spectrometric analysis of polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites in Antarctic fish (*Notothenia gibberifrons*) injected with diesel fuel arctic. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 29: 241-246.

Submetido em 07/08/2007.

Aceito em 14/10/2007.