

MONITORAMENTO DA AÇÃO DO FORMALDEÍDO SOBRE *Cladia aggregata* (LÍQUEN), EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO

Milena Batista Cruz
Bacharel em Geografia pela UFPE
mile7.cruz@gmail.com

Eugênia Cristina Gonçalves Pereira
Profa. Doutora do Departamento de Ciências Geográficas
eugenia.pereira@pq.cnpq.br

Nicácio Henrique da Silva
Profº Doutor do Departamento de Bioquímica - UFPE
nhsilva@uol.com.br;

Fernando Oliveira Mota-Filho
Prof. Doutor do Departamento de Ciências Geográficas - UFPE
fmf@elogica.com.br;

Mônica Cristina Barroso Martins
Doutoranda em Bioquímica e Fisiologia - UFPE
mjgl3@hotmail.com

RESUMO

Os líquens possuem sensibilidade à poluição, mediante a capacidade de captar particulados, poeiras, metais e outros compostos contidos na umidade atmosférica. O formaldeído atua como conservante histológico, esterilizante e, em conjunto com a resina uréia-formaldeído, causam problemas ambientais e de saúde, sobretudo por estarem na composição de móveis e produtos de limpeza utilizados em ambientes fechados. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de vapores do formaldeído sobre talos de *Cladia aggregata*, em condições de laboratório, simulando contaminação *indoor*. A espécie foi coletada em Bonito (PE, Brasil), área considerada livre de fontes poluidoras. Amostras do talo líquênico foram monitoradas por 15 dias através de cromatografias em camada delgada (CCD) e líquida de alta eficiência (CLAE), revelando alterações na produção do ácido barbático (BAR), seu composto principal e, substâncias intermediárias de sua biossíntese. *C. aggregata* respondeu fisiológica e quimicamente à ação do formaldeído, composto agressivo às suas células, demonstrando ser esta espécie apta a estudos de biomonitoramento da qualidade do ar em sistemas fechados.

Palavras-chave: biomonitoramento; *C. aggregata*; formaldeído; ácido barbático; poluição *indoor*.

MONITORING OF FORMALDEHYDE ACTION ON *Cladia aggregata* (SW.) NYL. (LICHEN) IN LABORATORY CONDITIONS

ABSTRACT

Lichens are sensitive to pollution, through capacity of capturing atmospheric particulates, dusts, metals and other compounds contained in the atmospheric humidity. The formaldehyde acts as histological conserving, sterilizing, and together formaldehyde-urea resin cause environmental and healthy problems, mainly for make part of furniture and cleaning products composition, used in closed environments. The objective of this work was to evaluate the effect of formaldehyde vapors on *Cladia aggregata* thalli in laboratory conditions, simulating an *indoor* contamination. The species was collected in Bonito (PE, Brazil), considered as area free of contamination source. Samples of lichen thallus were monitored during 15 days through thin layer (TLC) and liquid (HPLC) chromatography, revealing alteration on barbatic acid (BAR) production, its main compound, and intermediary substances of its biosynthesis. *C. aggregata* showed physiological and chemical response to formaldehyde action, an aggressive compound to their cells, demonstrating to be this species able to biomonitoring studies of *indoor* air quality.

Keywords: biomonitoring; *C. aggregata*; formaldehyde; barbatic acid; *indoor* pollution.

INTRODUÇÃO

O acréscimo de elementos extrínsecos na atmosfera urbana tem revelado a carência do manejo adequado no uso de compostos nocivos à saúde, além de repercutir em problemas sócio-ambientais e ocupacionais (OGA, 2003). Desastres em larga escala por radioativos, metais e vapores ainda são latentes, pois alertam a importância de controle de emissores, em ambientes naturais e antropogênicos.

Todavia, recintos de trabalho climatizados e hospitais estão sujeitos a alteração do ar local por compostos diversos. É plausível que os vapores exalados e residentes nestes locais sejam os compostos orgânicos voláteis (COV), como os hidrocarbonetos, éter, acetaldeído, acroleína, amianto, formaldeído e outros presentes em ambientes internos, ou "indoor" (CORRÊA *et al.*, 2008). Uma variedade de emissores dispersos é utilizada em bares, gráficas, hospitais, residências, em transportes públicos, escolas, salões de beleza e centros comerciais. Realizam fotooxidação, resultando em acréscimo químico na atmosfera (GILBERT *et al.*, 2005).

Dentre os COV nocivos, o formaldeído tem ampla gama de utilidades. Atua como material esterilizante, participante da confecção da seda artificial, tintas, plásticos, corantes (LIMA, 2007), fixador de tecidos na conservação necroscópica, em hospitais, laboratórios e afins (PINTO *et al.*, 1993). Seu uso é bastante útil no mobiliário residencial e comercial. O emprego em painéis e compensados de MDF, com base em resina uréia-formaldeído, melhora a resistência dos materiais sujeitos a menor ruptura do produto (IWAKIRI *et al.*, 2000). Painéis de OSB (chapas e partículas orientadas) utilizam madeiras de qualidade inferior (*Eucalyptus spp.*) na produção de laminados e, contribuem com a conservação de florestas (MENDES *et al.*, 2007).

Poucos estudos versam sobre a qualidade do ar associando carbonilas em locais climatizados (CORRÊA *et al.*, 2008). O formaldeído é um COV presente na fumaça de cigarros, particulados e utensílios de limpeza, e recintos diversos apontando alto grau de toxicidade e evidências de doenças respiratórias (PINHEIRO *et al.*, 2004). No país não existe uma lei específica que proíba seu uso em ambientes fechados, mas há aquelas em que apontam uma melhor escolha dos materiais empregados (ANVISA, 2001). Em virtude disso, o monitoramento se constitui em uma tarefa imprescindível (KLUMPP *et al.*, 2001).

Muitos organismos além dos humanos podem indicar impactos fisiológicos por contato com emissores. Destacam-se como indicadores ambientais os líquens, musgos, algas e plantas superiores (PEREIRA *et al.*, 2003). Os líquens são formações mutualísticas de algas e fungos em estrutura indissociável (AHMADIJAN, 1967), pioneiros na sucessão ecológica (PEREIRA, 2000), dependentes diretos da atmosfera como filtros de captação de elementos em suspensão (HAWKSWORTH, 1992). Oferecem respostas fisiológicas quando submetidos à ação de poluentes, o que lhes confere excelência na bioindicação da qualidade do ar em tempo instantâneo e continuado (WITIG, 1993). Têm capacidade em sorver elementos vitais e nocivos (metais pesados, particulados, íons) e lhes causar morte ou alterações funcionais (PILEGAARD, 1978). Neste intuito, a sobrevivência dos líquens depende basicamente da alimentação higroscópica e, os padrões de umidade se fazem imprescindíveis.

Técnicas empregadas na detecção dos níveis de contaminação em líquens como o monitoramento ambiental, apresentam respostas precisas aos impactos além do fácil transplante (PEREIRA, 1998). No monitoramento mecânico, as técnicas são dispendiosas, no entanto, relevantes (SILVA, 2002). Líquens nordestinos vêm sendo testados no monitoramento da qualidade do ar, sendo *Cladonia verticillaris*, da família Cladoniaceae considerada biomonitor padrão da qualidade do ar (SILVA, 2002).

Esta espécie, em condições ambientais, respondeu ao ataque de poluentes mediante impedimento da síntese de sua substância principal, o ácido fumarprotocetrárico e acúmulo de metabólitos intermediários de sua biossíntese (MOTA – FILHO *et al.*, 2007; CUNHA *et al.*, 2007). Em laboratório, *C. verticillaris* também demonstra as mesmas respostas das obtidas no monitoramento ambiental, quando submetida ao chumbo, tanto na forma de acetato (SILVA, 2002) como na de óxido (MOTA-FILHO, 2006).

Também pertencente à família Cladoniaceae, *Cladia aggregata* foi estudada por (BATTS *et al.*, 2004), que avaliaram o comportamento de amostras procedentes da Austrália em estado fértil e

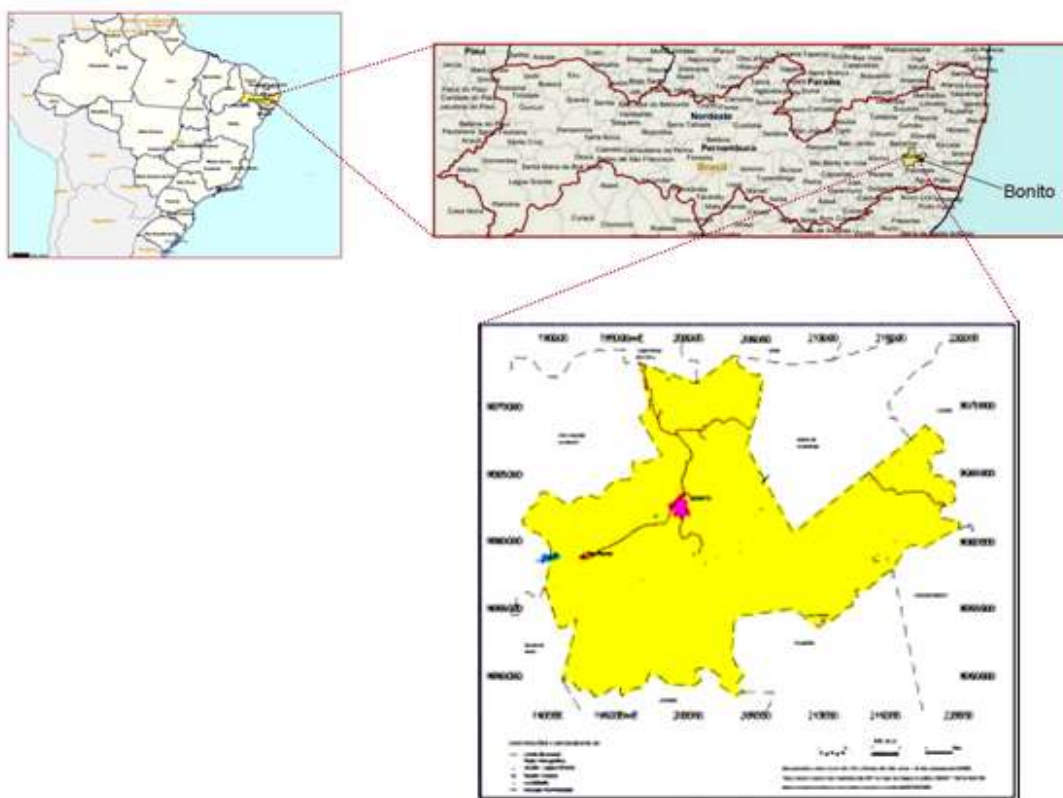
estéril, quando submetidas a isótopos estáveis de $\delta^{13}\text{C}$. Os autores separaram áreas, segundo os níveis de degradação das clorofilas, constatando uma relação entre radioisótopos e fatores genéticos. Desta forma, pontua-se a probabilidade de que líquens da mesma família possam responder de maneira contundente às intervenções de elementos nocivos no ambiente.

Em virtude das respostas satisfatórias de *C. verticillaris* a agentes poluidores, neste trabalho objetivou-se testar *C. aggregata*, pertencente à mesma família, frente ao formaldeído, sob condições de laboratório, como modelo de poluição em sistemas fechados (*indoor*).

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O município de Bonito encontra-se posicionado na microrregião do agreste meridional de Pernambuco, a 137 km do Recife (Figura 1). Na localidade existem florestas ombrófilas consideradas como resquícios de florestas nativas e manchas de vegetação hiperxerófila (RODAL *et al.*, 2005). Sob tais condicionantes geoambientais é possível estabelecer conexão entre as formações bióticas no município, aos quais se alternam arbustos e fragmentos de mata, onde se desenvolveu o líquen estudado.



Fonte: SUDENE/SRH/ITEP escala:1/100.000 - IBGE.

Figura 1: Representação do município de Bonito - PE com indicativo de seu posicionamento no Estado de Pernambuco, Brasil

Coleta, armazenamento e processamento do material liquênico

Cladia aggregata (Figura 2) foi coletada e armazenada em caixas de papel até os ensaios laboratoriais. Parte do material foi depositada no Herbário UFP, do departamento de Botânica sob registro nº 36431.

O líquen foi previamente limpo e, retirados os materiais agregados como folhas, sedimentos, talos, caules. Em seguida, frações do talo *in natura* (controle natureza) foram submetidas a

extrações sucessivas por esgotamento com éter, clorofórmio e acetona, intercaladas com repouso *overnight* a 4°C do material infuso em cada solvente utilizado.

Parte do extrato etéreo, obtido em soxhlet por 2h a 40°C, foi utilizada para isolamento e purificação do ácido barbático (BAR), principal composto de *C. aggregata*. O material foi concentrado, e os cristais obtidos, lavados e filtrados quatro vezes com clorofórmio, em funil de fundo poroso G4, segundo Asahina & Shibata (1954), com modificações de Pereira (1998).



Fonte: PEREIRA (1998)

Figura 2: *Cladia aggregata* encontrada em ambiente natural, (a) amostra em estado fértil; (b) estéril; (c) sobre o substrato - solo.

Montagem dos experimentos

Amostras de 8g de talo liquênico por experimento foram submetidas aos testes laboratoriais. Ao total, 40g do talo liquênico foram acondicionadas em cinco cúpulas transparentes, sob o fotoperíodo de 12 horas claro/escuro por 15 dias.

A cada cúpula, respectivamente, borrifaram-se 1,3 mL de formaldeído a 100%, 1%, 0,1% ou 0,01% (Figura 3), ou água deionizada usada como controle de laboratório.

Processamento das amostras

Foram realizadas coletas de 1g do material do primeiro ao quinto dia de experimento, depois no 10º e 15º dias, perfazendo sete coletas de *C. aggregata* submetidas ou não aos vapores do composto avaliado.

Extratos do material submetido ao formaldeído foram obtidos por procedimento idêntico ao do controle natureza, a partir de 1g de talo (Figura 4).

Ensaio em cromatografia em camada delgada (CCD)

As cromatografias foram realizadas com extratos de *C. aggregata* processada na hora da coleta (controle natureza) e das amostras submetidas ao formaldeído ou nas submetidas apenas à água deionizada (controle laboratório).

Para avaliação qualitativa dos extratos orgânicos e do ácido barbático purificado (BAR), as amostras diluídas nos solventes de extração foram aplicadas em cromatoplaças Merck (20x20cm) com indicador de fluorescência (F₂₅₄₊₃₆₆), desenvolvidas em sistema A de solventes (tolueno/ dioxano/ ácido acético 180: 45: 5 v/v). Posteriormente foram visualizadas sob luz Ultravioleta curta e longa (254 e 366 nm), pulverizadas com H₂SO₄ a 10% e, aquecidas em estufa por 30 min a 60° C para a reação de coloração das bandas, juntamente com os padrões do ácido barbático (BAR) e úsnico (USN) (CULBERSON, 1972).



Figura 3: Talos de *C. aggregata in natura* após limpeza e pesagem (1); Talos líquênicos submetidos aos contaminantes nas concentrações de 100%, 1%, 0,1% e 0,01% e Controle (2); extração 1g do talo líquênico a solventes éter, clorofórmio e acetona (3).



Figura 4: 1- Extrações em éter, clorofórmio e acetona; 2- extrato clorofórmico e reação de coloração violeta - azulada do solvente com o líquen; 3: extratos evaporados em temperatura ambiente utilizados nos ensaios cromatográficos; 4: resíduos do talo após as extrações.

Ensaio em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE ou HPLC)

Extratos (1mg/mL) de *C. aggregata* submetida ao formaldeído por 1 dia e 15 dias, e do BAR (0,1 mg/mL) foram utilizados na CLAE, e injetados no cromatógrafo líquido Hitachi acoplado ao detector Ultravioleta 254 nm. Utilizou-se como fase móvel metanol/água/ácido acético (80:19,5: 0,5 v/v), coluna de fase reversa C18 com um fluxo de 1,0 mL/min⁻¹, pressão 84 atm e temperatura ambiente (28° ± 3° C). O aparelho realiza leituras periódicas de acordo com o tempo de retenção na coluna (TR) das substâncias contidas no extrato orgânico, expresso em minutos (LEGAZ & VICENTE, 1983). Os resultados obtidos são referidos nas amostras do experimento sob condições naturais (controle natureza) e aos submetidos ao formaldeído em 24h e 15 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise qualitativa dos extratos fenólicos do material coletado no 1º e 15º dias revelaram por cromatografia em camada delgada (CCD), a produção do principal metabólito, o ácido barbático (BAR) e o ácido úsnico (USN), que é produzido em menor teor, em todas as amostras. As bandas de coloração alaranjada foram identificadas como sendo o BAR e as bandas esverdeadas o (USN), também comprovadas por cálculos de Rf = 29 (BAR) e Rf = 77 (USN), de acordo com Huneck & Yoshimura (1996).

Em relação ao tempo de exposição ao poluente no primeiro dia foram detectadas além do BAR e USN, outras substâncias em menor teor como o ácido D-metil-barbático (D-Bar) com Rf = 15, o ácido nortístico (NOR) Rf = 46 além de um composto não identificado, detectado nas amostras submetidas ao formaldeído na concentração de 0,01% (figura 05).

Aos 15 dias, sob os mesmos condicionantes, observou-se a presença de três fenóis identificados (D-Bar, BAR e o USN), sendo a situação semelhante ocorrida nas amostras borrifadas com água deionizada (Controle).

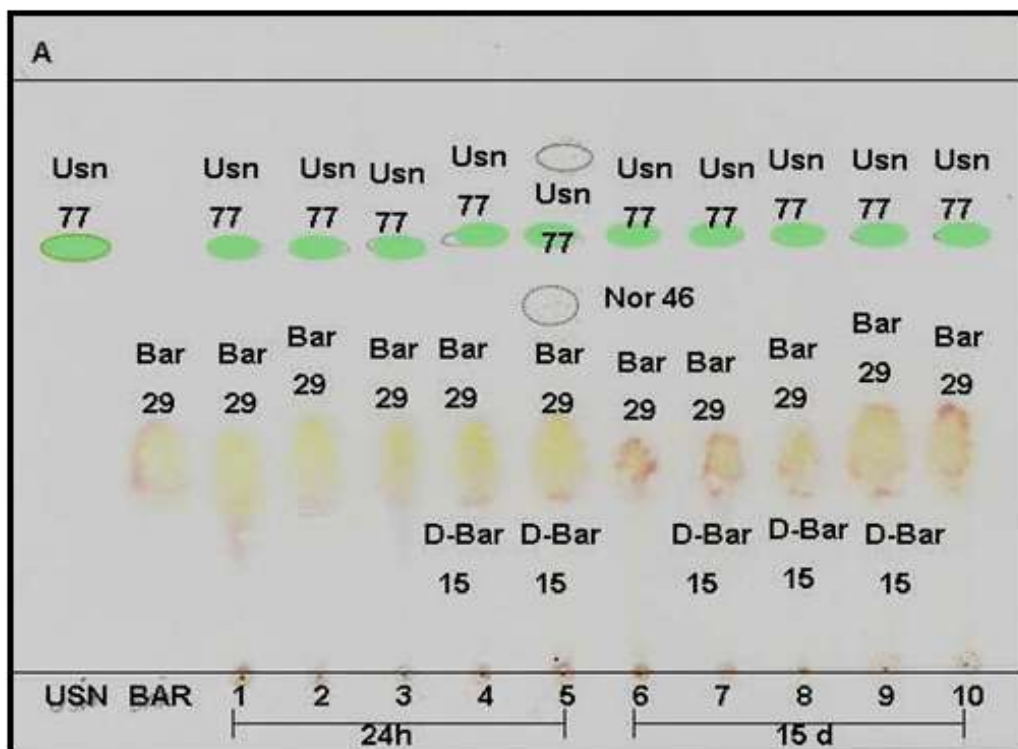


Figura 5: Cromatograma revelando a presença dos metabólitos de *C. aggregata*, depois de submetidos aos vapores de formaldeído em 24h e 15 dias de experimento, de acordo com valores de Rf. USN padrão, BAR padrão, Controle 24h (1); Formaldeído a 100% (2); 1% (3); 0,1% (4); 0,01% (5); Controle 15 d; Formaldeído a 100% (7); 1% (8); 0,1% (9); 0,01 (10).

Sob análise quantitativa (CLAE) observou-se que os materiais imediatamente retirados do ambiente natural (controle ambiente) produziram o BAR com tempo de retenção (TR) médio de 19 minutos, em material extraído por esgotamento em diferentes solventes (Figura 06). Nos diferentes cromatogramas, observa-se que os solventes são capazes de extrair o BAR (Figura 06 a, b, c), conforme cromatograma do BAR isolado de *C. aggregata* (Figura 06 – BAR). No entanto, o éter extraiu mais eficientemente o BAR, cuja área do pico é maior quando comparada à dos outros extratos. Isto foi também verificado por Martins (2005), que trabalhou com a espécie de mesma procedência.

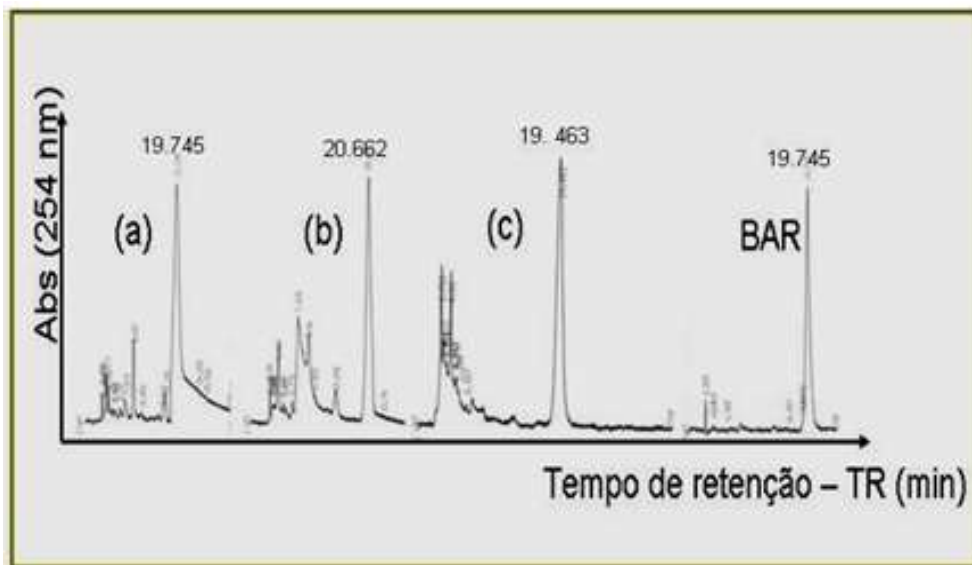


Figura 6 - Cromatogramas em fase líquida (CLAE) de extratos orgânicos (1 mg/mL) de *Cladia aggregata* (Sw.) Nyl. e do ácido barbático purificado da espécie (0,1 mg/mL). Legenda: (a) extrato etéreo; (b) extrato clorofórmico; (c) extrato acetônico; BAR - ácido barbático purificado.

Em análise das amostras incubadas por 24h sob influência do formaldeído, ou de água deionizada (controle laboratório), verificou-se que neste período de experimento, as amostras entram em total desorganização metabólica, o que pode se atribuir a uma mudança de microambiente, já que foram confinadas a uma cúpula. Na figura 07 isto pode ser observado nos picos dos cromatogramas atribuídos ao BAR, que se diferenciam sobremaneira do pico registrado para a substância isolada (TR=19,7 min). Nesses cromatogramas foram registrados os compostos que ocorrem em menor teor, como os ácidos D-barbático, nortístico e úsnico, bem como uma grande quantidade de metabólitos intermediários, ou produtos de degradação. De forma geral, pode-se sugerir que em 24h, o líquen tenha sofrido "stress" pelo confinamento na cúpula e apresentado comportamento atípico. Para esta situação podem-se tecer algumas considerações:

- a) além das 24h de adaptação a uma atmosfera com maior umidade e menor oxigenação, as substâncias podem ter reagido e/ou complexado com o formaldeído;
- b) isto pode ter propiciado uma mudança na polaridade da amostra, promovendo um maior tempo de retenção na coluna. Isto se repetiu para todas as concentrações do formaldeído, às 24h de experimento, mas não em 15 dias.

Não obstante, talos analisados do campo reagiram opostamente daqueles em laboratório. Logo que coletados foram mantidos livres da ação de contaminantes atmosféricos e produziram BAR. Mas, quando em laboratório sofreram influência nociva nas células ao se induzir estresse-ambiental do líquen, que confinado passou a sintetizar seus compostos desordenadamente, como estratégia de sobrevivência. Situação parecida ocorreu com *Hypogymnia physodes* que sobreviveu à bioacumulação de chumbo em algumas áreas industriais (RUSU *et al.*, 2005). Apesar da violência dos poluentes é notável a adaptação

ecológica e combinação de compostos nocivos com os fenóis liquênicos. Estes, quando associados a déficits hídricos e o uso de herbicidas culminaram menor produção do ácido úsnico em *Parmelia caperata* e *P. soredians* (CAVIGLIA *et al.*, 2001).

Aos 15 dias o líquen parece recuperar sua rota biossintética, produzindo o BAR, mesmo quando submetido ao formaldeído (Figura 08). No entanto, as áreas dos picos são menores, o que reflete uma perda de produtividade dos compostos mantenedores de sua vitalidade, pois as substâncias agressoras podem, em primeiro momento, agredir mais as células do líquen e depois gerar saturação dos compostos (LOOPI *et al.*, 2003). Em etapa subsequente, podem degradar os pigmentos fotossintéticos, levando à baixa capacidade de realizar a fotossíntese e, dessa forma, pouca produção dos metabólitos primários (açúcares), essenciais ao metabolismo secundário, onde são metabolizadas as substâncias liquênicas. Estas, de grande capacidade fotoprotetora para o talo, também atuando como pigmentos acessórios da fotossíntese (NASH, 1996; PEREIRA, 1998; MOTA-FILHO *et al.*, 2007). Outra possibilidade é a dos fenóis liquênicos terem reagido com o aldeído, já que este é habilitado para reações fotoquímicas do COV com a atmosfera local (OGA, 2003). Amostras do talo liquênico CTRL nos últimos dias observaram o surgimento hifas fúngicas, em decorrência da umidade por borrifação com água, fato que impossibilitou análise em CLAE da amostra.

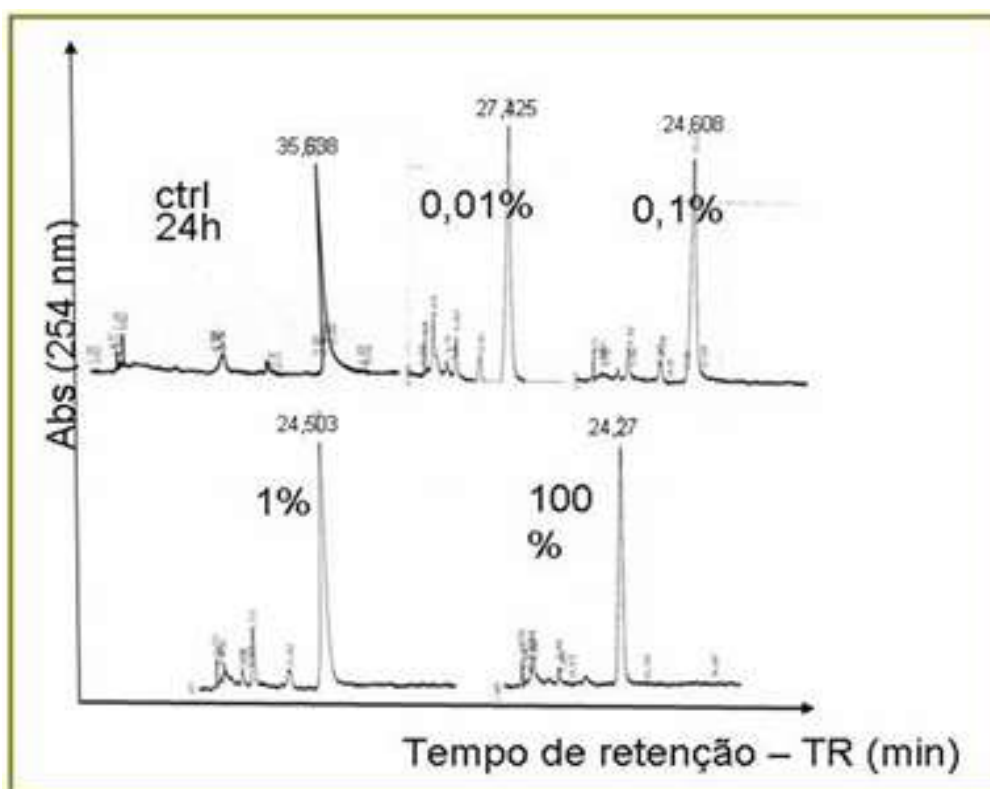


Figura 7: Cromatogramas em fase líquida (CLAE) de extratos orgânicos de 1 mg/mL de *C. aggregata* submetidas ou não (controle laboratório) aos vapores de formaldeído sob incubação em 24h. Legenda: CTRL 24h (com água deionizada); 0,01%; 0,1%; 1%; 100%- formaldeído.

C. aggregata é uma espécie bem resistente aos estímulos agressivos, entretanto, diante da incursão dos emitentes reagem com queda da produtividade de compostos ou degradação das clorofilas (BATTS *et al.*, 2004). Espécimes da Chapada Diamantina produzem intermediários e, predominantemente o quimiotipo ácido barbático, assim como em *Cladonia salzmännii* Nyl. (AHTI *et al.*, 1993), respondem a fatores bioclimáticos que interferem na produção de metabólitos como o solo, umidade do ar e estados de fertilidade que influem de forma distinta na captação dos elementos suspensos no ar, determinantes para a sobrevivência do líquen (AHTI *et al.*, 1993; PEREIRA, 1998; BATTS *et al.*, 2004). Por isso, independente da área

geográfica, reações aos condicionantes ambientais, ou a sua modificação esta e outras espécies de líquen sempre responderão às agressões ambientais tanto na forma química como mudanças metabólicas, ou mesmo na sua estrutura interna e externa (SILVA, 2002; CUNHA, 2007; MOTA-FILHO *et al.*, 2007).

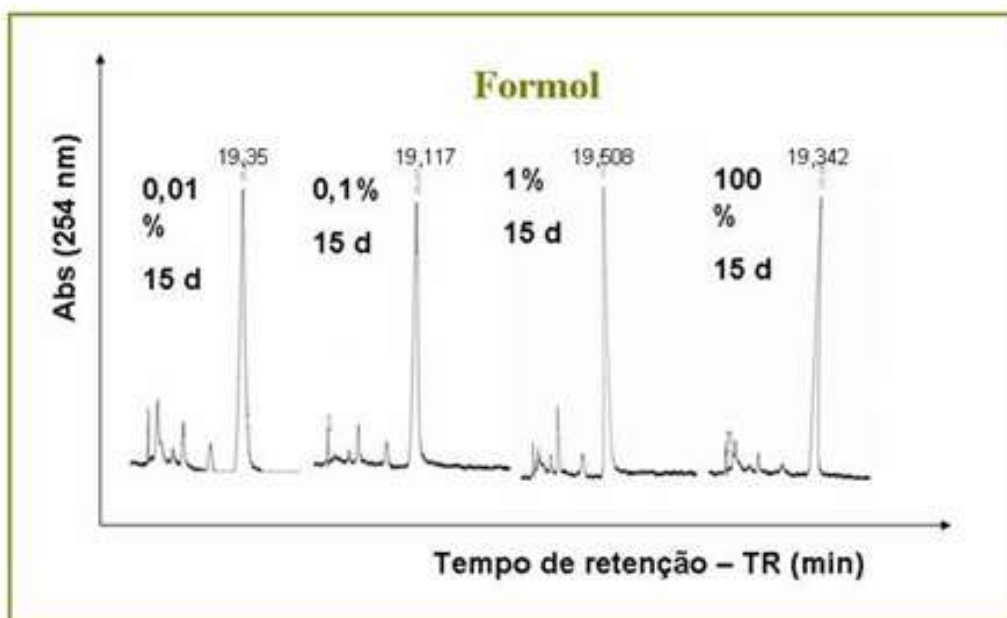


Figura 8: Cromatogramas em fase líquida de extratos orgânicos de 1 mg/mL de *C. aggregata* submetidas aos vapores de formaldeído sob incubação em 15 dias de experimento. Legenda: 0,01%; 0,1%; 1%; 100%.

A exemplo do mencionado, estudos com *C. verticillaris* submetidas ao acetato de chumbo a 1% e 0,1% demonstraram prejuízo na produção do ácido fumarprotocetrárico (FUM), composto principal da espécie e acúmulo de produtos intermediários de sua biossíntese em 10 dias de exposição, que pode estar atrelado a prejuízos fotossintéticos sofridos pela alga (SILVA, 2002). Mota-Filho (2006) realizou o mesmo tipo de experimento com PbO_2 , também chegando a resultados similares, e constatados danos morfológicos e fisiológicos em *C. verticillaris*.

O mesmo pode ter ocorrido com *C. aggregata*, pois o formaldeído age como fixador de células e não é emitente facilmente disperso, permanecendo no ambiente por longos períodos, realizando trocas iônicas e fotoquímicas (OGA, 2003). Em virtude da desordem metabólica causada pelo formaldeído ao líquen, comprova-se a desordem fisiológica em organismos vivos, incluindo os humanos, quando em contato direto ou indireto com o contaminante, uma vez que este, em concentrações elevadas, afeta a saúde e o metabolismo humano, além de tornar ambientes insalubres (CORRÊA *et al.*, 2008).

Estudos sobre a contaminação atmosférica de interiores (*indoor*) foram relatados. NO Canadá 59 residências foram avaliadas, revelando como origem de sua contaminação o formaldeído. Naquele país, as legislações estipulam limite de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do composto no interior das casas. Demonstra-se, ainda, a correlação entre acroleína, acetaldeído e CO_2 à presença de fumantes; enquanto o formaldeído aos materiais da casa, como carpetes e móveis (GILBERT *et al.*, 2005), também aqui considerando os produtos de limpeza.

Em hospitais, o formaldeído é empregado na desinfecção de peças cirúrgicas contra microrganismos (KALIL & COSTA, 1994). No Hospital Universitário da Universidade Federal da Bahia foram aferidos vapores de formol em UTI, salas de emergências e cirúrgicas, onde se constataram valores de 0,1 ppm a 0,3 ppm (PINHEIRO *et al.*, 2004). No entanto, Afonso *et al.* (2004) consideram os vapores de formaldeído com potencial cancerígeno, teratogênico por

exposição direta quando em concentrações acima de 0,5 ppm. Por outro lado, não se descartam os problemas gerados pela substância em concentrações mais baixas, como as dermatites de contato geradas pelo manuseio do formaldeído em centros médicos e à associação toluenossulfonamida-formaldeído e imidazolidinil-uréia (LAZZARINI, 2006).

Por isso, em ambientes fechados e face ao poder de resiliência do formaldeído, sua ação pode ser potencializada. Sua versatilidade de uso não invalida sua insalubridade. Segundo Afonso *et al.* (2004), o composto é volátil, quando associado ao dioxano, hidrocarbonetos, plásticos, inseticidas e microorganismos. Com isso, se constituem em fatores de riscos em lugares herméticos e/ou de grande circulação de pessoas, pois permanecem na atmosfera e se acumulam no organismo a desencadear patologias diversas.

CONCLUSÕES

Confirma-se a toxicidade do formaldeído, composto agressivo às células de *C. aggregata*, com ênfase ao fotobionte, de forma a alterar significativamente seu comportamento fisiológico, produzindo queda de produtividade de seu composto principal, o BAR em 15 dias de observação, mesmo em baixas concentrações.

Foi comprovada a eficiência de *C. aggregata* para monitoramento biológico, contribuindo para o conhecimento do potencial impacto que os contaminantes podem oferecer em sistemas fechados (*indoor*).

AGRADECIMENTOS

Aos órgãos financiadores de fomento à pesquisa, CNPq e Capes. Ao CNPq pela bolsa do PIBIC (MB Cruz) e de produtividade em pesquisa (EC Pereira).

REFERÊNCIAS

AFONSO, M. S. M.; TIPPLE, A. F. V.; SOUZA, A. C. S.; PRADO, M. A.; ANDERS, P. S. A qualidade do ar em ambientes hospitalares climatizados e sua influência na ocorrência de infecções. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, V. 06, n. 02, 2004.

AHMADIJAN, V. **The lichen symbiosis**. London: Blaisdell Publishing Company, 1967, 152p.

AHTI, T., STENROOS, S., XAVIER-FILHO, L. The lichen family Cladoniaceae in Paraíba, Pernambuco and Sergipe, Northeast Brazil. **Tropical Bryol**, 55-50, 1993.

ANVISA. Decreto 3.029/ 5 de setembro de 2001. Disponível em: www.anvisa.gov.br D.O.U de 23/ 11/2007. Acesso em: 7 ago. 2008.

ASAHINA, Y., SHIBATA, S. Chemistry of lichen substances. **Tokio, Japanese Society for the Promotion of Science**, 1954, 240p.

BATTS, J. E.; CALDER, L.J.; BATTS, B.D. Utilizing stable isotope abundances of lichens to monitor environmental change. **Chemical Geology**, v.204: 345-368, 2004.

CAVIGLIA, A.M.; NICORA, P.; GIORDANI, P.; BRUNIALTI, G.; MODESENI, P. Oxidative stress and usnic acid content in *Parmelia caperata* and *Parmelia soredians* (Lichenes). **IL FARMACO**. V.56, p.379-382, 2001.

CORRÊA, S.M.; SODRÉ, E.D.; ARBILLA, G.; MARQUES, M. Principais carbonilas no ar de locais públicos no Rio de Janeiro. **Química Nova**, v. 31, n.2, 249-253, 2008.

CULBERSON, C.F. Improved conditions and new data for the identification of lichen products by a standardized thin layer chromatographic method. **J. Chromatogr.** V.72, p.113-125, 1972.

CUNHA, M.H.A. *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr., para diagnóstico da salubridade do ar decorrente da extração e beneficiamento de calcário em Vertente do Lério, Pernambuco (Brasil). **Revista Caminhos da Geografia**, v.8, n. 22, p.49-65, 2007.

GILBERT, N.L.; GUAY, M.; MILLER, J.D.; JUDECK, S.; CHAN, C.C.; DALES, R.E. Levels and determinants of formaldehyde, acetaldehyde, and acrolein in residential indoor air in Prince Edward Island, Canada. **Environmental researches**, Vol. 99:11-17, 2005.

- HAWKSWORTH, D.L. Litmus testes for ecosystem health: the potencial of bioindicator in the monitoring of biodiversity. IN: SWAMINATHAN, M. S. & JANA,S.(eds.). Biodiversity, implications for glonal food security. **Madras: Macmillan India** 17: 184-204, 1992.
- HUNECK, S., YOSHIMURA, I **Identification of lichen substances**. Springer –Berlim 1996, 492p.
- IWAKIRI, S., CUNHA, A.B.; ALBUQUERQUE, C.E.C.; GORNIK, E.; MENDES, L.M. Utilização de extensores alternativos na produção de compensados multilaminados. **Ciência Florestal**, V.10, n.1, 2000.
- KALIL, E.M.; COSTA, A.J.F. Desinfecção e esterilização. **Acta Ortop Bras** 2:(4) – p. 1-4, 1994.
- KLUMPP, A., ANSEL, W.; KLUMPP, G., FOMIN, A. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede européia para a avaliação da qualidade do ar utilizando plantas bioindicadoras (Eurobionet). **Revista Brasil, Bot, SP** – V.24, n.4, p. 511-518, 2001.
- LAZZARINI, R. Formaldeído e agentes relacionados como causadores das dermatites de contato. **An Brás Dermatologia**, 81 (1): 97-103, 2006.
- LEGAZ, M.E., VICENTE, C. Endogenous inactivators of arginase, L-arginine decarboxylase and agmatine amidohydrolase in *Evernia prunastri* thallus. **Plant Physiol** 71: 300 – 302, 1983.
- LIMA, M. G. Principais tipos de polímeros. **INFRA - Divisão de engenharia de infra-estrutura aeronáutica**. EDI: Materiais e processos construtivos 33/2007. Disponível em:http://habitare.infra.ita.br/maty/download/2007_EDI_33/2007_tema_06/2007_principais_polimeros.pdf Acesso em: 7 de out. 2008.
- LOPPI, S., RICCOBONOA, F., ZHANGB, H., SAVICC, D., IVANOVD. Lichens as biomonitors of uranium in the Balkan area. **Environmental Pollution**. V. 125, p.277-280, 2003.
- MARTINS, M.C.B. **Atividade antimicrobiana e citotóxica de extratos brutos e ácido barbático de *Cladia aggregata* (Sw.) Nyl.** Dissertação de Mestrado em bioquímica, UFPE, 2005, 75p.
- MENDES, S.A; MENDES. L.M.; CHAVES, M.D.; MORI, F.A.; SILVA, J.R.M.; TRUGILHO, P.F. Utilização de resinas alternativas na produção de painéis OSB de clones de *Eucalyptus spp.* **Cerne Larvas**, v.13, n.3, p. 257-263, 2007.
- MOTA-FILHO, F.O. **Avaliação de contaminantes industriais em elementos bióticos e abióticos no município de Belo Jardim-PE**. Tese de doutorado em Geologia ambiental, UFPE, 2006, 178p.
- MOTA-FILHO, F.O. Influência de poluentes atmosféricos em Belo Jardim (PE) utilizando *Cladonia verticillaris* (Líquen) como biomonitor. **Revista Química Nova**, vol. 15, n.00, p.1 - 5, 2007.
- NASH, T.H. Lichen Biology. **Cambrige, USA**, Cambrige University Press, 1996, 303p.
- OGA, Z. **Fundamentos de toxicologia**. São Paulo, 2 ed. Ateneu Editora, 2003, 474 p.
- PEREIRA, E.C.G. **Produção de metabólitos por espécies de Cladoniaceae (Líquen), a partir de imobilização celular**. Tese de doutorado em Botânica. UFRPE, 1998, 225p.
- PEREIRA, E.C.G. Biologia de líquens. Laboratório de Geografia Ambiental, Núcleo de Estudos do Meio Ambiente (NEMA/ UFPE). (**Série Textos Didáticos**). 31p, 2000.
- PEREIRA, E.C.G.; MOTA-FILHO, F.O.; SILVA, N.H.; ANDRADE, L.H.C.; VICENTE,C.; LEGAZ, M.E. Análise de pigmentos de plantas e líquens no Recife como parâmetro de avaliação da poluição ambiental. **Revista de geografia DCG/ UFPE**, Recife, v. 20, n.02, p. 43-61, 2003.
- PILEGAARD, K. Airborne metals and SO₂ monitored by epiphytic lichens in an industrial area. **Environmental Pollution**, 17:81-91, 1978.
- PINHEIRO, H.L.C.; DE JESUS, D.S.; CRUZ, F. A importância do monitoramento de formaldeído em ambientes hospitalares utilizando o reagente fluoral “P” e detecção

espectrofluorimétrica. **Anais do I congresso nacional da ABDEH – IV** seminário de engenharia clínica, 2004, p. 43-46.

PINTO, T.J.A.; SAITO, T.; GLERAN, A. Biocompatibilidade de materiais empregados na confecção de próteses cardiovasculares: comparação entre pericárdio bovino e Dracon. **Revista de saúde pública**, 27 (3): 185-189, 1993.

RODAL, M.J.N., SALES, M.F., SILVA, M.J., SILVA, A.G. Flora de um brejo de altitude na escharpa oriental do planalto da Borborema, PE, Brasil. **Acta Botânica Brasil**, 19(4): 843-858, 2005.

RUSU, A.M.; JONES, G.C.; CHIMONIDES, P.D.J.; PURVIS, O.W. Biomonitoring using the lichen *Hypogymnia physodes* and bark samples near Zlatna, Romania immediately following closure of a copper ore-processing plant. **Environmental pollution**, 2005, p. 1-8.

SILVA, R.A. ***Cladonia verticillaris* (líquen) como biomonitor padrão da qualidade do ar no distrito de Jaboatão – PE**. Dissertação de Mestrado em Gestão de Políticas Ambientais/UFPE, 2002, 146p.

WITTIG, R. **General aspects of biomonitoring heavy metals by plants** In: Markert, B. (ed), **Plants as biomonitors**. Indicators for heavy metals in the terrestrial environment, VCH Publishers, Inc. New York, 1993, p. 3- 27.