

Cladonia Verticillaris (Raddi) Fr., PARA DIAGNOSTICO DA SALUBRIDADE DO AR DECORRENTE DA EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE CALCÁRIO EM VERTENTE DO LÉRIO, PERNAMBUCO (BRASIL)

Maria Helena Alves da Cunha

Profª. Mestre Titular do Departamento de Ciências Naturais
Universidade de Pernambuco
helenacunha@yahoo.com.br

Joelmir Marques da Silva

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Joelmir_marques@hotmail.com

Fernando de Oliveira Mota Filho

Profª. Doutor Titular do Departamento de Ciências Geográficas
Universidade Federal de Pernambuco
fmf@elogica.com.br

Nicácio Henrique da Silva

Profª. Doutor do Departamento de Bioquímica e Biofísica
Universidade Federal de Pernambuco
nhsilva@uol.com.br

Eugênia Cristina Gonçalves Pereira

Profª. Doutora Titular do Departamento de Ciências Geográficas
Universidade Federal de Pernambuco
Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1D
epereira@npd.ufpe.br

RESUMO

Os líquens têm sido *utilizados* como biomonitores em vários países pela sua eficiência na detecção e quantificação de poluentes atmosféricos. Neste trabalho utilizou-se *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr., com o objetivo de avaliar as alterações fisiológicas existentes após sua exposição permanente de material particulado, resultante de atividades de extração e beneficiamento de calcário em Vertente do Lério, Pernambuco (Brasil). Foram transplantadas amostras de *C. verticillaris* de Saloá - PE, cujo índice de poluição é quase nulo, para a área de estudo. *C. verticillaris* foi exposta ao ambiente no período de maio a dezembro de 2006, tendo sido recolhidas amostras mensais para ensaios. Estas foram analisadas através das Cromatografias de Camada Delgada (CCD) e a Líquida de Alta Eficiência (CLAE). Os resultados evidenciaram variações no metabolismo da espécie, que alterou a produção de sua substância principal, o ácido fumarprotocetrarico, além do acúmulo de produtos intermediários da sua biossíntese. Os efeitos foram mais evidentes nas amostras colocadas mais próximas aos emissores, e/ou nas que estavam em localização a favor da direção predominante dos ventos.

Palavras-chave: biomonitor, líquens, poluição atmosférica, calcário.

Cladonia Verticillaris (Raddi) Fr., FOR DIAGNOSIS OF THE SALUBRITY OF THE DECURRENT AIR OF THE LIMESTONE EXTRACTION AND TRANSFORMATION ACTIVITIES IN VERTENTE DO LÉRIO, PERNAMBUCO (BRAZIL)

ABSTRACT

Lichens have been used as biomonitors in several countries due to their efficiency on detection and quantification of air pollutants. In this paper *Cladonia verticillaris* (Raddi)

Fr. was used with the purpose of evaluating its physiologic alterations, after permanent exposition to particulate material, resulted from limestone extraction and transformation activities in Vertente do Lério, Pernambuco (Brazil). Samples of *C. verticillaris* from Saloá (PE), whose pollution index almost null, were transplanted to study area. *C. verticillaris* was exposed to environment up May to December (2006), with monthly collections for assays. They were analysed through thin layer (TLC) and high performance chromatographies (HPLC). The results evidenced variations on species metabolism, which modified the production of its major compound, the fumarportocetraric acid, besides an accumulation of intermediary products of its biosynthesis. The effects were more evident in samples located nearest of pollutant sources, and/or those ones placed on the predominant wind direction.

Key-words: biomonitors, lichen, air pollution, limestone.

INTRODUÇÃO

A poluição do ar é um dos grandes problemas que acomete hoje a humanidade, com repercussões significativas sobre o meio ambiente e a saúde da população. Os poluentes nele encontrados estão, geralmente, sob a forma de material particulado, que podem ser facilmente absorvidos pelo sistema respiratório do homem. O material particulado em suspensão (MPS) é um termo utilizado para um grande número de substâncias encontradas no ar. Almeida (1999), o define como sendo qualquer substância, exceto água pura, que existe no estado sólido ou líquido na atmosfera e aponta como principais causas de fontes primárias de poluentes particulados, os processos industriais, a queima de combustível e o transporte.

Os poluentes particulados atmosféricos podem ser monitorados através de aparelhos físicos ou de organismos vivos – os biomonitores. Os líquens são seres simbióticos, encontrados nas várias regiões do planeta, submetidos a diversos tipos climáticos. São organismos cuja nutrição é higroscópica, não apresenta um sistema radicular de absorção, possuem cutícula reduzida ou inexistente, incorporando facilmente os poluentes circulantes (Pilegaard, 1978). Estes organismos retêm do ar elementos radioativos, íons metálicos, possibilitando assim sua utilização como biomonitor atmosférico (Nieboer, 1972 e Seaward, 1977).

Levando-se em consideração as diversas fontes de material particulado que poluem o ar, objetivou-se neste trabalho analisar as alterações fisiológicas ocorridas em *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr., após um período de exposição ao ambiente em áreas com emissores provenientes de minas e indústrias de calcário, localizadas no município de Vertente do Lério - PE, com a finalidade de avaliar a eficiência da espécie como biomonitor da qualidade ambiental.

Material e métodos

Seleção da área de estudo

O município de Vertente do Lério (fig. 1) localiza-se na Microrregião do Alto Capibaribe, integrante da Mesorregião do Agreste Setentrional do Estado de Pernambuco (Brasil). O Município encontra-se distante da Capital Pernambucana 139 km, limitando-se ao Norte, Umbuzeiro – PB; ao Sul e Sudeste, Surubim - PE; ao Leste, Casinhas - PE; e ao Oeste e Sudoeste, Santa Cecília – PE e Santa Maria do Cambucá - PE. É caracterizado por um clima semi-árido do tipo BShs'; solos rasos com horizonte "A" fraco, predominando Planossolos, destacando-se a presença de Vertissolos oriundos da decomposição do calcário; a cobertura vegetal é representada por uma caatinga hipoxerófila. Apresenta uma área territorial de 120 km², cuja base econômica é a agricultura de subsistência, e o extrativismo mineral com beneficiamento do calcário que assume um importante papel na economia local (Pessoa, 1997).

Coleta e armazenamento dos líquens

Para realização desse trabalho utilizou-se o líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. (Figura 2A),

Cladonia Verticillaris (Raddi) Fr., para diagnóstico da salubridade do ar decorrente da extração e beneficiamento de calcário em Vertente do Lério, Pernambuco (Brasil)

Joelmir Marques da Silva, Maria Helena Alves da Cunha, Eugênia Cristina Gonçalves Pereira, Fernando de Oliveira Mota Filho

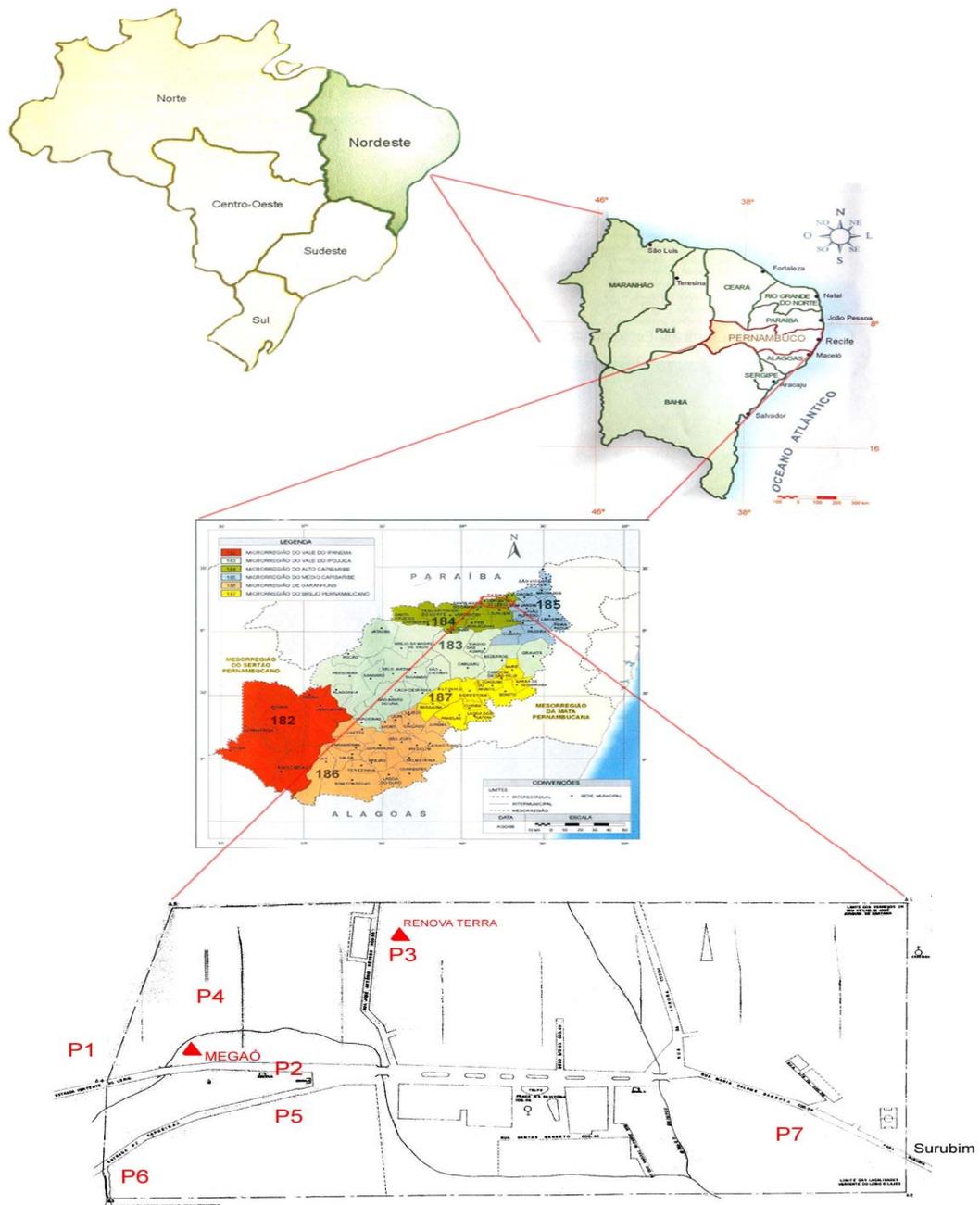


Figura 1 - Mapa do Município de Vertente do Lério, com indicativo dos pontos de coleta

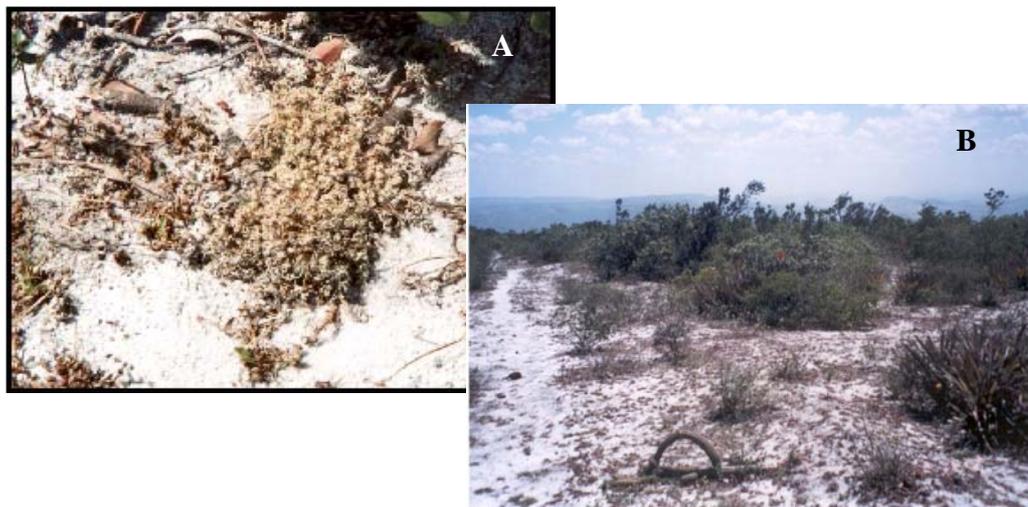


Figura 2 - *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. no seu ambiente natura (A) e Serra do Prata - Saloá (B)

proveniente de uma área de cerrado localizado na Serra da Prata, município de Saloá - PE (Figura 2B). Por se situar a uma altitude superior a 1000 metros e, afastada de áreas urbanas e rodovias, não apresenta fontes potenciais de poluentes atmosféricos (Figura 3).

As amostras foram colocadas à temperatura ambiente ($28 \pm 3^{\circ}$ C), até realização dos experimentos. Uma parte foi destinada à identificação segundo características morfológicas e químicas do talo, por um dos autores (E. C. Pereira) e depositada no Herbário da Universidade Federal de Pernambuco.



Figura 3 - Montagem dos experimentos

Montagem dos experimentos

Os líquens foram transplantados para a área de estudo e acondicionados em sacolas de papel. Amostras do solo ocorrente abaixo dos tufos liquênicos foram coletados para montagem dos experimentos. Nestes, o líquen foi colocado em recipientes plásticos recobertos com redes protetoras (Figura 3).

Após essa etapa, o material foi exposto ao ambiente, em um total de sete pontos estratégicos, denominados de P1 a P7, tomando como base o emitente dos poluentes, ou seja, uma das indústrias de beneficiamento de calcário, onde P1 – residência localizada a 1 km desta indústria e próxima a minas; P2 – delegacia localizada à frente de indústria; P3 – ponto dentro do pátio de descarrego da mesma; P4 – residência localizada atrás do ponto de emissão; P5 – sítio localizado a 2 km do emitente; P6 – residência no centro da cidade; P7 – residência fora da cidade (ponto controle). Além da influência do emitente, levou-se também em consideração a direção predominante dos ventos, supondo-se ser a via principal de dispersão dos contaminantes.

A coleta foi realizada mensalmente, iniciada no mês de junho de 2006 com término em dezembro do mesmo ano, garantindo que as amostras estiveram expostas tanto nos períodos seco como no chuvoso do ano. A cada uma delas retirou-se uma amostra do líquen (5g), que foi encaminhado ao laboratório para extração e análise das substâncias liquênicas produzidas.

Ensaio de Cromatografia em Camada Delgada (CCD)

A CCD foi realizada com extratos orgânicos obtidos a frio com éter etílico, seguido de clorofórmio e uma terceira extração com acetona, evaporados à temperatura ambiente. Estes foram aplicados em cromatoplasmas de sílica gel com padrões de atranorina (ATR) e do ácido fumarprotocetrárico (FUM) sendo, posteriormente, submetidos a um sistema unidimensional de solventes A (tolueno: dioxano: ácido acético, 180: 45: 5 v/v). As placas foram reveladas sob a luz UV curta e longa e, em seguida, pulverizadas com H₂SO₄ a 10% e aquecidas em estufa a 100°C por 1h, para obtenção da coloração das bandas.

Ensaio em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)

Os extratos orgânicos avaliados por CCD e respectivos padrões foram injetados em cromatógrafo líquido Hitachi, acoplado a detector de ultra-violeta a 254nm, a uma concentração de 1 mg/mL para os extratos e 0,1 mg/mL para os padrões. Como parâmetro de análise foram usados, coluna de fase reversa C18, fase móvel metanol/ água/ ácido acético (80: 19,5: 0,5, v/v), fluxo 1,0 mL.min⁻¹, pressão 84 atm, atenuação 6, temperatura ambiente (28 ± 3°C), conforme metodologia de Legaz & Vicente (1983). Os resultados foram avaliados de acordo com o tempo de retenção das substâncias na coluna. As áreas dos picos revelaram a concentração de cada substância nos extratos. Foram usados como padrão o ácido fumarprotocetrárico (FUM) e a atranorina (ATR).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Vertente do Lério com uma extensão territorial de 120 km² pertence a uma região potencialmente rica, devido a existência de jazidas e minas de calcário correspondendo a 57,58% de todo o calcário de estado (Renova Terra). O processo de calcinação e industrialização do calcário emitem para a atmosfera uma quantidade significativa de material particulado (Figuras 4 e 5).

O monitoramento do ar pode ser realizado através da utilização de equipamentos que possuem a capacidade de determinar com precisão as modificações ocorridas no ambiente. Entretanto, a utilização e manutenção desses equipamentos torna-se oneroso, sendo inviável economicamente para realização da mensuração dos poluentes atmosféricos.

A utilização de biomonitoramento em áreas potencialmente poluídas torna-se um método mais acessível e viável em regiões com baixo poder aquisitivo. O biomonitoramento ativo (espécies transplantadas) permite o estudo da evolução dos danos estruturais, morfológicos e fisiológicos que os poluentes causam no organismo (Vicente et al. 1994).



Figura 4 - Pátio de descarrete de indústria de calcário em Vertente do Lério - PE



Figura 5 - Mina de calcário em Vertente do Lério - PE

Esta metodologia foi utilizada pela primeira vez em Munique por Arnold, no fim do século passado (Seaward, 1993), entretanto foi Brodo, que fundamentou a metodologia sobre biomonitoramento ativo, utilizando sua técnica de transplantar partes de casca de árvores possuindo líquens, servindo de embasamento para trabalhos posteriores sobre monitoramento ativo (Seaward 1993).

Outra técnica utilizada é o transplante de líquens envolvidos em malhas de nylon para a área onde se realizará o biomonitoramento do ar (Seaward, 1993).

No Nordeste brasileiro existem estudos direcionados para essa metodologia. Líquens transplantados foram estudados, analisando-se a degradação da clorofila provocada pelos poluentes. Estes transformam o pigmento em feofitina, através da acidificação da célula e retirada do íon magnésio (Mg) existente no centro da estrutura (Cáceres et al. 1996), ou destroem os cloroplastos inibindo a fotossíntese, com prejuízo da produção de carboidratos pelo fotobionte, que o repassa para o micobionte, afetando assim a biossíntese de substâncias majoritárias da espécie, levando à produção de substâncias intermediárias e/ou produtos de degradação (Silva, 2002).

A interferência na produção das substâncias líquênicas promove a desproteção dos líquens contra as agressões externas, e sugere um deslocamento dos fenóis medulares para a região cortical, como um mecanismo de defesa contra os poluentes atmosféricos (Silva, 2002). Pereira et al. (1994) observaram que, através de comparação de fenóis da medula e do córtex de *Parmotrema praesorediosum*, amostras provenientes de locais com poluição, possuíam baixos teores de fenóis corticais, em relação às amostras coletadas de áreas com menor índice de agentes poluentes.

Isto pode ser observado nas análises realizadas nas CCDs dos extratos líquênicos transplantados, que demonstram, de forma qualitativa, que das sete coletas realizadas, as do primeiro mês produziram o ácido fumarprotocetrárico (FUM), composto principal da espécie, e incrementou a produção de atranorina (ATR), substância produzida em baixo teor por *C. verticillaris*, sob condições naturais (Ahti et al, 1993). Observa-se ainda nas amostras subsequentes a diminuição da substância principal e a produção de compostos intermediários do metabolismo, assim como, a presença de produtos de degradação. Isto pode ser atribuído tanto ao estresse promovido pelo transplante, como a agressão dos poluentes que devem inibir alguma etapa metabólica para produção do FUM, conforme figura 6.

Nas análises em CLAE observou-se o comportamento fisiológico do líquen durante o período de exposição, evidenciando alterações no seu metabolismo com interferência na síntese de seus compostos.

Nas figuras 7 a 12 o padrão de produção das substâncias líquênicas determina o grau de agressão verificada nos pontos estudados, onde as amostras da primeira coleta apresentaram boa produção do ácido fumarprotocetrárico, entretanto o ponto 4, localizado atrás de uma das indústrias, produz este metabólito em quantidades menores. No período da segunda coleta, caracterizada por um período de chuvas intensas, todos os pontos apresentam uma boa produção do FUM, com exceção do ponto 3 localizado no pátio de descarrego da indústria, provavelmente por estar em um galpão, onde a chuva não tenha lavado o líquen, impedindo assim uma recuperação do mesmo. Nesta ocasião já são observadas substâncias intermediárias do metabolismo líquênico.

A partir do terceiro mês de coleta verifica-se que no ponto 1 o líquen diminui drasticamente sua produção de FUM, alcançando um estágio de colapso quase total, sendo considerado um dos pontos mais agredidos. O ponto 2, no terceiro mês de coleta, apresenta uma queda abrupta na produção de FUM com posterior recuperação e produção de altos teores de atranorina mantendo esse padrão até o último mês, observando-se um bloqueio na produção de FUM, aumento do ácido protocetrárico e atranorina evidenciando o bloqueio na substância principal da espécie. O ponto 3, a partir da terceira coleta, passa a produzir em pequenas quantidades, o FUM, com aumento gradativo das substâncias intermediárias, que no sétimo mês de coleta

apresentam-se com altos níveis e desaparecimento do FUM, demonstrando assim alterações significativas na via metabólica. O ponto 4 é considerado um local crítico, já que o líquen entra em colapso nas últimas coletas. Isto justifica-se pelo fato deste ponto localizar-se atrás de uma fábrica na direção dos ventos que carregam os poluentes. No ponto 5, localizado em um sítio a 2km do emitente, observa-se na coleta 3 uma diminuição drástica na produção de substâncias, e posterior aumento nas substâncias intermediárias bloqueando a produção do FUM e aumento significativo do ácido protocetrárico. O ponto 6, localizado no centro da cidade, o líquen passa a sofrer um processo de colapso com diminuição drástica na produção das substâncias liquênicas, caracterizando um ponto muito agredido. O ponto 7, localizado fora da cidade, considerado o ponto controle, apresentou um comportamento do metabolismo de forma inesperado com colapso total do líquen. Justifica-se esse padrão de comportamento por estar localizado em via de tráfego dos caminhões que transportam o calcário beneficiado que sai das indústrias para ser comercializado.

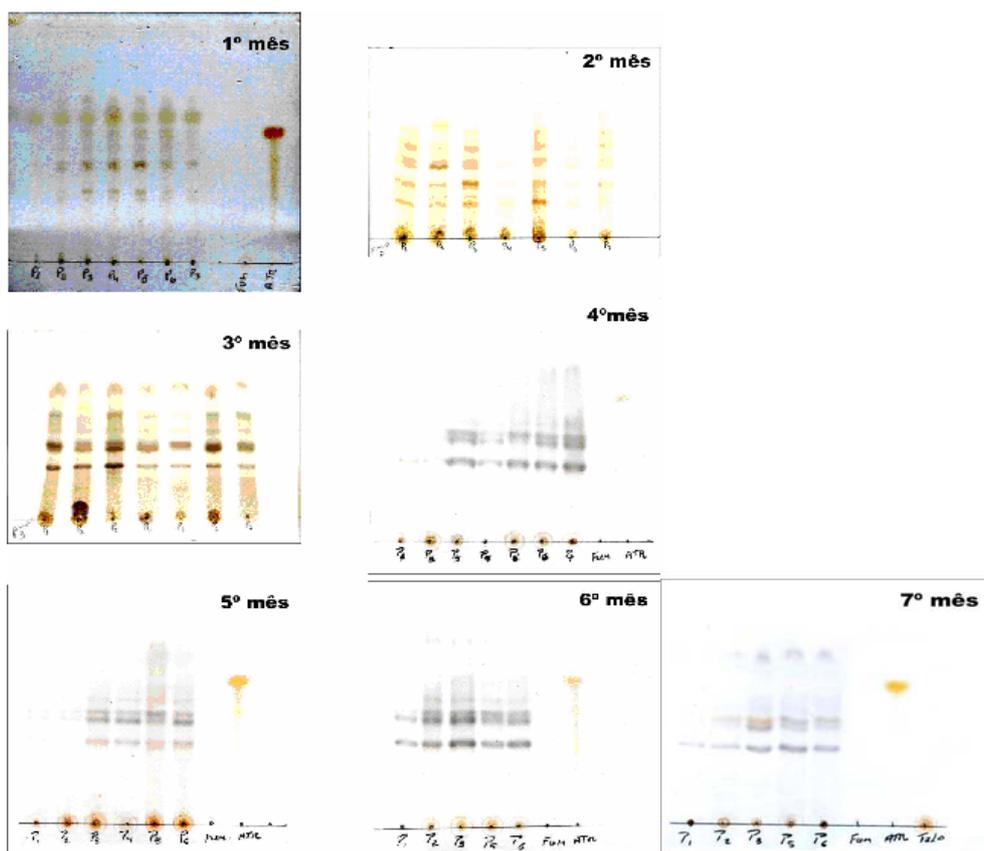


Figura 6 - Cromatografia em Camada Delgada (CCD) dos extratos orgânicos obtidos de *C. verticillaris* submetida a material particulado em área de beneficiamento de calcário.

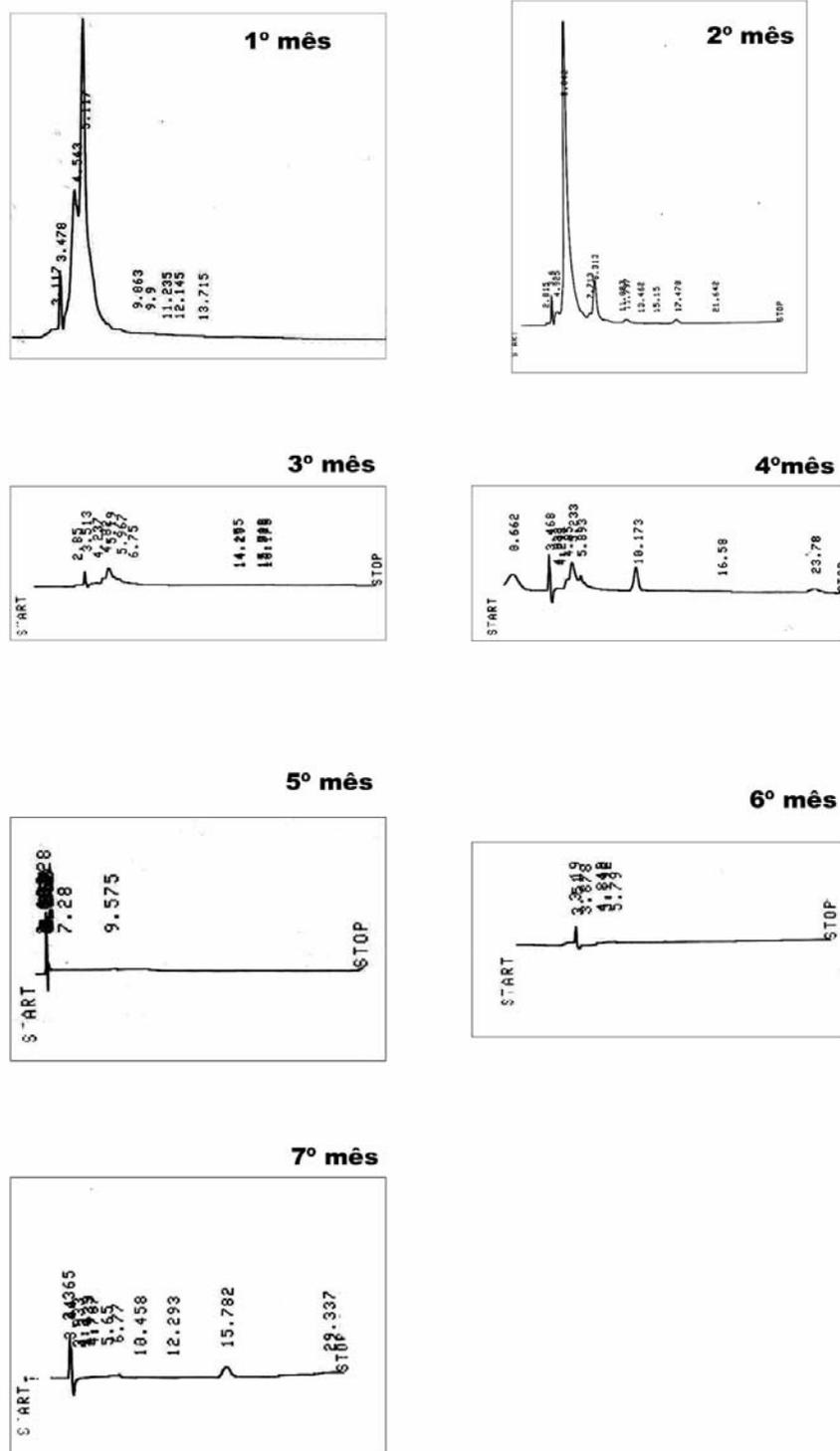


Figura 7 - Cromatografia de alta eficiência (CLAE) dos estratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 1 em Vertente do Lério.

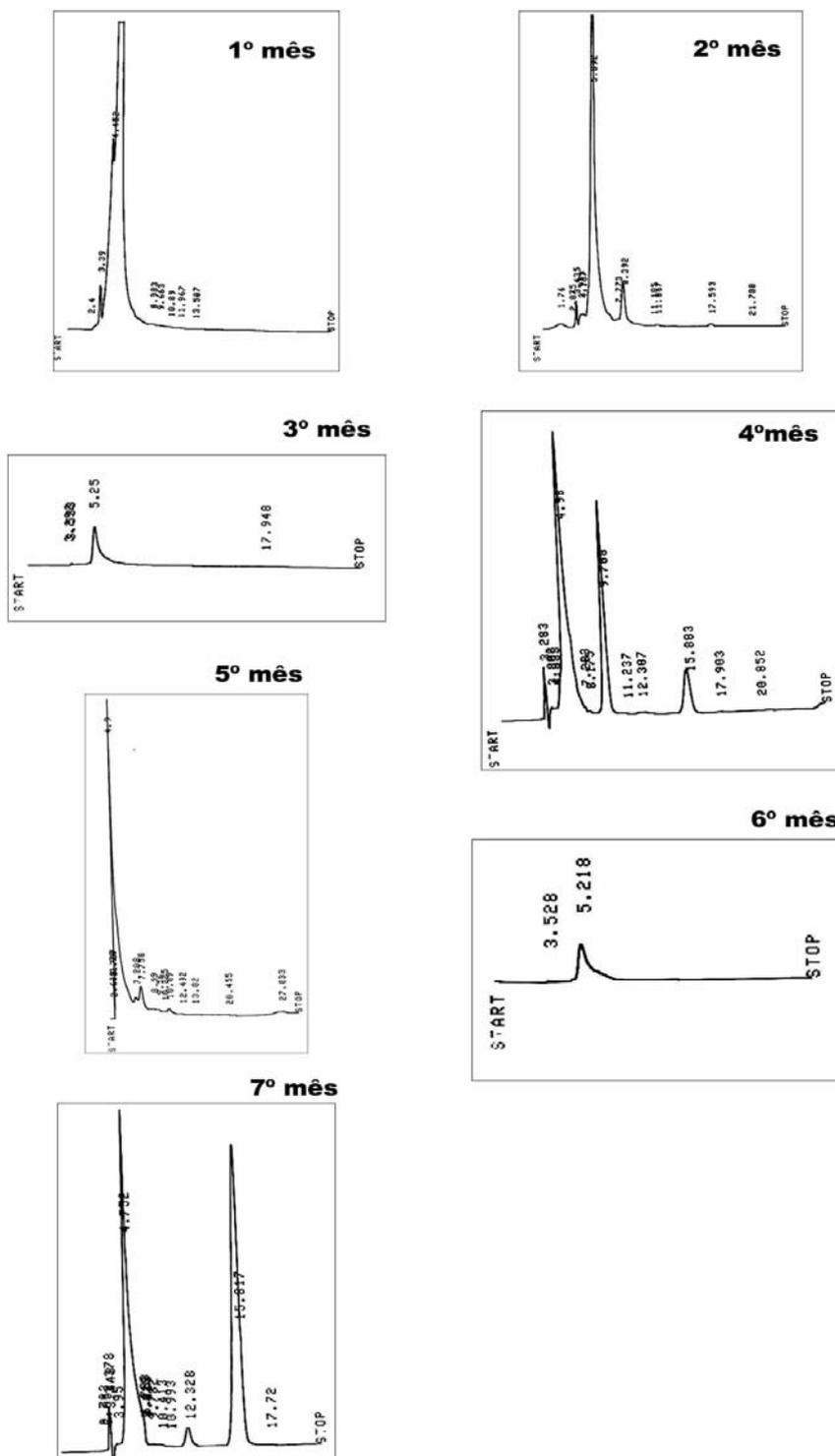


Figura 8 - Cromatografia de alta eficiência (CLAE) dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 2 em Vertente do Lério.

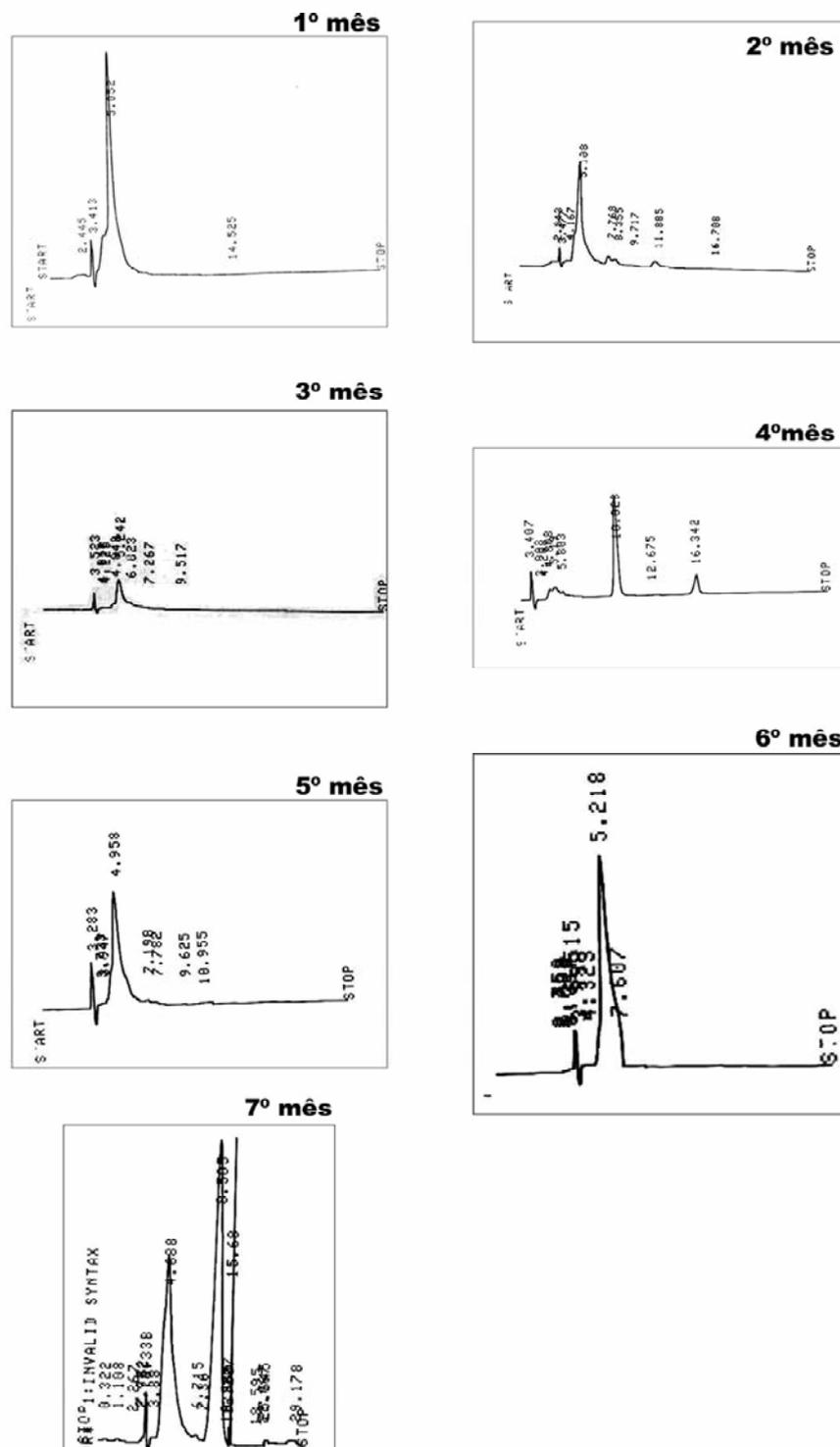


Figura 9 – Cromatografia de alta eficiência (CLAE) dos estratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 3 em Vertente do Lério.

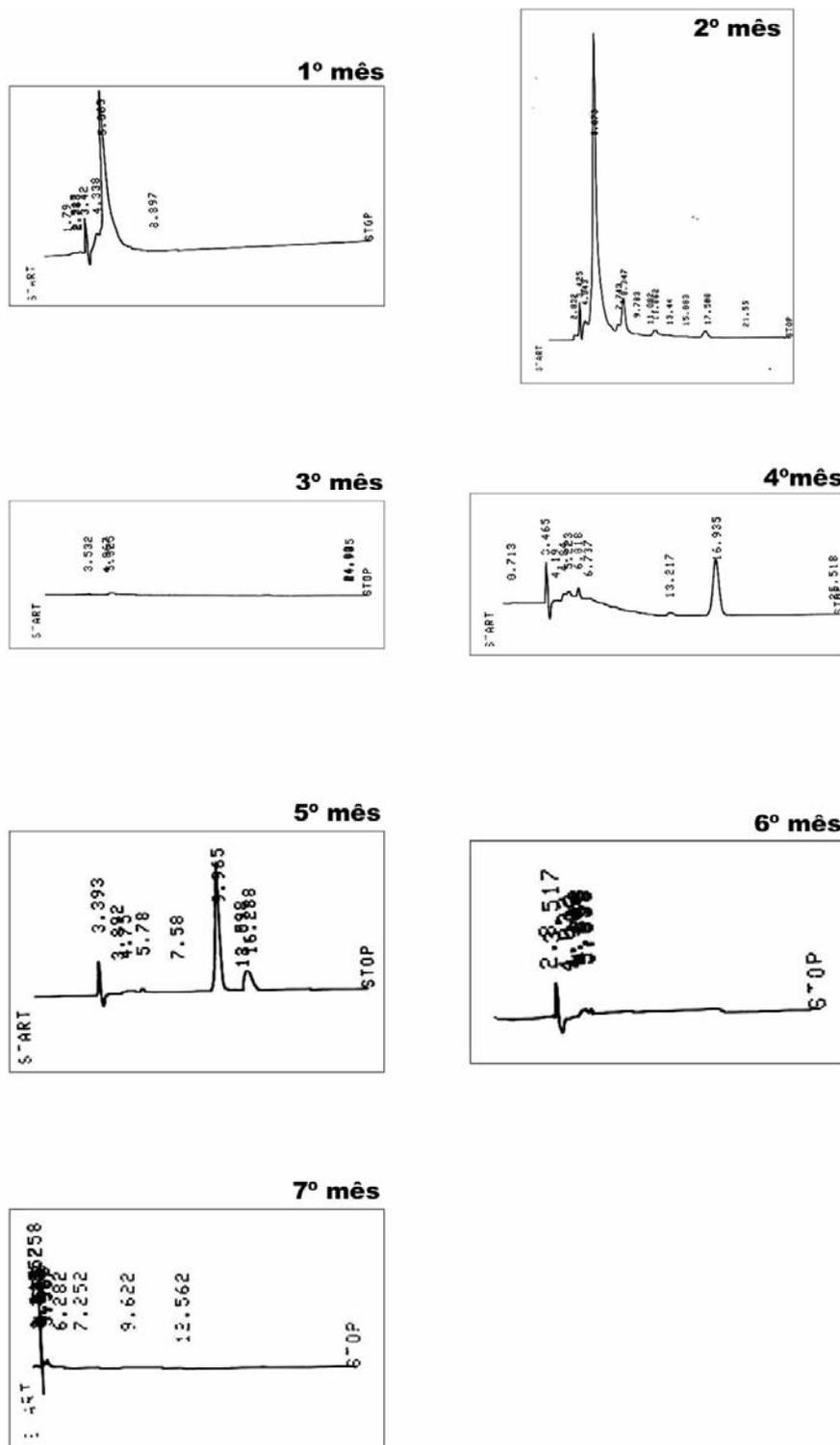


Figura 10 - Cromatografia de alta eficiência (CLAE) dos estratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 4 em Vertente do Lério.

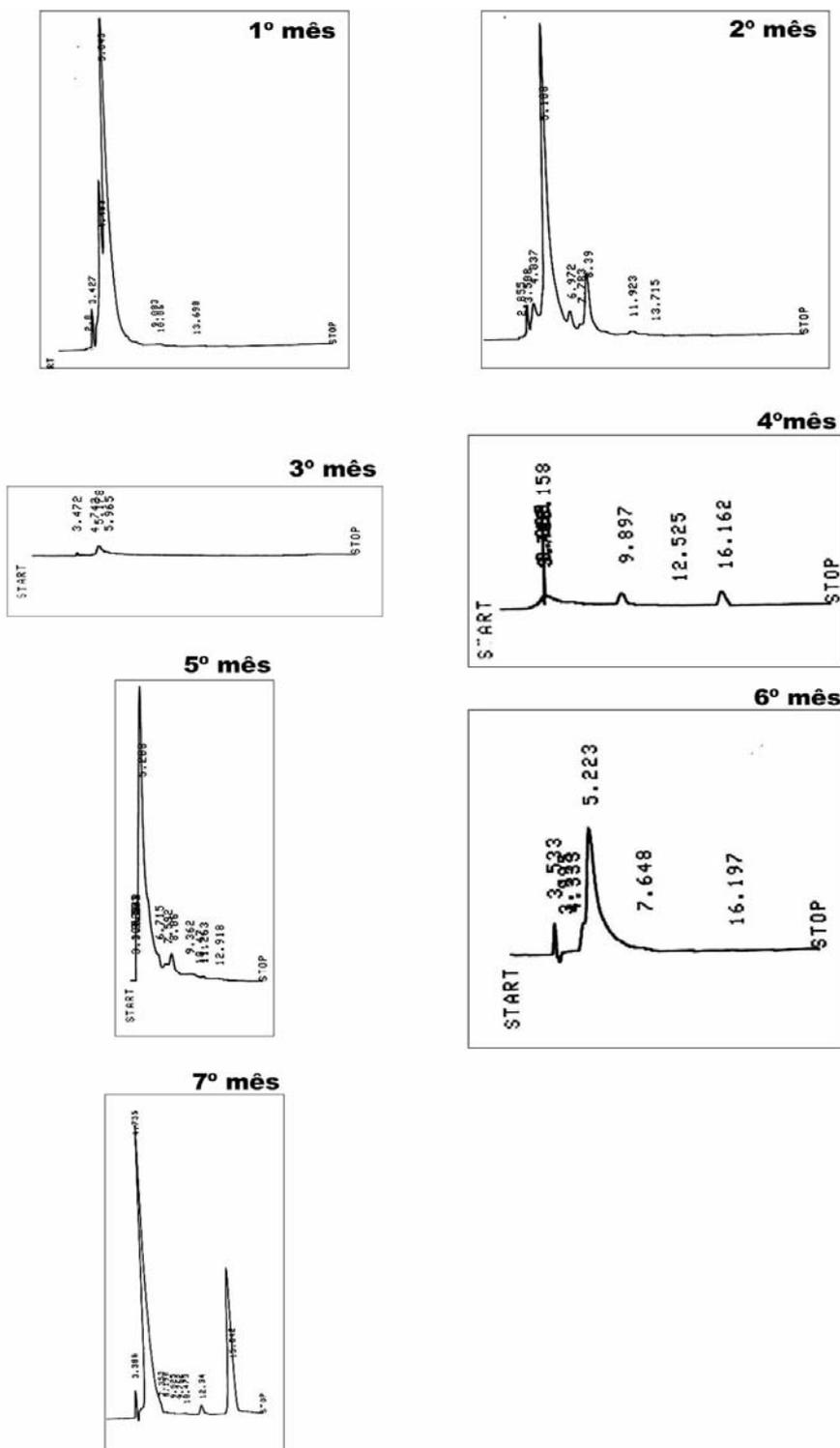


Figura 11 - Cromatografia de alta eficiência (CLAE) dos estratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 5 em Vertente do Lério.

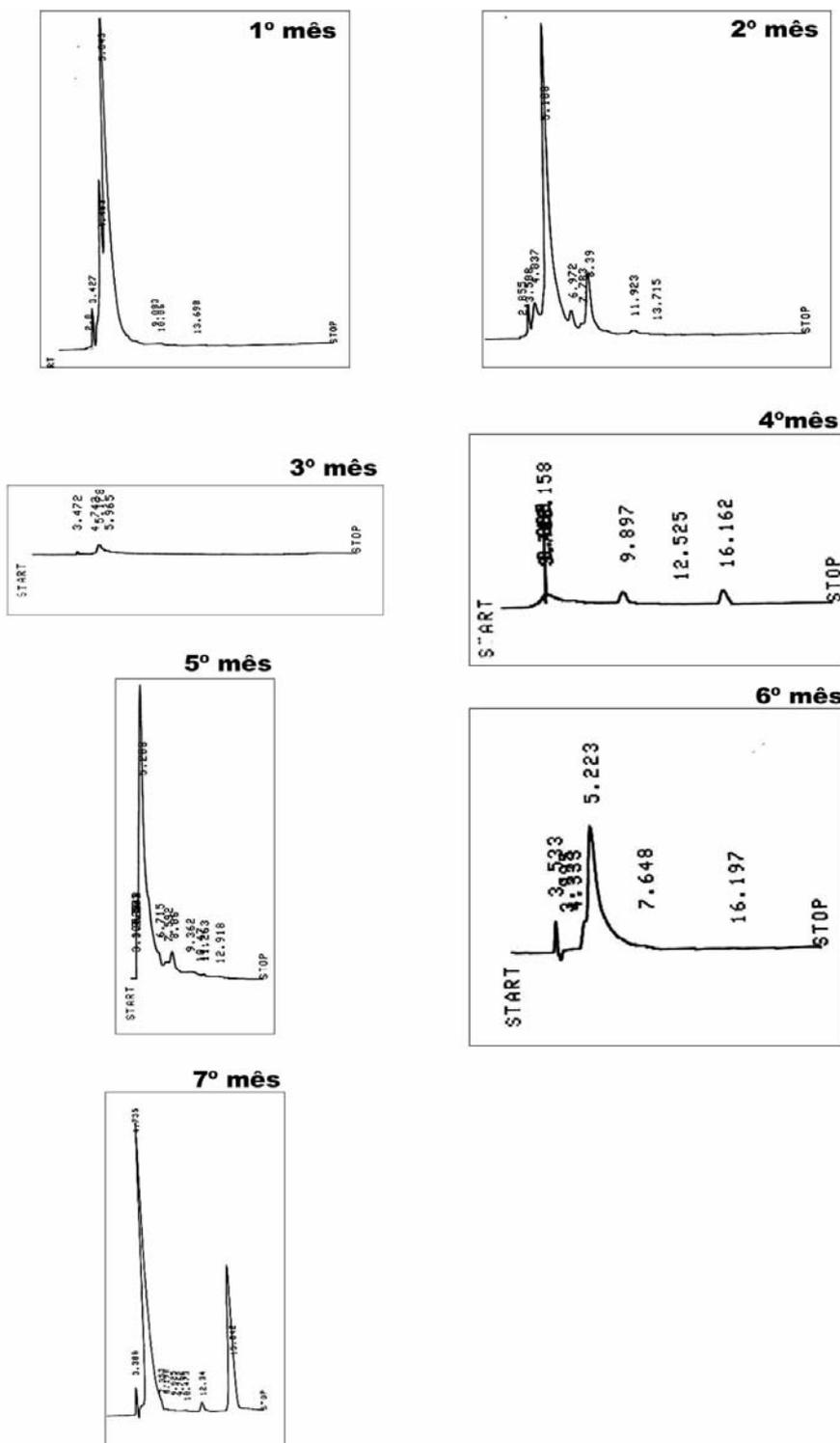


Figura 12 - Cromatografia de alta eficiência (CLAE) dos estratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 6 em Vertente do Lério.

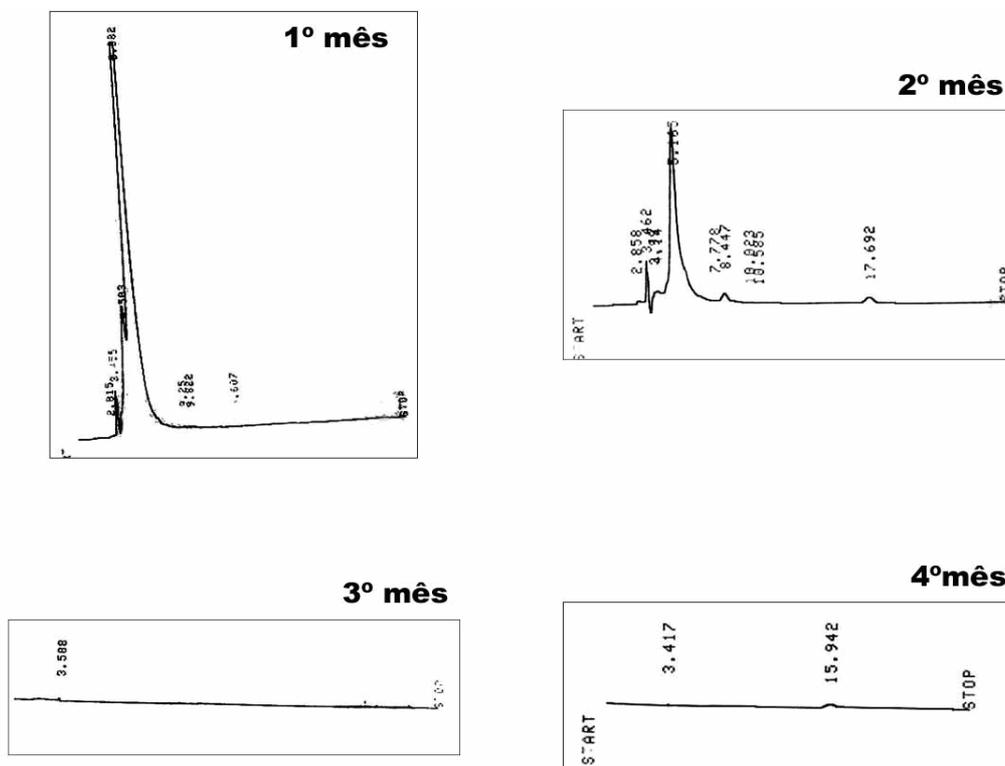


Figura 13 - Cromatografia de alta eficiência (CLAE) dos estratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 7 em Vertente do Lério.

Comportamento semelhante foi apresentado por *C. verticillaris* quando submetida a exposição em área urbana e industrial no município de Jaboatão dos Guararapes (PE). A incidência de poluentes na célula do líquen impediu a síntese satisfatória do FUM, havendo acúmulo de produtos, intermediários do seu metabolismo, como o ácido hipoprotocetrárico e seu aldeído, ou mesmo a atranorina, que é produzida em etapa anterior ao FUM (Silva, 2002). Quando submetida à ação do chumbo, na forma de acetato, ou na de dióxido, em experimentos sob condições controladas, a espécie respondeu de forma semelhante, atribuindo-se a este metal pesado um bloqueio em alguma etapa biossintética do FUM (Silva, 2002). Por isso é provável que o material particulado proveniente da extração e beneficiamento do calcário tenha o mesmo mecanismo de ação observado nos outros monitoramentos realizados com a espécie.

De acordo com os experimentos observou-se que os pontos mais afetados foram o ponto 1 localizado a 1 km das indústrias e próximo a minas e fornos de calcinação. O ponto 4, localiza-se atrás de uma indústria onde a direção do vento transporta os poluentes para o referido ponto. O ponto 6, residência no centro da cidade para onde os ventos carregam o poluente. O ponto 7 localizado fora da cidade, sendo considerado um ponto controle, entretanto observou-se uma agressão intensa.

A poluição atmosférica é um dos problemas ambientais mais debatido atualmente, sendo de fundamental importância o seu monitoramento, principalmente devido as agressões proporcionadas à saúde humana.

Szczepaniak & Biziuk (2003) demonstram a importância do biomonitoramento para avaliar a correlação dos dados estatísticos médicos com o teor de poluentes na atmosfera e a reação

humana a eles. Por isso, atualmente dá-se ênfase não apenas para o ambiente, mas para a saúde humana. Sendo assim, os biomonitores estão sendo usados para estimar o efeito do impacto da indústria em humanos.

Em levantamento realizado junto à Secretaria Municipal de Saúde, referente a saúde respiratória da população de Vertente do Lério – PE, não foram evidenciadas alterações significativas na incidência de doenças do aparelho respiratório, contrariando os resultados obtidos pelo biomonitoramento, que demonstrou que o município é uma área agredida por poluentes. Por isso, sugere-se haver uma deficiência nas notificações de saúde da população, ou o tratamento de pacientes com ocorrências mais graves em centros mais especializados, como a Capital do Estado.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos moradores de Vertente do Lério e a indústria Renova Terra pela disponibilização de seus espaços para exposição dos experimentos;

Ao Centro de Filosofia e Ciências Humanas (CFCH), especialmente ao Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Gestão e Políticas Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco;

Ao Departamento de Geografia da Universidade Federal de Pernambuco;

Ao Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Pernambuco pela utilização das instalações do Laboratório de Produtos Naturais, para realização dos experimentos.

CONCLUSÕES

Por fim, foi possível constatar que a espécie estudada demonstrou ser um excelente biomonitor indicando, de maneira adequada, as alterações vivenciadas no ambiente, proveniente da exposição de material poluidor de origem antropogênica.

No município de Vertente do Lério ficou evidenciada a ação poluente dos materiais particulados provenientes da mineração e industrialização do calcário, através da agressão e alterações fisiológicas de produção dos fenóis liquênicos de acordo com os vários níveis de concentração encontrados nos líquens dos pontos de emissão de particulados.

De acordo com os experimentos realizados, observou-se que os pontos onde houve maiores alterações fisiológicas liquênicas foram aqueles próximos aos pontos de emissão ou a favor da direção predominante dos ventos.

A análise das amostras transplantadas de *C. verticillaris* para a área de estudo, demonstrou a correlação dos achados com a literatura vigente, demonstrando assim sua eficiência no monitoramento da qualidade do ar.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. T. DE. **A poluição atmosférica por material particulado a mineração a céu aberto** pp. 194 p. Dissertação Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Minas, 1999. 194p.

CÁCERES, M. E.S.; MOTA-FILHO, F. O .; SILVA, N.H.; CHEN, R.; LOSADA, P.; PEREIRA, E. C.. **(Estudo da ação dos poluentes atmosféricos sobre líquens na cidade do Recife.** XLVII Congresso Nacional de Botânica. Nova Friburgo – RJ. Resumo, 1996, 370p.

CUNHA, M. H, A. et. al. (in Press). **Incidência de doenças respiratórias devido a poluição por material particulado em Vertente do Lério – PE.** Parte da dissertação de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais – UFPE, da primeira autora.

LEGÁZ, M. E.; VICENTE, C. **Endogenous inactivators of arginase, arginine decarboxylase and agmatine amidinohydrolase in *Evernia prunastri* thallus.** Plant Physiol, 1983, 71: 300 –

302p.

NIEBOER, E.; AHMED, H. M.; PUCKETT, K. J.; RICHARDSON, D. H. S. **The heavy metal content of lichens in relation to distance from a nickel smelter in Sudbury, Ontario.** Lichenologist, 1972, 5: 292 –304p.

PEREIRA, E. C.; ANDRADE, L. H. C.; MOTA-FILHO, F. O.; SILVA, N. H.; LEGAZ, M. E.; VICENTE, C. **Avaliação da qualidade do ar na cidade do Recife, utilizando líquens como biomonitorios.** In: Anais do IV Encontro Regional de Estudos Geográficos, Garanhuns – PE., 1994, 55p.

PILEGAARD, K. **Airborne metals and SO₂ monitored by epiphytic lichens in an industrial area.** Environ. Pollut. 17: 81 – 91p.

SEAWARD, M. R. D. **Lichen Ecology.** Academic Press, Inc. London. 1977, 550 p.

SEAWARD, M. R. D. **Lichens and sulphur dioxide air pollution: field studies.** Environ. Rew, 1993, 1: 73 – 91p.

SILVA, R. A. ***Cladonia verticillaris* (líquen) como biomonitor padrão da qualidade do ar no Distrito de Jaboatão – PE.** Recife, 2002 147 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco – Gestão e Políticas Ambientais (Área de Concentração: Gestão Ambiental; Inovação e Tecnologia Ambiental), 2002.

SZCZEPANIAK, K.; BIZIUK, M. **Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution.** Environmental Research, 2003. 93: 221 – 230p.

VICENTE, C.; LEGAZ, M. E.; PEREIRA, E. C.; ANDRADE, L. H.; SILVA, N. H.; MOTA-FILHO, F. O. **Análises de clorofilas e feofitinas em líquens e plantas como parâmetros de indicação de poluição atmosférica.** In: Anais do II Congresso de Ecologia do Brasil. Londrina, PR. 1994, Vol. 2 pág. 595.