

INTERAÇÃO DO LÍQUEN *Cladonia verticillaris* COM SOLO DE SUA ÁREA DE OCORRÊNCIA

Ricardo Ferreira da Silva

Universidade Federal de Pernambuco
ricardo.fsilva2@ufpe.br

Patryk Melo

Universidade Federal de Pernambuco
patrykmelo@hotmail.com

Fernando de Oliveira Mota Filho

Universidade Federal de Pernambuco
fmf@elogica.com.br

Nicácio Henrique da Silva

Universidade Federal de Pernambuco
nhsilva@uol.com.br

Eugênia Cristina Gonçalves Pereira

Universidade Federal de Pernambuco
eugenia.pereira@pq.cnpq.br

RESUMO

Líquens produzem substâncias capazes de interagir com seu substrato rochoso ou solo modificando-os quimicamente, formando quelatos. Quando sob a influência de fonte exógena de nitrogênio, algumas espécies produzem suas substâncias em maior teor, incrementando a percolação desses produtos, favorecendo a interação com seu substrato. Neste trabalho avaliou-se a capacidade do líquen *Cladonia verticillaris* interagir com o solo de sua área de ocorrência e, a possível interferência de fonte nitrogenada na forma de uréia como ativadora da síntese de substâncias modificadoras desse substrato. Experimentos foram montados com amostras do líquen e solo a elas subjacente, que foram periodicamente, até 150 dias, analisados a partir de seus extratos brutos por cromatografia em camada delgada. Os resultados demonstraram que o líquen produziu seu principal composto, o ácido fumarprotocetrárico (FUM), por todo o período. A fonte nitrogenada influenciou no aumento da síntese do FUM, bem como acúmulo de substâncias intermediárias de sua biossíntese. Estas substâncias foram também encontradas nas amostras de solo, tanto na forma natural como oxidadas ou reduzidas, indicando interação de *C. verticillaris* com seu substrato. Este teve seu pH diminuído e modificação nos teores de Al e H, sobretudo nos experimentos sob influência da uréia.

Palavras-chave: quelatos; uréia; substâncias líquênicas; ácido fumarprotocetrárico

CHEMICAL CHANGES IN SOIL UNDER THE LICHEN *Cladonia verticillaris*

ABSTRACT

Lichens produce substances capable of interacting with their rocky or soil substrate, modifying them through chemical action, forming chelates. When under influence of exogenous source of nitrogen, some species produce their compounds in a major content, increasing the percolation of these products, favoring a closest interaction with its substrate. In this paper the ability of the lichen *Cladonia verticillaris* of interacting with the soil of its occurrence area, was evaluated, as well as the interference of nitrogen source, in urea form, for activating the synthesis of substances capable of modifying the substrate. Experiments were carried out with samples of lichens and soil under them,

Recebido em 14/09/11

Aprovado para publicação em 16/04/12

periodically, until 150 days, analyzed through their crude extracts, by thin layer chromatography. The results showed that the lichen produced its main compound, the fumarprotocetraric acid (FUM), for all time course experiment. The nitrogen source influenced the increasing of FUM synthesis, as well as the accumulation of intermediary products of its biosynthesis. These substances were also found in soil samples, as in natural form, as oxidized or reduced form, indicating the interaction of *C. verticillaris* with its substrate. This one had its pH value reduced and modification in Al and H contents, mainly in experiments under urea influence.

Keywords: chelates; urea; lichen substances; fumarprotocetraric acid.

INTRODUÇÃO

Apesar dos líquens serem mais conhecidos como pioneiros na colonização de rochas consolidadas, portanto de extrema importância na decomposição química e física desse substrato para formação inicial do solo e, por conseguinte, efetivo na sucessão ecológica (SEAWARD, 1977; PEREIRA, 1997), seu uso data da antiguidade, pois há relatos de seu emprego em rituais de embalsamamento no Egito, ou como medicamento, como fazia Dioscorides, cirurgião do exército de Nero, ou mesmo por serem considerados o Maná citado na bíblia (ABRAHAM; FLOREY, 1954).

Atualmente os estudos são conduzidos para atestar a eficácia dos líquens e suas substâncias, desde a farmacologia à biotecnologia e monitoramento ambiental. No tocante à ação das substâncias líquênicas sobre as rochas, Jones (1988) menciona a capacidade quelante desses compostos, capazes de solubilizar cátions de substratos minerais. Schatz (1963) sugere que os ácidos líquênicos exercem importante papel na pedogênese através da quelação. Pereira (1997) designa quelação como uma reação química onde uma substância orgânica, no caso a líquênica, complexa com íons inorgânicos, aqui os provenientes da rocha. Em adição, a habilidade dos líquens de decompor rochas também se dá pela atividade do micobionte (seu componente fungo) através do CO₂ de sua respiração (PEREIRA, 2000), em associação com a ação mecânica de suas rizinas que penetram nas micro-fissuras, expandindo-se em seu interior quando umedecidas, provocando ação mecânica (SEAWARD, 1977).

Estudos realizados com substâncias isoladas de líquens, ou estes em sua forma natural, demonstraram sua eficiência na degradação química do substrato rochoso. Pereira et al. (2000) referem à ação do ácido fumarprotocetrárico (FUM) sobre amostras de granito, enfatizando que tal substância inicia o processo de decomposição da rocha nas primeiras 24 horas de incubação. O mesmo granito foi avaliado utilizando-se o ácido úsnico como substância teste, que também demonstrou eficiência comprovada por ensaios espectroscópicos onde se identificaram e quantificaram os elementos mais eficientemente quelados (COSTA et al., 2000), assim como Silva et al. (2000), que relata a ação da atranorina sobre a mesma rocha.

Outros parâmetros foram também avaliados. Silva (2005) testou o FUM sobre amostras de migmatito, com experimentos sob influência do aumento da temperatura. Com isso, verificou que a velocidade das reações era aumentada quando os experimentos eram condicionados a 40°C por 12h, simulando condições ambientais, produzindo efeitos em 15 dias semelhantes aos obtidos em apenas seis meses sob temperatura ambiente (28 ± 3°C).

A radiação gama foi também testada por Silva et al. (2010), que verificaram que *Cladonia substellata* quando submetida a diferentes doses radioativas era induzida a produzir em quantidades aumentadas sua substância fotoprotetora, o ácido úsnico. Esta era repassada ao substrato calcário, que por difratometria por raios X indicou a modificação de oito diferentes minerais em três meses de experimento, além da comprovação da formação de quelatos com íons dessa rocha.

Outra abordagem interessante também é a interação dos líquens com o solo já formado. Trabalhos indicam sua influência no ciclo de nutrientes, já que se nutrem higroscopicamente, absorvendo íons dissolvidos na umidade atmosférica (SEAWARD, 1977). Dessa forma, podem ser induzidos a maior biossíntese de suas substâncias pelos nutrientes liberados, ou ter alguma

etapa biossintética bloqueada.

Vasconcelos (2007) demonstraram que ao serem adicionadas diferentes concentrações de fosfato de sódio ao solo que continha sobre ele *C. verticillaris* o líquen já sofria alteração no seu metabolismo, em apenas um mês, uma vez que a concentração das substâncias liquênicas aumentava em função do aumento no teor do nutriente. Silva et al. (2008) testando a mesma espécie perceberam modificação no seu metabolismo nas primeiras 24h de submissão a uréia, cuja alteração se dava em função do aumento da concentração desse sal. Além das substâncias, o líquen *in natura* também influencia na modificação química do solo e das plantas nativas de habitats de tabuleiro (cerrado *lato sensu*), como no caso da *C. salzmannii* (SILVA, 2007).

Na zona da mata em alguns estados do nordeste brasileiro, a expansão da cana-de-açúcar vem tomando espaço da floresta Atlântica e tabuleiros arenosos, cerrado *lato sensu*. Esta prática, além de provocar a fragmentação florestal e perda da biodiversidade, pode levar a efeitos indiretos sobre a biota adjacente desses remanescentes vegetais. Nessas áreas os líquens podem responder aos efeitos antrópicos, como bioindicadores (PEREIRA et al., 2006). No caso dos tabuleiros arenosos, os líquens da família Cladoniaceae ocorrem sob forma de tufos tendo o solo como substrato e poderiam captar nutrientes transportados dos cultivos adjacentes, influenciando na ciclagem de nutrientes e funcionamento dos ecossistemas.

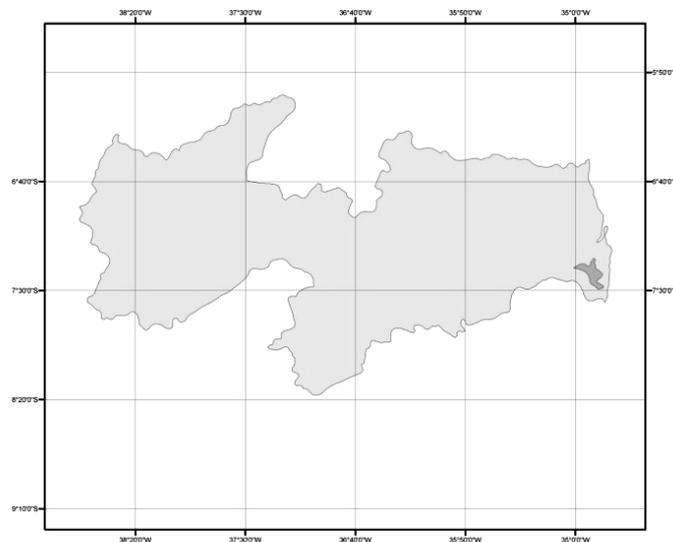
Face a interação dos líquens com o substrato rochoso ou com o solo, neste trabalho objetivou-se analisar o efeito de *C. verticillaris* sobre seu solo de origem, em condições de laboratório, e se a adição de fonte nitrogenada ao substrato, sob forma de uréia, induziria à biossíntese de substâncias transformadoras do substrato. A relevância deste estudo se dá pelas poucas informações acerca da relação do líquen com seu ambiente, sobretudo em ecossistemas nordestinos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta e processamento das amostras de solo e líquens

Amostras de *C. verticillaris* foram coletadas no município de Alhandra, Paraíba (figura 1), bem como seu solo de ocorrência. Este tem textura arenosa, com presença de matéria orgânica, onde são encontradas diversas espécies da família Cladoniaceae.

Figura 1 - Mapa da Paraíba com indicação do município de Alhandra, área de coleta de líquens e solo.



Legenda

- Alhandra
- Paraíba

1 0,5 0 1 Km



Fonte: elaborado por Ricardo Ferreira da Silva.

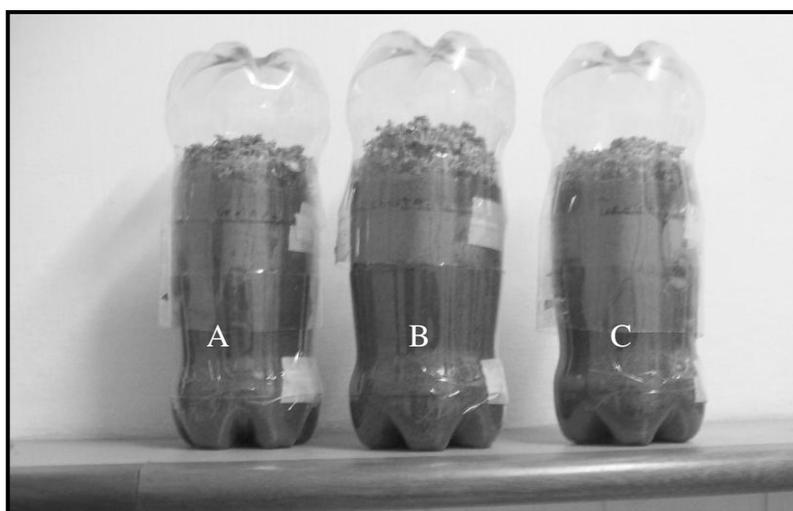
Isolamento e purificação do ácido fumarprotocetrárico (FUM)

A partir 60 g do talo de *C. verticillaris* foram realizadas duas extrações sucessivas com éter dietílico (350mL), em agitador mecânico por 1h, e a infusão mantida sob temperatura de 4°C durante 24 h. O extrato foi filtrado e concentrado em rotavapor até secar. Ao extrato etéreo foi adicionada acetona e, deixado em repouso até a precipitação dos cristais do FUM. Estes foram dissolvidos em acetona para novas recristalizações e maior purificação (ASAHINA & SHIBATA, 1954, modificado por PEREIRA, 1998).

Montagem do experimento

O experimento foi montado em garrafas do tipo PET transparentes. Estas foram cortadas transversalmente, onde foram depositadas amostras de solos, recobertas com tufo de *C. verticillaris* (figura 2). O líquen foi borrifado com água destilada a cada três dias e, o solo com água deionizada (figura 2A), ou solução de uréia a 0,1% (figura 2B) ou a 1,0% (figura 2C).

Figura 2 - experimento montado em cúpulas feitas a partir de garrafas PET, com tufo de *Cladonia verticillaris* e seu solo de ocorrência abaixo do material liquênico



Legenda: A – material controle borrifado com água deionizada; B – solo suplementado com uréia a 0,1%; C – solo suplementado com uréia a 1,0%.

Coleta das amostras e obtenção dos extratos orgânicos

As coletas do líquen e do solo foram realizadas a 30, 60, 90, 120 e 150 dias, sendo retirados 1g de líquen e 6g de solo de cada cúpula. Do material foram obtidos extratos, com éter/acetato de etila (65:35, v/v), e clorofórmio/acetoneitrila (60:40, v/v). Todos os extratos foram evaporados à temperatura ambiente ($28 \pm 3^\circ\text{C}$).

Análises em Cromatografia em Camada Delgada - CCD

Os extratos orgânicos obtidos foram submetidos à CCD, a partir da metodologia desenvolvida por Culberson (1972), sendo aplicados em placas de sílica Gel F₂₅₄₊₃₆₆ Merck, posteriormente desenvolvidas no sistema de solventes B (hexano/éter dietílico/ácido fórmico, 130:80:20, v/v). Após evaporação dos solventes as placas foram reveladas sob luz UV curta e longa e, posteriormente, pulverizadas com ácido sulfúrico a 20%, e aquecidas a 100°C por 1h. Os resultados foram avaliados mediante valores de R_f das amostras testadas e do padrão do ácido fumarprotocetrárico.

Análise do solo

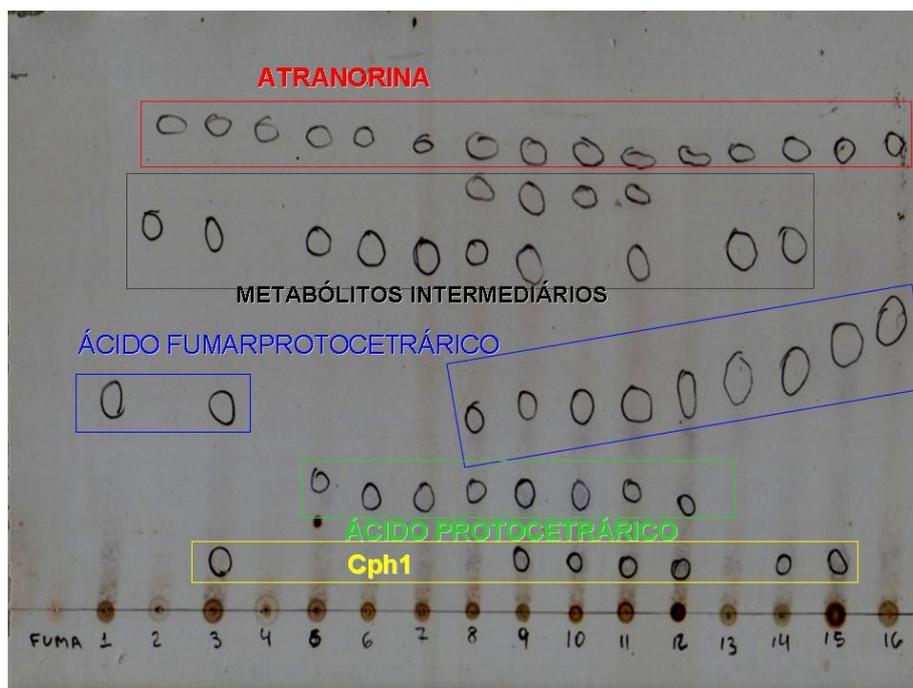
O solo, ao final do experimento foi analisado segundo características químicas (pH, P, Ca + Mg, Na, K, Al, H +Al, valores para S, CTC, V e M) no Instituto de Pesquisas Agronômicas do Estado de Pernambuco (IPA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 3 observa-se o cromatograma obtido com extratos de *C. verticillaris* posicionada sobre seu solo de ocorrência. Nele é possível observar que o ácido fumarprotocetrárico (FUM), principal substância da espécie (AHTI et al., 1993) foi produzido praticamente todo o período do experimento, mas seu teor parece aumentar a partir dos três meses, sobretudo nas amostras cujo solo era suplementado com uréia. Observa-se também que o ácido protocetrárico (PRO) foi produzido e este também faz parte da composição química da espécie, sendo biossintetizado antes do FUM, assim como a atranorina (ATR) (PEREIRA et al., 1999). Esta substância é produzida pelo líquen em condições naturais (PEREIRA, 1998), mas sob influência de uma fonte exógena de nitrogênio, ela foi acumulada. Por ser a substância que inicia a síntese do FUM (PEREIRA et al., 1999), ela pode também ter sido acumulada por incapacidade do líquen em prosseguir sua rota biossintética. A substância Cph1, ou ácido confumarprotocetrárico, foi também detectada e, na natureza, é encontrada em baixos teores na espécie (AHTI et al., 1993).

Bandas intermediárias ao FUM e ATR podem ser produtos intermediários da biossíntese do primeiro composto, acumulados por algum bloqueio nas etapas metabólicas, provavelmente por excesso de nitrogênio, ou por absorção de algum íon proveniente do solo. Mota-Filho et al. (2007) comprovaram que em áreas contaminadas com chumbo ou com dióxido de enxofre, *C. verticillaris* reagia de forma idêntica, acumulando produtos intermediários, ou decaindo sobremaneira seu teor de FUM.

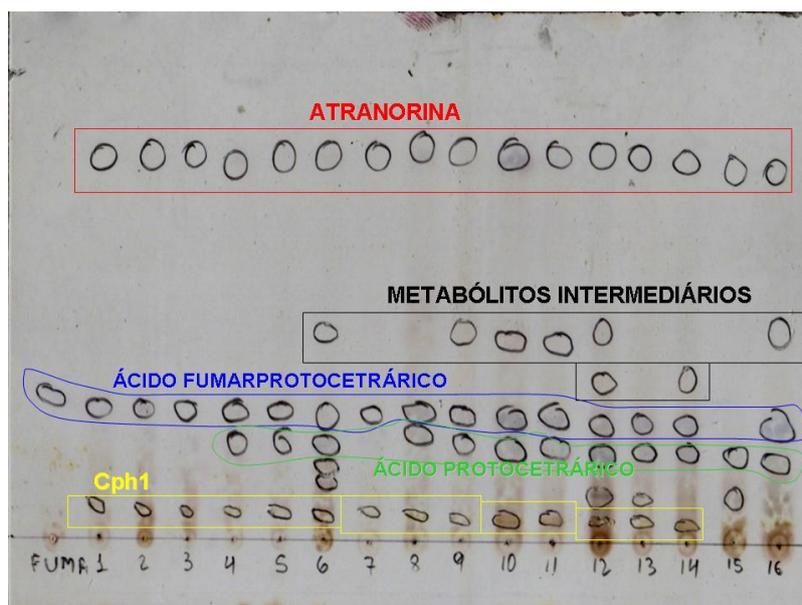
Figura 3 – Cromatograma em Camada Delgada realizado com os extratos orgânicos de *Cladonia verticillaris* posicionada sobre seu solo de ocorrência tratado água ou soluções de uréia a diferentes concentrações.



Legenda: 1- extrato orgânico do líquen no momento da coleta; 2 - extrato orgânico 1 mês controle; 3 - extrato orgânico 1 mês uréia 0,1%; 4 - extrato orgânico 1 mês uréia 1%; 5 - extrato orgânico 2 meses controle; 6 - extrato orgânico 2 meses uréia 0,1%; 7 - extrato orgânico 2 meses uréia 1%; 8 - extrato orgânico 3 meses controle; 9 - extrato orgânico 3 meses uréia 0,1%; 10 - extrato orgânico 3 meses uréia 1%; 11 - extrato orgânico 4 meses controle; 12 - extrato orgânico 4 meses uréia 0,1%; 13 - extrato orgânico 4 meses uréia 1%; 14 - extrato orgânico 5 meses controle; 15 - extrato orgânico 5 meses uréia 0,1%; 16 - extrato orgânico 5 meses uréia 1%

Extratos orgânicos das amostras de solo posicionadas sob *C. verticillaris*, analisadas por CCD (figura 4) revelaram a presença de substâncias produzidas pelo líquen. Nelas foi revelada a presença do FUM, PRO, ATR em altas concentrações, provavelmente percolados por influência do borrifo realizado no talo periodicamente. Tais substâncias devem ser o remanescente da interação com os íons do solo, pois parte delas deve estar em forma de quelatos. Estes resultados podem ser ratificados pelos estudos de Barbosa (2005), que por espectrofotometria identificou quantidades crescentes de produtos em soluções de ácido úsnico colocado em contato com o migmatito, em função do tempo de experimento. Em análises cromatográficas concluiu que o aumento dos teores de compostos nos extratos eram quelatos formados pelas substâncias liquênica e os íons da rocha.

Figura 4 - Cromatografia em Camada Delgada realizada com os extratos orgânicos do solo subjacente a *Cladonia verticillaris*, tratado com água ou soluções de uréia.



Legenda: 1 - extrato orgânico líquen no momento da coleta; 2 - extrato orgânico 1 mês controle; 3 - extrato orgânico 1 mês uréia 0,1%; 4 - extrato orgânico 1 mês uréia 1%; 5 - extrato orgânico 2 meses controle; 6 - extrato orgânico 2 meses uréia 0,1%; 7 - extrato orgânico 2 meses uréia 1%; 8 - extrato orgânico 3 meses controle; 9 - extrato orgânico 3 meses uréia 0,1%; 10 - extrato orgânico 3 meses uréia 1%; 11 - extrato orgânico 4 meses controle; 12 - extrato orgânico 4 meses uréia 0,1%; 13 - extrato orgânico 4 meses uréia 1%; 14 - extrato orgânico 5 meses controle; 15 - extrato orgânico 5 meses uréia 0,1%; 16 - extrato orgânico 5 meses uréia 1%

Foram realizadas análises químicas do solo antes e após experimento (tabela 01) para verificar se a percolação das substâncias influenciou na modificação de sua química e, se as concentrações de uréia exerceriam alguma diferença no metabolismo de *C. verticillaris*, induzindo-a a produzir diferentes teores de substâncias quelantes e repassá-las ao solo, incrementando sua transformação.

As amostras tratadas apenas com água (controle) e submetidas ao líquen modificaram discretamente sua composição. No entanto, aquelas com adição de 0,1% de uréia, propiciaram volatilização deste sal em concentração adequada a um resultado mais expressivo. Os teores de Ca, Na Mg e K foram próximos entre as amostras controle e tempo zero (analisadas no momento da coleta). Por outro lado, o K, H e Al, destacam-se nas amostras mantidas a 0,1% de uréia.

Brady (1979) afirma que o aumento dos teores de hidrogênio ocorre em função da acidificação

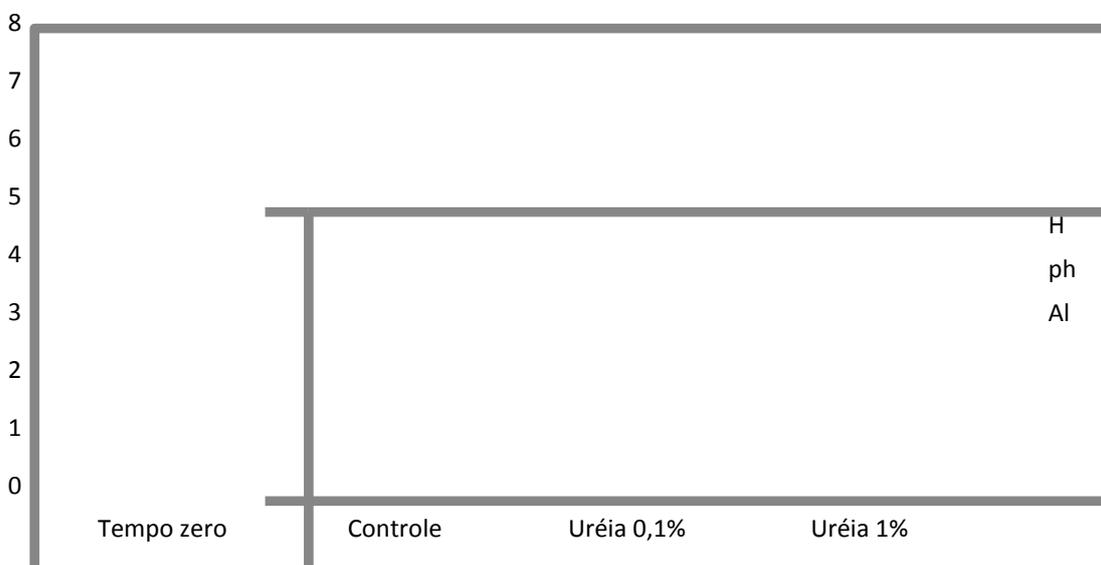
do solo, demonstrado em baixos valores de pH (figura 05). Observa-se que a uréia a 0,1% levou o solo a maiores teores de hidrogênio (2,07) e, conseqüente diminuição de pH (3,9); no entanto, quando tratado com uréia a 1%, o solo apresentou aumento considerável de pH (7,6) e decréscimo de H e Al (zero). A relação entre aumento de pH e teores de Al pode ser explicada pela percolação das substâncias de *C. verticillaris* em maior teor para o solo. É possível que boa parte das substâncias percoladas tenha se complexado, sobretudo com o Al, por ser trivalente, além do H. Dessa forma, o valor de pH foi aumentado. Explica-se o fato de ser a concentração de 1% de uréia mais efetiva por induzir maior síntese de substâncias liquênicas, pois quando volatilizada do solo na forma de CO₂ e amônia, ativa a urease do talo incrementando seu metabolismo (VICENTE et al., 1984). Estes autores avaliaram o metabolismo da uréia em *Cladonia sandstedei* utilizando carbono marcado, e concluíram que a uréia é complexada ao ¹⁴CO₂ formando o composto ¹⁴CO₂-uréia, que é captado pela alga e, após a sua utilização, é excretado e só aí é absorvido pelo fungo. Este, por sua vez, vai ter um incremento da produção dos compostos fenólicos, as substâncias liquênicas.

SILVA (2007) também afirma que substâncias percoladas podem funcionar como fonte de carbono para os microrganismos do solo, favorecendo ainda mais sua fertilidade. Portanto, excesso de nutrientes provenientes de fertilização química pode afetar severamente os ecossistemas a eles adjacentes e os líquens podem ser indicadores importantes, além de fazer parte do sistema solo-planta-atmosfera.

Tabela 1: Nutrientes do solo após submissão a *Cladonia verticillaris* e diferentes concentrações de uréia.

Nutrientes Parâmetros	Ca	Mg	Na	K	Al	H
	Tempo zero	0,05	0,05	0	0	0
Controle	0,10	0,05	0	0	0	0,41
Uréia 0,1%	0,10	0,05	0,02	0,04	0,40	2,07
Uréia 1%	0,05	0,05	0,02	0	0	0,33

Figura 05: Valores de pH e teores de H e Al em solos submetidos a *Cladonia verticillaris* e diferentes concentrações de uréia.



Tendo em vista o estudo realizado por Vicente et al. (1984) pode ser que neste trabalho tenha ocorrido o mesmo fato. Desta forma, poderá se esquematizar este ciclo de adição, absorção e modificação do solo subjacente da seguinte forma: adição de uréia no solo → volatilização da uréia → união da uréia ao CO₂ → utilização/ excreção da uréia pela alga → absorção utilização da uréia pelo fungo, → formação das substâncias fenólicas/eliminação destas no solo → modificação química do solo, principalmente do pH. Vale acrescentar que a alga neste processo pode também ser beneficiada pelo aumento de CO₂, que pode ser utilizado na sua respiração, incrementando, de alguma forma, a fotossíntese. Ainda no trabalho de Vicente et al. (1984) é referido que o carbono radioativo acrescido a *Evernia prunastri* foi encontrado nos fenóis (50%), açúcares, ácidos orgânicos e aminoácidos (50%). Isto ratifica a ideia de uma influência não apenas do nitrogênio, na forma de amônia, mas também do CO₂ decorrente da decomposição da ureia. Vale acrescentar que esta é uma das formas de adição de nitrogênio ao solo em diversos cultivos e, que diferentes espécies de líquens podem responder de forma distinta, já que cada espécie possui uma quantidade ideal de absorção de uréia (AHMADJIAN; HALE, 1973). Por isso, diferentes concentrações de uréia provocaram distintos estímulos sobre *C. verticillaris* e, conseqüentemente, sobre o solo.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível afirmar que *C. verticillaris* sofre a influência de suprimentos exógenos de fonte nitrogenada sob forma de uréia, adicionados ao seu solo subjacente; diferentes concentrações dessa uréia interferem de maneira distinta sobre o metabolismo do líquen e, conseqüente percolação de seus produtos ao solo; a produção e repasse das substâncias ao solo foram diretamente proporcionais à concentração da uréia, e também houve modificações mais pronunciadas no substrato, sobretudo nos valores de pH.

Assim, *C. verticillaris* pode ser utilizada como indicador de excesso de nitrogênio em ecossistemas naturais, podendo ser empregado em estudos de integridade ambiental, ou em elaboração de planos de manejo e/ou gestão ambiental, visto que integra os ciclos biogeoquímicos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica dos dois primeiros autores e bolsa de produtividade em pesquisa do último autor.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAN, E. P.; FLOREY, H. W. Antimicrobial substances from lichens and algae. In: **Antibiotic**. v. 1, cap. 13, 1949, p. 566-575.
- AHTI, T.; STENROOS, S.; XAVIER-FILHO, L. The lichen family in Paraíba, Pernambuco and Sergipe, Northeast Brazil. **Tropical Biology**. 1993, 7: 55-70.
- AHMADJIAN, V. HALE, M. E. The lichens. **Academic press**. 1973, p. 697.
- ASAHINA, Y.; SHIBATA, S. **Chemistry of lichen substances**. Tokyo, Japanese Society for the Promotion of Science, 1954. 240p.
- BARBOSA, H. M. S. **Análise do comportamento do migmatito sob atuação de *Cladonia substellata* (Líquén) como fator de formação primária dos solos**. Monografia de Bacharelado. Depto. de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2005.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Editora Livraria Freitas Bastos. 1979. 647p.
- COSTA, D. L. C. R. **Avaliação do processo de pedogênese do basalto a partir da ação do ácido úsnico sob condições ambientais e laboratoriais**. Monografia de graduação. Universidade Federal de Pernambuco, Depto. de Ciências Geográficas, Recife, PE. 2000.
- CULBERSON, C. F. Improved conditions and new data for the indication of lichen products by standardized thin layer-chromatographic method. **J. Chromatog**, 1972. 72:113-125.

- JONES, D. Lichens and pedogenesis. In: **Handbook of lichenology**. Vol. III, M Galun ed. CRC Press, Boca Raton. 1988, 109-124.
- MOTA-FILHO, F.O.; PEREIRA, E.C.; LIMA, E.S.; SILVA, N.H.; FIGUEIREDO, R.C.B. Influência de poluentes atmosféricos em Belo Jardim (PE) utilizando *C. verticillaris* (líquen) como biomonitor. **Química Nova**, Vol.30, Nº. 5, 2007,1072-1076.
- PEREIRA, E. C. Líquens como agentes do intemperismo. UFPE, Recife. **Revista de Geografia**, V. 13, jun - dez 1997.
- PEREIRA, E. C. **Produção de metabólitos por espécies de Cladoniaceae (líquen), a partir de imobilização celular**. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 1998, 240p.
- PEREIRA, E. C. **Biologia de Líquens**. Depto. de Ciências Geográficas UFPE. Recife, 2000, 28p.
- PEREIRA, E. C.; VICENTE, C.; LEGAZ, M. E.; SILVA, N. H.; SILVA, E. F.; ANDRADE, L. H. C. Production of lichen metabolites through cell immobilization by *Cladonia clathrata* Ahti & Xavier-Filho. **Phyton** (Áustria), 39(1):79-89, 1999
- PEREIRA, E. C.; MOTA-FILHO, F. O.; SILVA, N. H.; ANDRADE, M. M C.; SILVA, A. M.; COSTA, D. L. C. R. Ação do ácido fumarprotocetrárico de *Cladonia verticillaris* (líquen) sobre amostras de granito da Região Metropolitana do Recife. **52ª Reunião Anual da SBPC**, Brasília, DF, 9 a 14/07/2000. Resumo em CD ROM.
- PEREIRA, E. C. G., SILVA, N. H., SILVA, A. M., MARCELLI, M. P. Líquens In: **Diversidade biológica e conservação da Floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco**. 1ª ed. Editora Universitária. Recife, 2006, v.1, p. 108-119.
- SCHATZ, A. Soil microorganisms and soil chelation. The pedogenic action of lichen and lichen acids. **Journal Agricultural Food Chemistry**, 11:112-118, 1963.
- SEAWARD, M. R. D. Lichen Ecology. **Academic Press, Inc.** London. 1977, 550p.
- SILVA, A. M.; SILVA, N. H.; PEREIRA, E. C.; MOTA-FILHO, F. O.; COSTA, D. L. C. R.; LIMA, E. S. Ação da atranorina de *Cladonia dendroides* (líquen) sobre estruturas rochosas. **Congresso de Iniciação Científica da UFPE – CONIC**, Recife – PE, 4 a 8/12/2000. Resumos pp.63, vol. II
- SILVA, B. C.G. **Ação do ácido fumarprotocetrárico e talo in natura de Cladonia verticillaris sobre amostras de migmatito**. Monografia de Bacharelado. Curso de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2005.
- SILVA, F. P. **Influência de Cladonia salzmantii na ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em rizosfera e desenvolvimento de plântulas**. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Bioquímica, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2007, 90 p.
- SILVA, R. F.; VASCONCELOS, T. L.; RAMOS, D. L. C.; SILVA, A. M.; SILVA, H. P. B.; BARBOSA, H.; MOTA-FILHO, F. O.; SILVA, N. H. PEREIRA, E. C. G. Líquens Nordestinos e suas substâncias como potenciais agentes do intemperismo. **Terceira Reunião Brasileira de Líquenólogos – III REBEL**. Mogiguaçu, 2008.
- SILVA, H. P. B.; COLAÇO, W.; PEREIRA, E. C.; SILVA, N. H.. Sensitivity of *Cladonia substellata* Vainio (lichen) to gamma irradiation and the consequent effect on limestone rocks. **International Journal of Low Radiation**. 2010, 7(4):324-332.
- VASCONCELOS, T. L. **Efeito do suprimento exógeno de uréia na produção de substâncias degradadoras do migmatito pelo líquen Cladonia verticillaris (Raddi) Fr**. Monografia de Bacharelado. Curso de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2007.
- VICENTE, C.; LEGAZ, M. E.; ARRUDA, E. C.; XAVIER FILHO, L. The utilization of urea by the lichen *Cladonia sandstedei*. **J. Plant Physiol**. 1984, 115:397 – 404.