

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Talitha Lucena de Vasconcelos

**INFLUÊNCIA DO FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS
TRANSFORMADORAS DO SOLO SOB *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr.**

Orientadora: Eugênia Cristina G. Pereira, Profa. Dra.
Co-orientador: Nicácio Henrique da Silva, Prof. Dr.
Co-orientadora: Maria do Socorro B. de Araújo, Profa. Dra.

**RECIFE
2009**

TALITHA LUCENA DE VASCONCELOS

**INFLUÊNCIA DO FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS
TRANSFORMADORAS DO SOLO SOB *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr.**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Geografia da Universidade
Federal de Pernambuco, como
parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Eugênia Cristina G. Pereira, Profa. Dra.
Co-orientador: Nicácio Henrique da Silva, Prof. Dr.
Co-orientadora: Maria do Socorro B. de Araújo, Profa. Dra.

**RECIFE
2009**

Ficha catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central da UFPE

Vasconcelos, Talitha Lucena de

Influência do fósforo na produção de substâncias transformadoras do solo sob *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. / Talitha Lucena de Vasconcelos. - Recife: O Autor, 2009.

74 folhas : il., gráf., mapas, tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Geografia, 2009.

Inclui: bibliografia e anexos.

1. Geografia. 2. Ecossistemas. 3. Solo. 4. Fósforo. 5. Líquens. I. Título.

911

CDU (2. ed.)

UFPE

910

CDD (22. ed.)

BCFCH2009/35

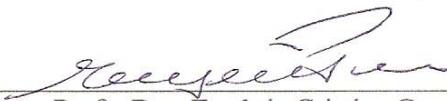
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS – CFCH
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS –DCG
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA –CMG

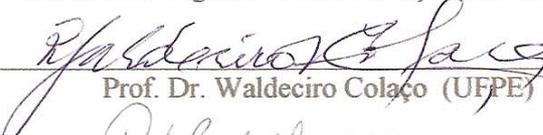
TALITHA LUCENA DE VASCONCELOS

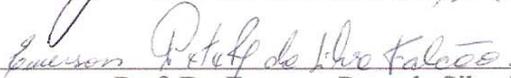
**Título: “INFLUÊNCIA DO FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS
TRANSFORMADORAS DO SOLO SOB *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr”**

BANCA EXAMINADORA

TITULARES:

Orientador: 
Prof. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira (UFPE)

1º. Examinador: 
Prof. Dr. Waldecir Colaço (UFPE)

2º. Examinador: 
Prof. Dr. Emerson Peter da Silva Falcão (UFPE)

APROVADA em 27 de fevereiro de 2009.

RCMS

Aos meus pais, *Hernando e Maria Lucenalva*

Às minhas irmãs, *Taysa e Taciana*

Ao meu amado companheiro, *André*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A todos que acompanharam a construção deste trabalho e me incentivaram dia após dia, deixo aqui minha imensa gratidão e esta mensagem de paz!

Que Deus não permita que eu perca o ROMANTISMO, mesmo eu sabendo que as rosas não falam. Que eu não perca o OTIMISMO, mesmo sabendo que o futuro que nos espera não é assim tão alegre. Que eu não perca a vontade de VIVER, mesmo sabendo que a vida é, em muitos momentos, dolorosa... Que eu não perca a vontade de ter grandes AMIGOS, mesmo sabendo que, com as voltas do mundo, eles acabam indo embora de nossas vidas... Que eu não perca a vontade de AJUDAR as pessoas, mesmo sabendo que muitas delas são incapazes de ver, reconhecer e retribuir esta ajuda. Que eu não perca o EQUILÍBRIO, mesmo sabendo que inúmeras forças querem que eu caia. Que eu não perca a VONTADE de amar, mesmo sabendo que a pessoa que eu mais amo, pode não sentir o mesmo sentimento por mim... Que eu não perca a LUZ e o BRILHO no olhar, mesmo sabendo que muitas coisas que verei no mundo, escurecerão meus olhos... Que eu não perca a GARRA, mesmo sabendo que a derrota e a perda são dois adversários extremamente perigosos. Que eu não perca a RAZÃO, mesmo sabendo que as tentações da vida são inúmeras e deliciosas. Que eu não perca o sentimento de JUSTIÇA, mesmo sabendo que o prejudicado possa ser eu. Que eu não perca o meu forte ABRAÇO, mesmo sabendo que um dia meus braços estarão fracos... Que eu não perca a BELEZA e a ALEGRIA de ver, mesmo sabendo que muitas lágrimas brotarão dos meus olhos e escorrerão por minha alma... Que eu não perca o AMOR por minha família, mesmo sabendo que ela muitas vezes me exigiria esforços incríveis para manter a sua harmonia. Que eu não perca a vontade de doar este enorme AMOR que existe em meu coração, mesmo sabendo que muitas vezes ele será submetido e até rejeitado. Que eu não perca a vontade de ser GRANDE, mesmo sabendo que o mundo é pequeno... E acima de tudo... Que eu jamais me esqueça que Deus me ama infinitamente, que um pequeno grão de alegria e esperança dentro de cada um é capaz de mudar e transformar qualquer coisa, pois.... a vida é construída nos sonhos e concretizada no amor!

Chico Xavier

*"Se tiver que amar, ame hoje. Se tiver que sorrir, sorria hoje.
Se tiver que chorar, chore hoje. Pois o importante é viver
hoje. O ontem já foi e o amanhã talvez não venha"*

André Luís (por Chico Xavier)

Lista de Ilustrações

3.1 Artigo 1 - Influência do fósforo no metabolismo e produção de substâncias do líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr.

Figura 1 - Mapa de localização geográfica do município de Mamanguape-PB. Fonte IBGE, 2009. Autor: André Luiz Abreus de Moura. 39

Figura 2 - experimentos sob condições laboratorias. A - experimento com tufo liquênicos sobre solo submetidos a diferentes concentrações de fosfato de potássio; B – experimento com tufo liquênicos submetidos a diferentes concentrações de fosfato de potássio. 40

Figura 3 - Curvas de Calibração PRO (A) e FUM (B). PRO - erro padrão = 25069,95346, R= 0,97404, Equação da reta: $X=Y/344305,79313$; FUM: erro padrão = 2109,52575, R= 0,97544, Equação da reta: $X=Y/29804,31701$ 42

Figura 4 - Concentração em mg/mL do PRO nos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetidas ou não ao fosfato de potássio. # - Extrato do líquen a 1% de fosfato no décimo quinto dia não foi detectado por CLAE. - Amostras perdidas no terceiro mês por contaminação de uma espécie de fungo não identificada. 43

Figura 5 - Concentração em mg/mL do FUM nos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetidas ou não ao fosfato de potássio. # - Extrato do líquen a 1% de fosfato no décimo quinto dia não foi detectado por CLAE. * - Amostras perdidas no terceiro mês por contaminação de uma espécie de fungo não identificada. 43

Figura 6 - Picos referentes ao tempo de retenção do PRO e do FUM nos extratos orgânicos de *C. verticillaris* obtidos por CLAE aos três 3 meses de experimento. A- controle, B-0,1% de fosfato, C-1% de fosfato. 44

Figura 7 - Concentração em mg/mL do PRO nos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetidas ou não ao fosfato de potássio. 45

Figura 8 - Concentração em mg/mL do FUM nos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetidas ou não ao fosfato de potássio. 45

Figura 9 - Picos referentes ao tempo de retenção do PRO e do FUM nos extratos orgânicos de *C. verticillaris* obtidos por CLAE no quinto mês de experimento. A- controle, B-0,1% de fosfato, C-1% de fosfato, D-10% de fosfato. 46

3.2 Artigo 2 - Modificação da composição química do solo subjacente ao líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. sob influência do fósforo

Figura 1 - Curvas de Calibração dos ácidos protocetrárico (A) e fumarprotocetrárico (B) criadas a partir de análises de extratos do solo em espectrofotômetro. PRO: erro padrão = 0,34336, R = 0,34336; FUM: erro padrão = 0,62085, R = 0,99429. 56

Figura 2 - Concentração em mg/mL do ácido protocetrárico nos extratos de solo submetidos ou não ao fosfato de potássio. 56

Figura 3 - Concentração em mg/mL do ácido fumarprotocetrárico nos extratos de solo submetidos ou não ao fosfato de potássio..... 55

Figura 4 - Cromatografia em Camada Delgada dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* e do Solo. À esquerda CCD 15 dias, à direita CCD 1 mês. P - ácido protocetrárico, F - ácido fumarprotocetrárico, A - atranorina, Lctr - extrato liquênico controle, L0,1% - extrato liquênico a 0,1% fosfato, L1% - extrato liquênico a 1% fosfato, L10% - extrato liquênico a 10% fosfato, Sctr - extrato solo controle, S0,1% - extrato solo 0,1% fosfato, S1% - extrato solo 1% fosfato, S10% - extrato solo 10% fosfato. Rfs valores entre 0,32 a 0,97. 57

Figura 5 - Cromatografia em Camada Delgada dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* e do Solo. À esquerda CCD 2 meses, à direita CCD 3 meses. P - ácido protocetrárico, F - ácido fumarprotocetrárico, A - atranorina, Lctr - extrato liquênico controle, L0,1% - extrato liquênico a 0,1% fosfato, L1% - extrato liquênico a 1% fosfato, L10% - extrato liquênico a 10% fosfato, Sctr - extrato solo controle, S0,1% - extrato solo 0,1% fosfato, S1% - extrato solo 1% fosfato, S10% - extrato solo 10% fosfato. Rfs valores entre 0,35 e 0,98. 58

Figura 6 - Cromatografia em Camada Delgada dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* e do Solo. À esquerda CCD 4 meses, à direita CCD 5 meses. P - ácido protocetrárico, F - ácido fumarprotocetrárico, A - atranorina, Lctr - extrato liquênico controle, L0,1% - extrato liquênico a 0,1% fosfato, L1% - extrato liquênico a 1% fosfato, L10% - extrato liquênico a 10% fosfato, Sctr - extrato solo controle, S0,1% - extrato solo 0,1% fosfato, S1% - extrato solo 1% fosfato, S10% - extrato solo 10% fosfato. Rfs valores entre 0,27 e 0,98. 58

Lista de Tabelas

3.1 Artigo 1 - Influência do fósforo no metabolismo e produção de substâncias do líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr.

Tabela 1: Padrões PRO e FUM de *C. verticillaris* submetidos à CLAE..... 42

3.2 Artigo 2 - Modificação da composição química do solo subjacente ao líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. sob influência do fósforo

Tabela 1: Concentração de Fósforo e do Hidrogênio no solo e pH das amostras do experimento 1.....59

Tabela 2: Concentração de Fósforo e do Hidrogênio no solo e pH das amostras do experimento 2. 60

Tabela 3: Concentração dos cátions trocáveis no solo com tufo de *C. verticillaris* sob ação, ou não, do fosfato de potássio ao final do experimento 1..... 61

Tabela 4: Concentração dos cátions trocáveis no solo sem tufo de *C. verticillaris* sob ação, ou não, do fosfato de potássio ao final do experimento 2..... 61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Ecossistema	18
2.2 Solo.....	19
2.2.1 Ciclagem de nutrientes	20
2.2.1.1 Fósforo.....	20
2.3 Líquens	22
2.3.1 <i>Cladonia verticillaris</i> (Raddi) Fr.....	24
2.3.2 Ciclagem mineral em líquens	25
REFERÊNCIAS	27
3 RESULTADOS - Artigos a serem submetidos à publicação	34
3.1 Periódico <i>Acta Botanica Brasilica</i>	35
Influência do fósforo no metabolismo e produção de substâncias do líquen <i>Cladonia verticillaris</i> (Raddi) Fr.	36
3.2 Periódico <i>Revista Brasileira de Ciência do Solo</i>	48
Modificação da composição química do solo subjacente ao líquen <i>Cladonia verticillaris</i> (Raddi) Fr. sob influência do fósforo	49
ANEXOS	64
ANEXO A	64
ANEXO B	69
ANEXO C	73
ANEXO D	74

RESUMO

Na natureza a ciclagem dos nutrientes tem papel imprescindível no equilíbrio e dinâmica dos ecossistemas. Nesse contexto, os líquens, sensíveis a mudanças ambientais, participam da rota de elementos no ecossistema, podendo ter a síntese de seus fenóis afetada pelo desequilíbrio desses nutrientes, tanto na atmosfera quanto no solo. Este trabalho objetivou avaliar se o incremento de fosfato de potássio, como nutriente exógeno, em diferentes concentrações, direta ou indiretamente, altera o metabolismo de *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. em condições de laboratório. Além disso, foi avaliada a influência dos fenóis de *C. verticillaris* na modificação química do solo subjacente a ela. Solo e líquen foram coletados no município de Mamanguape-PB em tabuleiros costeiros. Foram montados três experimentos com sistemas de tratamento diferenciados. No primeiro 10g de líquen foram dispostos sobre 1,5kg de solo, o segundo possuiu apenas 7g de líquen e o terceiro teve apenas 1 kg de solo. Cada experimento continha quatro cúpulas, sendo uma delas o controle, com borrifo de água deionizada, e as outras três os tratamentos com solução de fosfato de potássio que foram borrifadas nas concentrações 0,1%, 1% e 10% a cada 15 dias. Amostras foram coletadas aos 15 dias e depois mensalmente até o quinto mês de experimento. Foram submetidas à extração com os solventes éter etílico, clorofórmio, acetona das amostras de líquen e de solo que, posteriormente passaram por análises em Cromatografias em Camada Delgada (CCD) e Líquida de Alta Eficiência (HPLC), fertilidade do solo, espectrofotometria nos comprimentos de onda 254nm, 310nm, 366nm. O líquen produziu suas substâncias principais durante todo o experimento, repassou-as para o solo em maior quantidade do que a encontrada no talo. No experimento 1 o fosfato adicionado provocou uma modificação no metabolismo da espécie, reduzindo a produção dos ácidos protocetrárico (PRO) e fumarprotocetrárico (FUM), o que está associado ao acúmulo de metabólitos intermediários do FUM. No experimento 2 com líquen, este produziu PRO e FUM em concentração superior quando sob influência do fosfato, sugerindo que o líquen absorve melhor este elemento quando em contato direto com talo. Maior quantidade de bases trocáveis foi encontrada em solo com líquen, e o pH deste solo manteve-se próximo à neutralidade. O fosfato adicionado ao solo no experimento 3 tornou-o mais básico e não alterou a disponibilidade de cátions, principalmente Ca, Mg e Na.

Palavras chave: *Cladonia verticillaris*, fósforo, ácido fumarprotocetrárico, capacidade de troca de cátions.

ABSTRACT

Nutrient cycling in nature has essential role in the balance and dynamics of ecosystems. In this context, lichens, sensitive to environmental changes, participate in the route of elements in the ecosystem, may have the synthesis of their phenols affected by the imbalance these nutrients, both in the atmosphere as in the soil. This work objectified evaluate if the increment of potassium phosphate, as exogenous nutrient, at different concentrations, directly or indirectly, modify the metabolism of *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. under laboratory conditions. In addition, was evaluated the influence of phenols of *C. verticillaris* in chemical modification of subjacent soil. Soil and lichen were collected in the coastal city of Mamanguape-PB. Three experiments with differentiated systems of treatment had been mounted. In the first 10g of lichen had been made use on 1,5kg of soil, the second had only 7g of lichen and the third it had only 1 kg of soil. Each experiment contained four domes, being one of them the control, with sprayed of deionized water, and the others three treatments with solution of potassium phosphate that had been sprayed at concentrations 0.1%, 1% and 10% to each 15 days. Were extracted with the solvents ethyl ether, chloroform, acetone subsequently analyzed by Thin Layer (TLC) and High Performance Liquid (HPLC) chromatographies, soil fertility, register in spectrophotometer at wavelengths of 254nm, 310nm, 366nm. The lichen produced its major substances throughout the experiment, releasing them to the soil in larger quantities than that one found in the thallus. In experiment 1 phosphate added caused a modification in the metabolism of the species, reducing the production of protocetraric and fumarprotocetraric acids, which is associated to the accumulation of metabolites intermediaries in FUM. In the experiment 2, the lichen produced PRO and FUM in higher concentration, when under the influence of phosphate, suggesting that the lichen absorbs better absorbs this element when in direct contact with thallus. Higher amounts of exchanged bases were found in soil with lichen, and the pH of soil remained close to neutrality. The phosphate added to the soil in experiment 3 became more basic and has not changed the cation availability, mainly Ca, Mg and Na.

Key words: *Cladonia verticillaris*, phosphorus, fumarprotocetraric acid, capacity exchange cations.

1 INTRODUÇÃO

O aumento progressivo da população mundial tem levado a reflexões sobre o uso dos bens fornecidos pela natureza. Desde o surgimento das primeiras civilizações o ser humano tira do ambiente natural recursos para sua sobrevivência, além de utilizá-lo para construir habitações, fábricas, dentre outros. A população humana alcançou, segundo estimativas do The World Factbook da CIA (2008), um patamar de 6.706.993.152 pessoas em julho de 2008. Ricklefs (2003) já alertava para os problemas de dimensões globais provocados por esse número de habitantes e a conseqüente exploração da natureza, enfatizando o impacto das atividades humanas, que têm levado à interrupção de sistemas ecológicos, com a extinção de espécies, e à deterioração do ambiente que habita a espécie humana.

Tendo em vista que os seres humanos são parte importante da biosfera, compreender a natureza é uma necessidade imediata à medida que o aumento populacional estressa os sistemas naturais e os impede de manter sua estrutura e funcionamento. Além disso, o bem estar da humanidade depende do equilíbrio desses sistemas. Essa compreensão pode ser dada pela Ecologia a partir de estudos sobre o controle populacional por predadores, dos biomas terrestres, da influência da fertilidade dos solos no crescimento das plantas, da ciclagem dos nutrientes e do fluxo de energia dos ecossistemas, dentre outros. (RICKLEFS, 2003).

Portanto, a Ecologia (do grego *oikos* (casa) e *logos* (estudo)) é a ciência que estuda o “ambiente da casa” e, engloba todos os organismos contidos nela e os processos funcionais que a tornam habitáveis (ODUM, 1988; RICKLEFS, 2003). É considerada uma ciência biológica limitada à Terra, assim como a própria vida (WALTER, 1986), apesar de servir de ponte de ligação entre as ciências naturais e as ciências sociais (ODUM, 1977).

Diante dessa realidade, observou-se que os serviços e produtos da natureza são aproveitados indiscriminadamente, como se fossem ilimitados. As nações industrializadas conseguiram atingir seus objetivos desvinculados temporariamente da natureza explorando bens produzidos por ela, alguns deles finitos, como os combustíveis fósseis, o que está levando a um esgotamento acelerado. O fato é que a civilização ainda depende do ambiente natural, de sua energia e materiais e, mais

importante do que isso, dos processos vitais, como os ciclos do ar e da água (ODUM, 1988).

Santos (2001) reconheceu a necessidade de se pensar em uma Globalização mais humana, pautada na valorização dos conhecimentos adquiridos da superfície da Terra e das características dos seus habitantes, e no uso racional das técnicas elaboradas durante os séculos. Nesse contexto, Odum (1988) ratifica que “a nossa sobrevivência depende do conhecimento e da ação inteligente para preservar e melhorar a qualidade ambiental por meio de uma tecnologia harmoniosa e não prejudicial”.

Na Ecologia a unidade funcional básica é o ecossistema, onde se inter-relacionam os organismos, incluído neles o ser humano, e o ambiente abiótico. Este nível de organização deve ser o primeiro a ser priorizado na implantação de soluções para os problemas que ocorrem nos biomas e na biosfera. “A abordagem do ecossistema na Ecologia descreve os organismos e suas atividades, principalmente quantidade de energia e vários elementos químicos essenciais à vida como o oxigênio, o carbono, o nitrogênio, o fósforo e o enxofre” (RICKLEFS, 2003).

Grandes ecossistemas têm sofrido impactos da atividade humana durante séculos de exploração. No Brasil estes iniciaram-se a partir da extração de Pau Brasil, com a colonização e exploração do território e, posteriormente, com a monocultura da cana-de-açúcar e do café. Grandes extensões de Floresta Atlântica foram dizimadas pela economia colonial, além do impacto pela formação de aglomerados urbanos, que se desenvolveram até os dias atuais tornando-se cidades ou grandes metrópoles. As áreas localizadas a leste do país foram rapidamente ocupadas e, nos séculos seguintes, a penetração no território pela população e pelas atividades econômicas foi levando a alteração de outros ecossistemas.

Os ecossistemas são sistemas ecológicos complexos e grandes que possuem milhares de organismos diferentes e uma variedade de meios individuais (RICKLEFS, 2003). Por isso, os problemas gerados pelo crescimento populacional, conseqüentemente tomam uma dimensão muito maior. Populações de plantas e animais estão diminuindo, alguns correm o risco de serem extintos; microrganismos como bactérias e fungos também são afetados; ciclos de nutrientes podem ser alterados

provocando acúmulos prejudiciais ou escassez; além da perda da qualidade de vida (RICKLEFS, 2003).

Nesse contexto os líquens, exercem um papel importante dentro dos ecossistemas, participando da ciclagem dos nutrientes, como a do nitrogênio (VASCONCELOS, 2007), repassando suas substâncias para o substrato, ajudando a manter a microbiota próxima ao solo (SILVA, 2007). Cerca de 20% dos fungos conhecidos estabelecem relações simbióticas com algas ou cianobactérias (BENATTI, 2005). A liquenização é o processo onde um fungo, o micobionte, abriga populações de algas ou cianobactérias, os fotobiontes (MARCELLI, 2006).

Os líquens também contribuem para o desenvolvimento de solos a partir do intemperismo de rochas, seja através da ação mecânica de suas rizinas, triturando-as fisicamente, ou quimicamente a partir de seus ácidos, lançados no substrato para transformação mineral (PIERVITTORI *et al.*, 1994). Constituem-se, também, importantes acumuladores de metais pesados como o chumbo (MOTA-FILHO *et al.*, 2007), de substâncias provenientes de combustíveis fósseis (OLIVEIRA, 2007), de calcário dolomítico (CUNHA *et al.*, 2007a), atestando sua capacidade como biomonitores da qualidade do ar atmosférico.

Os líquens de hábito arbustivo mantêm estreita relação com o solo adjacente. Compreender a ação desses organismos nos mecanismos de formação de solos, bem como a captação de nutrientes por eles, seja por volatilização ou através das rizinas em menor escala, é importante para estabelecer sua influência na ciclagem de nutrientes. O conhecimento dos mecanismos envolvidos nos ciclos biogeoquímicos em ecossistemas tropicais é, portanto, de grande relevância para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis para o desenvolvimento humano nessas regiões (PINTO-COELHO, 2006).

Em virtude das propriedades e interação dos líquens com os ecossistemas, foi objetivo deste trabalho, determinar, em condições laboratoriais, a influência de suprimento exógeno de fósforo suplementado ao substrato natural do líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. na síntese de suas substâncias e na modificação da composição química do solo. Vasconcelos (2007) e Silva (2007) têm confirmado a ação das substâncias líquênicas sobre o substrato natural e de substâncias inseridas no ambiente, alterando, inclusive, a fertilidade dos solos. No entanto, trabalhos sobre a ciclagem de

nutrientes envolvendo os líquens ainda são escassos, necessitando estudos mais

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ecossistema

Os ecossistemas podem ser caracterizados como sistemas ecológicos onde interagem fatores ambientais abióticos e comunidades de organismos animais e vegetais (WALTER, 1986; RAVEN *et al.*, 2001; PINTO-COELHO, 2006). O ecossistema é um sistema aberto que recebe energia externa provinda da radiação solar, de matéria na forma de precipitação, da troca de gases e de poeira (WALTER, 1986). Além disso, energia e matéria são perdidas em forma de calor, pela troca de gases e pela drenagem da água.

Odum (1988), num conceito mais abrangente, identifica o Ecossistema como:

...qualquer unidade que abranja todos os organismos que funcionam em conjunto, numa dada área, interagindo com o ambiente físico de tal forma que um fluxo de energia produza estruturas bióticas claramente definidas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não vivas.

No século XIX estudos mostraram a interação de organismos com o ambiente, como o de Karl Mobius, que em 1877 escreveu sobre uma comunidade de ostras como uma biocenose e, o de S. A. Forbes, que em 1887 escreveu sobre o lago como um microcosmo. Mas, foi em 1935 que o ecologista britânico A. G. Tansley propôs pela primeira vez o termo Ecossistema. Entre meados do século XX, Bertalanfly e outros ecologistas desenvolveram a Teoria Geral dos Sistemas que influenciou o surgimento de um campo definitivo e quantitativo da ecologia dos ecossistemas. Todos os ecossistemas e a biosfera são sistemas abertos possuindo entrada e saída de energia, necessários para sua manutenção e funcionamento (ODUM, 1988).

Os líquens participam do ecossistema, seja captando nutrientes da atmosfera ou do solo (LEGAZ *et al.*, 2006), seja fotossintetizando a luz solar para produção de energia (NASH, 1996), seja repassando suas substâncias para o substrato onde ocorrem influenciando na dinâmica dos microrganismos (SILVA, 2007), seja transformando rochas no processo de pedogênese (BANFIELD *et al.*, 1999). Este sistema de interações reproduz os processos pelos quais os líquens passam durante o seu desempenho

funcional dentro do ecossistema. Sendo este sistema aberto, os líquens podem sofrer conseqüências de perturbações externas a ele.

2.2 Solo

É a camada externa agricultável da superfície terrestre produto do intemperismo físico (desintegração), químico (decomposição), e biológico (recombinação), transformado durante as eras geológicas, em material poroso (BRADY, 1989; TEIXEIRA *et al.*, 2003; REICHARDT, TIMM, 2004). Diferentes fatores concorrem para sua formação, tais como material de origem, tempo, clima, topografia e organismos vivos. Assim, uma série de camadas sobrepostas forma os horizontes dos solos que em conjunto tornam-se um perfil do solo.

Podem-se distinguir a fração sólida, partículas de materiais primários que diferem em textura, estrutura e densidade, sendo principalmente as frações minerais e orgânicas; a fração líquida, solução aquosa de sais minerais e substâncias orgânicas, onde os sais minerais desempenham maior importância e que servem como reservatório dos íons nutrientes; e a fração gasosa, a atmosfera do solo, que possui composição química semelhante à da atmosfera livre, próxima à superfície do solo (REICHARDT, TIMM, 2004).

Os líquens são organismos importantes na decomposição de rochas, pois a ação dos ácidos líquênicos favorece a transformação dos minerais e a formação um solo desenvolvido com umidade e nutrientes para que outros seres como os musgos e os vegetais fanerogâmicos se desenvolvam (LEGAZ *et al.*, 1986; BANFIELD *et al.*, 1999; SEDIA, EHRENFELD, 2005). Espécies do gênero *Cladonia* de hábito arbustivo contribuem para o desenvolvimento de matéria orgânica do solo pela fragmentação do talo, apesar de os líquens crostosos terem maior relação com o substrato (ASTA *et al.*, 2001).

Estudos sobre a influência de substâncias líquênicas envolvidas nos mecanismos de formação de solos vêm sendo realizados e têm comprovado sua ação em diferentes substratos, como o granito e o migmatito (PEREIRA *et al.*, 2000; COSTA *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2000; SILVA, 2005; BARBOSA, 2005).

2.2.1 Ciclagem de nutrientes

“Os ecossistemas têm a propriedade de regular o fluxo de energia, originalmente derivada do sol, e de regular o ciclo de nutrientes” (RAVEN *et al.*, 2001), sendo mais ou menos auto-suficientes no suprimento deles. Os nutrientes são continuamente renovados e tornam-se novamente disponíveis para o crescimento dos organismos. Como estes processos envolvem organismos vivos e ocorrem em ambiente físico, são normalmente chamados de ciclos biogeoquímicos (ODUM, 1988).

2.2.1.1 Fósforo

O fósforo é um elemento essencial à vida, pois o metabolismo dos organismos depende dele, que não poder ser substituído por nenhum outro elemento. A importância ecológica do fósforo se estende por que:

É encontrado nos organismos em concentrações maiores do que as de onde ele é retirado; participa de processos de transferência de energia, sendo componente de moléculas como o ADP e ATP; sua deficiência limita a produção e a produtividade, pois faz parte das moléculas de DNA e RNA (TSAI, ROSSETTO, 1992)

No solo o fósforo pode ocorrer nas formas inorgânicas e orgânicas. O fósforo inorgânico absorvido pelos vegetais é o ortofosfato, provindo principalmente dos minerais fluorapatita e hidroxiapatita (PINTO-COELHO, 2006). Quando orgânico, o fósforo é proveniente da decomposição vegetal e animal e de produtos metabólicos microbianos (TSAI, ROSSETTO, 1992). Dois processos importantes contribuem para a disponibilidade de fósforo orgânico à nutrição da plantas: a mineralização e a imobilização. Estes ocorrem a partir da decomposição da matéria orgânica que libera o fósforo e outros nutrientes e da utilização do fósforo disponível pelos microorganismos. O fósforo inorgânico se torna acessível às plantas quando encontrado na solução do solo (JORGE, 1972; TSAI, ROSSETTO, 1992).

O grande reservatório de fósforo é a litosfera (ODUM, 1988; TSAI, ROSSETTO, 1992). O fósforo não entra na atmosfera na forma gasosa, apenas associado à poeira, envolvendo exclusivamente o solo e a água (RICKLEFS, 2003). Estes reservatórios de fósforo sofrem transformações químicas através do intemperismo e liberam fosfatos para o ecossistema, mas grande parte é perdida para o mar. Depois de liberado das rochas o fósforo inorgânico do solo é absorvido pelos vegetais. O fósforo é devolvido ao solo ou pelos resíduos de culturas ou pelos rejeitos humanos e animais, onde são decompostos por microorganismos que utiliza parte do fósforo e libera outra parte para o solo (BRADY, 1989).

Em virtude da pouca disponibilidade de fósforo nos solos e da baixa concentração em formas disponíveis às plantas cultiváveis, a fertilização fosfatada em áreas de cultivo tem aumentado, principalmente porque em solos de regiões tropicais o fósforo encontra-se em formas pouco disponíveis às plantas (TSAI, ROSSETTO, 1992).

Estudos na área de fertilização e rendimento agrícola foram realizados por Gatiboni *et al.* (2007). Estes autores estudaram a biodisponibilidade de fósforo no solo de sistema plantio direto, adicionando diferentes quantidades deste elemento. Utilizaram solo que recebeu diferentes doses de fósforo em seis anos de cultivo e, em casa de vegetação, montaram experimentos em vasos, sem reposição deste elemento que foi absorvido pelas plantas, com quinze cultivos sucessivos. Análises de fracionamento de formas de fósforo indicaram que em longo prazo todas as formas de fósforo atuam na sustentação do fósforo absorvido pelas plantas.

Lucena *et al.* (2000) avaliaram a fertilização nitrogenada e fosfatada em culturas de milho sob condições naturais de precipitação. Foram avaliados o diâmetro caulinar, o número de grãos/espiga, o peso da espiga com e sem palha e o rendimento dos grãos, apresentando respostas positivas à aplicação de fósforo. A resposta do rendimento da cultura foi positiva até as dosagens de 111,1 kg ha⁻¹ de nitrogênio e de 197,6 kg.ha⁻¹ fósforo.

Martinazzo *et al.* (2007) acompanharam a variação temporal no teor de fósforo microbiano com a aplicação de fosfato solúvel em solo de sistema plantio direto. Detectaram que a aplicação de fosfato aumentou o teor de fósforo microbiano, sendo mais intenso quando aplicados na semeadura de soja sobre resíduos de azevém. A

imobilização do fósforo pela biomassa microbiana foi temporária e diminuiu com o desenvolvimento das culturas.

Faria *et al.* (2006) investigaram a eficiência de fosfatos naturais no cultivo de melão em experimentos com vasos. Para isso, avaliaram após 38 dias a produção de matéria seca e o fósforo absorvido pela planta. Foram utilizadas quatro fontes de fósforo em três doses diferentes. Detectaram que no Vertissolo e no Argissolo Acizentado distrófico houve menor eficiência do fosfato que no Argissolo Amarelo distrófico. O termofosfato foi a fonte de maior eficiência para a produção de matéria seca do melão.

Outros fatores influenciam na disponibilidade de fósforo nos solos, como a umidade. Nesse sentido, Costa *et al.* (2006) avaliaram diferentes níveis de umidade e doses de fosfato de potássio no intuito de entender o fluxo difuso deste elemento em distintas amostras de solo. Cinco doses deste sal foram testadas em cinco tipos de solos. O maior teor de umidade foi responsável pelo fluxo mais eficiente.

Cunha *et al.* (2007b) estimaram o teor de fósforo orgânico total e frações lábeis de fósforo do solo em florestas montana, florestas de eucalipto e em pastagens. Concluíram que em solos sob coberturas florestais foi encontrado maior teor de fósforo orgânico total e fósforo lábil do que os solos de pastagem. Em relação ao fósforo lábil, o fósforo orgânico representou 80% nos solos sob florestas naturais e 65% no solo sob eucalipto.

Uma preocupação antiga é a injeção de grandes quantidades de fósforo nos esgotos, provenientes de detergentes fosforados, que têm aumentado a quantidade de algas e plantas dos rios, provocando a eutrofização e diminuindo a capacidade de regeneração dessas áreas (RAVEN *et al.*, 2001). Lourdes *et al.* (2006) avaliaram a remoção e a concentração de fósforo no esgoto doméstico utilizando o método de escoamento superficial com diferentes taxas de aplicação. A menor taxa de aplicação foi a mais eficiente na remoção do fósforo na rampa de 8 metros. A planta removeu melhor o fósforo na taxa de aplicação de $0,36 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$. Portanto, está se tornando necessário recuperar fontes de fósforo, que antes seriam perdidas, para uso agrícola, sendo também esta medida importante na conservação dos cursos d'água.

2.3 Líquens

Líquens são seres que desenvolvem uma relação harmônica entre um fungo (micobionte) e uma alga e/ou cianobactéria (fotobionte) (NASH III, 1996; PEREIRA, 1998, MARCELLI, 2006). Devido à interação de diferentes organismos na formação do talo, a complexidade da relação é maior do que a de um indivíduo em um grupo de organismos (Fahselt, 1996).

O fungo domina a relação e necessita do carbono repassado pelo fotobionte a partir da fotossíntese. O carbono é metabolizado e ocorre, subsequentemente, a biossíntese dos metabólitos secundários de líquens (MOSBACH, 1969).

Os líquens estão taxonomicamente inseridos no Reino Fungi (HALE-Jr., 1983) e o nome dado às espécies se refere ao fungo (GREUTER *et al.*, 2003). A maior parte dos líquens é constituída pelo fungo do Filo Ascomiceto, apesar de existirem também associações com Basideomicetos e Deuteromicetos. Mais de 46% das espécies conhecidas de líquens possui o Ascomiceto como micobionte (MARCELLI, 2006).

Os fotobiontes formadores da associação líquênica pertencem a grupos unicelulares ou filamentosos de algas verdes ou cianobactérias. Mais de 20 gêneros de algas verdes estão presentes em líquens, destacando-se a *Trentepohlia*, filamentosos comum nos líquens tropicais, e os unicelulares *Trebouxia* e *Pseudotrebouxia*, ocorrendo a maior parte na forma liquenizada. As cianobactérias mais comuns nos líquens são os gêneros *Nostoc* e *Sytonema* (MARCELLI, 2006).

O conjunto fungo e alga formam uma estrutura denominada tradicionalmente de talos que pode exibir diferentes colorações. Os de algas verdes variam de branco a cinza, com toque de verde dado pela clorofila. Líquens compostos por cianobactérias exibem variações do preto, marrom e cinza-chumbo. Alguns produzem substâncias relacionadas a proteção contra excesso de luminosidade que poderia causar degradação da clorofila, apresentando o talo, ou parte dele tons de amarelo, laranja e vermelho (MARCELLI, 2006). Pereira (1998) descreve diferentes tonalidades de verde, amarelo, marrom e cinza para espécies de *Cladoniaceae* ocorrentes no Nordeste do Brasil.

O líquen produz grandes grupos de substâncias, os metabólitos primários, de ocorrência intracelular, e os metabólitos secundários, de formação extracelular. Dentre os produtos intracelulares incluem proteínas, aminoácidos, polióis, caratenóides, polissacarídeos e vitaminas que estão ligados à parede celular e ao protoplasto. Alguns

desses produtos são sintetizados pelos fungos e outros pela alga, devido à estrutura composta do talo (HAWKSWORTH, HILL, 1984, ELIX, 1996; HONDA, 2006).

O metabolismo primário em líquens inicia pela produção de carboidrato pela alga, que é transferido progressivamente para o fungo. Os polióis produzidos pela alga, ribitol, sorbitol e eritritol, processam manitol, e sua origem depende do gênero. Nas cianobactérias a produção é de glicose (NASH, 1996; HONDA, 2006).

As substâncias liquênicas podem ser provenientes da medula ou do córtex, ou ainda mais restrita, como dos apotécios, dos sorédios ou do himênio e, são quase todas de origem fenólica (HALE, 1983, PEREIRA, 1998), apresentando-se em concentrações que variam de 0,1 a 10% do peso do talo seco (HONDA & VILEGAS, 1998). São citados na literatura cerca de 630 compostos de origem do metabolismo secundário de líquens, ocorrendo uma minoria (50-60) em fungos e plantas superiores. Podem ser citados como compostos de líquens os ácidos alifáticos, meta e para-depsídeos, depsidonas, ésteres benzílicos, dibenzofuranos, xantonas, antraquinonas, ácidos úsnicos, terpenos e derivados do ácido púlvínico (PIERVITTORI *et al.*, 1994; HUNECK & YOSHIMURA, 1996; ELIX, 1996).

Muitos metabólitos secundários são derivados da via acetato polimalonato que produz os ácidos graxos, depsídeos, depsidonas e quinonas, mas alguns provêm das vias do ácido chiquímico, que produz os pigmentos amarelos, e a do ácido mevalônico com os torpenóis e os esteróis (PEREIRA 1998; ELIX, 1996; LEGAZ *et al.*, 2006).

As substâncias liquênicas têm sido utilizadas para diversos fins como na farmacologia, devido à ação antiespasmódica, espasmolítica, histamínica, hipotensiva, hipoglicemiante, neuromuscular e analgésica; na ação contra tumores sólidos do tipo sarcoma-180 e carcinoma de Ehrlich; na manufatura de cremes, os óleos essenciais; na fixação de perfumes; na coloração de tecidos (PEREIRA 1998).

2.3.1 *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr.

C. verticillaris é um líquen cladoniforme de hábito terrícola (AHTI, 1982) e foi classificado por Vainio em 1894. Pode ser encontrado da Paraíba ao Rio Grande do Sul (FLEIG *et al.* 1995), sendo considerada espécie endêmica da costa brasileira. Desenvolve estruturas de frutificação carpogênicas vegetativas variando entre 7 e 12

centímetros de altura. Está situada na classe Ascomycetes, ordem Lecanorales, família Cladoniaceae (NASH, 1996; MARCELLI, 2006). Possui alga verde unicelular como fotobionte. Tem cor verde mesclada com branco quando exposta a períodos de chuva, acizentada em condições de baixa umidade e amarronzada quando o sol incide diretamente nela. “Possui talo evanescente, podécios pouco ramificados, com cifos sobrepostos, curtos e amplos, poros nas articulações com o cifo superior” (PEREIRA, 1998), além de possuir talo esquamuloso a fruticoso com hastes que sustentam os podécios (NASH III, 1996).

2.3.2 Ciclagem mineral em líquens

Diferentemente de plantas vasculares que possuem raízes para absorção de nutrientes, os líquens dependem de nutrientes dissolvidos no ar atmosférico, embora algumas espécies sejam capazes de tomar pelas rizinas, estruturas de fixação do talo, água e metais dissolvidos no substrato. Esses nutrientes exercem grande importância no metabolismo líquênico e devem existir em limites precisos na estrutura interna do talo, podendo se tornar tóxicos quando superados os limites tolerados (LEGAZ *et al.*, 2006).

A absorção de nutrientes é feita através de íons, que quando negativos estão na forma de ácidos carboxílico e hidrocarboxílico das paredes das células e, quando positivos, são responsáveis pela capacidade de troca na parede celular dos líquens em complemento aos ânions. Na precipitação pluvial e precipitação oculta (principalmente nevoa e orvalho) são encontradas concentrações desses nutrientes como também de contaminantes que, na precipitação oculta podem ser substancialmente mais altos por ocorrer maior dissolução na água da chuva (NASH III, 1996).

Deve-se levar em consideração duas maneiras de absorção desses nutrientes: direta e indireta. Metais prontamente disponíveis na atmosfera (MOTA-FILHO *et al.*, 2007) ou no solo (LEGAZ *et al.*, 2006) são fontes de nutrientes diretas para os líquens. Por outro lado, nutrientes dispostos em ambientes como depósitos minerais (TAKALA *et al.*, 1978), apenas ficam disponíveis quando volatilizados, sendo assim, captados de forma higroscópica, indiretamente. Portanto, os líquens necessitam obter seus nutrientes e, estes são originados dos minerais captados pela alga e, em maior escala, pelo fungo (GOYAL & SEAWARD, 1982).

Silva (2007) analisando a interação de substâncias de *Cladonia salzmannii* Nyl. com o solo subjacente e plântulas de *Genipa americana* L. concluiu que o líquen libera suas substâncias para o substrato contribuindo para o aumento da população de fungos micorrízicos, promovendo uma maior interação entre eles e a rizosfera das plantas nativas, incrementado, por vezes, a fixação de nitrogênio. Os fungos micorrízicos também atuam na absorção de fósforo pelas plantas, através da mineralização de formas orgânicas e da solubilização por microorganismos quimiorganotróficos (EIRA, 1992)

Vicente *et al.* (1984) ao submeteram o líquen *Cladonia sandstedei* a um suprimento externo de uréia, o que promoveu um incremento na produção do ácido úsnico devido à ativação da urease contida em seu talo. Utilizando a uréia como nutriente para *Cladonia verticillaris*, em experimento controlado, Vasconcelos (2007) concluiu que ao borrifar a solução contendo esta substância sobre o substrato rochoso triturado, o líquen teve seu metabolismo alterado, produzindo altos teores de substâncias, inclusive metabólitos intermediários do ácido fumarprotocetrárico, seu composto principal. A maior produtividade dessas substâncias induziu a uma transformação mais pronunciada do migmatito, mas não do quartzo, por sua alta resistência ao intemperismo.

REFERÊNCIAS

AHTI, T. Evolutionary trends in cladoniform lichens. **Journ. Hattori Bot. Lab.**, v. 52, pp. 331-341, 1982.

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

ASTA, J.; ORRY, F.; TOUTAIN, F.; SOUCHIER, B.; VILLEMIN, G. Micromorphological and ultrastructural investigations of the lichen-soil interface. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 33, pp. 323-337, 2001.

BANFIELD, J. F.; BARKER, W.W.; WELCH, S. A. Biological impact on mineral dissolution: application of the lichen model to understanding mineral weathering in the rhizosphere. **Product Naturals Academy**, v. 96, pp. 3404-3411, 1999.

BARBOSA, H. M. S. **Análise do comportamento do migmatito sob atuação de *Cladonia substelata* (líquen) como fator de formação primária dos solos**. Monografia de Bacharelado, Curso de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, 2005.

BENATTI, M. N. **Os gêneros *Canomaculina*, *Parmotrema* e *Rimelia* (Parmeliaceae, Ascomycetes) no litoral centro-sul do Estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo, 2005. 403 p.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898 p.

COELHO, F. S. **Fertilidade do solo**. 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p.

COSTA, D. L. C. R.; SILVA, A. M.; ANDRADE, M. M. C.; SILVA, N. H.; MOTA-FILHO, F. O. Ação do ácido úsnico sobre amostras de granito da RMR. In: Congresso Nacional de Botânica, 51., 2000, Brasília-DF. Resumos, Brasília, 2000. pp. 78.

COSTA, J. P. V.; BARROS, N. F.; ALBUQUERQUE, A. W.; MOURA-FILHO, G.; SANTOS, J. R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, v. 10, n. 4, pp. 828-835, 2006.

CULBERSON, C. F. Improved conditions and new data for the identification of lichen products by standardized thin layer-chromatographic method. **Journal of Chromatography**, n. 72, pp. 113-125, 1972.

CUNHA; M. H. A.; SILVA, J. M. da; MOTA-FILHO, F. O.; SILVA, N. H.; PEREIRA, E. C. G. *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. para diagnóstico da salubridade do ar decorrente da extração e beneficiamento de calcário em Vertente do Lério, Pernambuco (Brasil). **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 22, pp. 49-65, 2007a.

CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; COSTA, G. S.; VELLOSO, A. C. X. Fósforo orgânico em solos sob florestas montanas, pastagens e eucalipto no norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, pp. 667-672, 2007b.

EIRA, A. F. Solubilização microbiana de fosfatos. In: CARDOSO, E.J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. pp. 243-255.

ELIX, J. A. Biochemistry and secondary metabolites. In: NASH III, T. H. **Lichen Biology**. Cambridge : Cambridge University Press/USA, 1996. pp. 154-180.

FAHSELT, D. Individuals, populations and population ecology. In: NASH III, T. H. **Lichen Biology**. Cambridge : Cambridge University Press/USA, 1996. pp. 181-198.

FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J.; PINTO, J. M.; GOMES, T. C. A. Efeito de fosfatos naturais em plantas de melão cultivadas em vasos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, pp. 1083-1091, 2006.

FLEIG, M.; AHTI, T; STENROOS, S. A família Cladoniaceae (Líquens) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Napaea**, n. 11, pp. 1-29, 1995.

GOYAL, R.; SEAWARD, M.R.D. Metal uptake in terricolous lichens. II. Effects on the morphology of *Peltigera canina* and *P. rufescens*. **New Phytologist**, n. 90, pp. 73-84, 1982.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; FLORES, J. P. C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, pp. 691-699, 2007.

GREUTER, W.; MCNEILL, J.; BARRIE, F. R.; BURDET, H. M.; DEMOULIN, V.; FILGUEIRAS, T. S.; NICOLSON, D. H.; SILVA, P. C.; SKOG, J. E.; TREHANE, P.; TURLAND, N. J.; HAWKSWORTH, D. L. (eds). **Código Internacional de Nomenclatura Botânica** (Código de Saint Louis). Adotado pelo XVI Congresso Internacional de Botânica, Saint Louis, Missouri, julho-agosto de 1999. Tradução de BICUDO, C. E. M. & PRADO, J. Instituto de Botânica (IBt), International Association for Plant Taxonomy (IAPT), Sociedade Botânica de São Paulo (SBSP). São Paulo, 2003. 162 p.

HALE-Jr., M. E. **The biology of Lichens**. 3. ed. London: Edward Arnold Pub., 1983. 90 p.

HAWKSWORTH, D. L.; HILL, D. J. **The lichen-forming fungi**. Blackie & Sons. Itd. Glasgow, 1984.

HONDA, N. K.; VILEGAS, W. A química dos líquens. **Química Nova**, v. 21, n. 6, pp. 110-125, 1998.

HONDA, N. K. A natureza das substâncias produzidas por líquens. In: XAVIER-FILHO, L.; LEGAZ, M. E.; CÓRDOBA, C. V.; PEREIRA, E. C. G. **Biologia de Líquens**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 2006. pp. 343-388.

The World Factbook da CIA. Disponível em:
<<http://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/xx.html#People>>
Acesso em: 10 de janeiro de 2009.

HUNECK, S.; YOSHIMURA, I. **Identification of lichen substances**. Berlin: Springer Verlag, 1996. 504p.

JORGE, J. A. Fósforo. In: MONIZ, A. C. Elementos de pedologia. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, 1972. pp. 191-197.

LEGAZ, M. E.; XAVIER, F. L.; VICENTE, Y. C. **Acciones alelopáticas de los Líquenes**. João Pessoa: UFPB, 1986. 91 p.

LEGAZ, M. E.; MILLANES, A. M.; CÓRDOBA, C. V. Fisiologia dos Líquens. In: XAVIER-FILHO, L.; LEGAZ, M. E.; CÓRDOBA, C. V.; PEREIRA, E. C. G. **Biologia de Líquens**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 2006. pp. 145-252.

LOURDES, A. P. S.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; CECON, P. R.; PEREIRA, O. G. Remoção de fósforo m sistema de tratamento de esgoto doméstico, por escoamento superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, pp 706-714, 2006.

LUCENA, L. F. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F. ANDADE, A. P. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, pp. 334-337, 2000.

MARCELLI, M. P. Fungos Liquezados. In: XAVIER-FILHO, L.; LEGAZ, M. E.; CÓRDOBA, C. V.; PEREIRA, E. C. G. **Biologia de Liquez**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 2006. pp. 23-74.

MARTINAZZO, R.; SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, pp. 563-570, 2007.

MOSBASH, K. Biosynthesis of the lichen substances, products of a symbiotic association. **Angewandte Chemie, International Edition**, n. 8, pp. 240-50, 1969.

MOTA-FILHO, F. O.; PEREIRA, E. C. G.; LIMA, E. S.; SILVA, N. H. da S.; FIGUEIREDO, R. C. B. Influência de poluentes atmosféricos em Belo Jardim (PE) utilizando *Cladonia verticillaris* (líquen) como biomonitor. **Química Nova**, v. 30, n. 5, pp.1072-1076, 2007.

NASH III, T. H. **Lichen Biology**. Cambridge: Cambridge University Press/USA, 1996. 303 p.

ODUM, E. The emergence of ecology as a new integrative discipline. **Science**, n. 195, pp.1289-1293, 1977.

ODUM, E. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434 p.

OLIVEIRA, M. A. G. S. **Qualidade do ar em área industrial, utilizando *Cladonia verticillaris* como biomonitor**. Monografia de Graduação, Curso de Bacharelado em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, 2007.

PEREIRA, E. C. G. **Produção de metabólitos por espécies de Cladoniaceae. (líquen) a partir de imobilização celular.** Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, 1998. 240 p.

PEREIRA, E. C. G.; 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.** In: Reunião Anual da SBPC, 52. Brasília-DF, 2000. Resumo em CD ROM, 2000.

PIERVITTORI, R.; SALVADORI, O.; LACCISAGLIA, A. Literature on lichens and biodeterioration of stone-work. **Lichenologist**, n. 26, pp. 171-192. 1994.

PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos em ecologia.** Porto Alegre: Artmed, 2006. 252 p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906 p.

REICHART, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações.** Barueri: Manole, 2004. 478 p.

RICKLEFS, R. **A economia da Natureza.** 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 503 p.

SANTOS, M. **Por uma Outra Globalização: do pensamento único à consciência universal.** 6. ed. Rio de Janeiro: Record, 2001. 174 p.

SEDIA, E. G.; EHRENFELD, J. G. Differential effects of lichens, mosses and grasses on respiration and nitrogen mineralization in soils of the New Jersey Pinelands. **Community Ecology**, n. 144, pp.137-147, 2005.

SILVA, A. M.; SILVA, N. H.; PEREIRA, E. C. G.; MOTA-FILHO, F. O.; COSTA, D. L. C. R.; LIMA, E. S. **Ação da atranorina da *Cladina dendroides* (líquen) sobre estruturas rochosas.** In: Congresso de Iniciação Científica da UFPE – CONIC, Recife-PE, 2000. Resumos vol. II, 2000. p. 63.

SILVA, F. P. **Influência de *Cladonia salzmannii* na ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em rizosfera e desenvolvimento de plântulas.** Dissertação de Mestrado, Mestrado em Bioquímica, Universidade Federal de Pernambuco. 2007. 90 p.

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, 2005.

TAKALA, K.; KAURANEN, P.; OLKKONEN, H. Fluorine content of two lichen species in the vicinity of a fertilizer factory. **Annales Botanici Fennici**, n.15, pp. 158-167, 1978.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de textos, 2003. 558 p.

TSAI, S. M.; ROSSETTO, R. Transformações microbianas do fósforo. In: CARDOSO, E.J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. pp. 231-242.

VASCONCELOS, T. L. **Efeito do Suprimento exógeno de uréia na produção de substâncias degradadoras do migmatito pelo líquen *Cladonia verticillaris* (Radi) Fr.** Monografia de Graduação, Curso de Bacharelado em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, 2007. 19 p.

VICENTE, C.; LEGAZ, M. E.; ARRUDA, E. C.; XAVIER FILHO, L. The utilization of urea by the lichen *Cladonia sandstedei*. **Journal of Plant Physiology**, n. 115, pp. 397- 404, 1984.

WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global.** Trad. Anna Terzi Giova, Hildegard T. Backup. São Paulo: EPU, 1986. 325 p.

3 RESULTADOS

Artigos a serem submetidos à publicação

3.1 Periódico Acta Botanica Brasilica

Influência do fósforo no metabolismo e produção de substâncias do líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr.¹

Talitha Lucena de Vasconcelos²; Eugênia Cristina Gonçalves Pereira^{2,*};
Nicácio Henrique da Silva³; Maria do Socorro Bezerra de Araújo²;
Emerson Peter da Silva Falcão⁴

RESUMO – (Influência do fósforo no metabolismo e produção de substâncias do líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr.). Os líquens absorvem do ar atmosférico nutrientes responsáveis pelo seu metabolismo, mas quando em excesso ou em falta provocam danos na síntese dos fenóis produzidos por eles. Foi objetivo deste trabalho, avaliar a influência do fosfato como nutriente adicionado no solo ou borrifado sobre o talo de *C. verticillaris*, no metabolismo deste líquen. Foram montados 2 experimentos, um com tufo de líquen sobre o solo, e outro apenas com tufo de líquen. Os experimentos foram mantidos por 5 meses, sendo feito borrifos de solução de fosfato de potássio sobre o solo do experimento 1 e no líquen do experimento 2 em três concentrações, 0,1%, 1% e 10%. Nos dois sistemas de tratamento foram mantidas cúpulas controle, com borrifo de água deionizada. Coletas foram feitas aos 15 dias e depois mensalmente. Extratos obtidos do líquen e do solo foram avaliados por Cromatografia Líquida de Alta eficiência (CLAE). No experimento 1 o fosfato adicionado ao solo provocou uma modificação no metabolismo da espécie, reduzindo a produção dos ácidos protocetrárico e fumarprotocetrárico. No experimento 2 o líquen metabolizou PRO e FUM em concentração superior quando sob influência do fosfato, sugerindo que o líquen absorve melhor este elemento quando em contato direto com talo.

Palavras chave: *Cladonia verticillaris*, fósforo, ácido fumarprotocetrárico.

ABSTRACT – (Influence of phosphorus in the metabolism and production of substances of lichen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr.). Lichens absorb from

¹ Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco

² Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Departamento de Geografia

³ Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Bioquímica

⁴ Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Departamento de Biologia

* Autor para correspondência: eugenia.pereira@pq.cnpq.br

atmospheric air nutrients responsible for their metabolism, but when it is in excess or absence cause damage in the synthesis of phenols produced by them. The objective of this work was to evaluate the influence of phosphate as nutrient added to soil or sprayed on the thallus of *C. verticillaris*, in the metabolism of this lichen. Two experiments were mounted, one with tufts lichen on the soil, and other with only tufts lichen. The experiments were maintained for 5 months, being done spray solution of potassium phosphate on the soil of the experiment 1 and at the lichen of experiment 2 at three concentrations, 0,1%, 1% e 10%. At the two treatment systems domes had been kept at control, with sprayed of deionized water. Samples were collected after 15 days and after each month. Extracts obtained from lichen and soil were evaluated by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). In experiment one the phosphate added to the soil caused a modification in the metabolism of the species, reducing the production of protocetraric and fumarprotocetraric acids. In experiment two, the lichen synthesized PRO and FUM in higher concentration when under the influence of phosphate, suggesting that the lichen absorbs better this element when in direct contact with thallus.

Key Words: *Cladonia verticillaris*, phosphorus, fumarprotocetraric acid.

Introdução

Líquens caracterizam-se por possuírem dois organismos vivendo harmonicamente numa relação simbiótica, uma alga ou cianobactéria (fotobionte) e um fungo (micobionte) (Nash 1996; Marcelli 2006). Estes seres dependem de nutrientes dissolvidos no ar atmosférico para sua nutrição, podendo algumas espécies absorver pelas rizinas água e metais dissolvidos no substrato. Esses nutrientes exercem grande importância no metabolismo líquênico e

devem existir em limites precisos na estrutura interna do talo, podendo se tornar tóxicos quando superados os limites tolerados (Legaz *et al.* 2006).

Nesse contexto o fósforo, macronutriente, está disponível, quase que exclusivamente, na litosfera e é liberado para os solos à medida que atua o intemperismo (Odum 1988; Tsai & Rossetto 1992). Este elemento é largamente utilizado como fertilizante de culturas comerciais (Gatiboni *et al.* 2007; Lucena *et al.* 2000), pois garante a

produtividade, apesar de existirem grandes perdas por lixiviação.

Por isso, atualmente, há grande preocupação dos liquenologistas nos impactos sobre micota liquenizada, que vêm sendo afetada por diferentes meios, principalmente pela degradação do ecossistema onde essas populações estão inseridas, por desmatamentos ou queimadas; pelo avanço de culturas agrícolas, que utilizam agrotóxicos e fertilizantes que chegam às áreas de habitat dos líquens; pela poluição atmosférica elevada.

As substâncias do metabolismo secundário dos líquens são diretamente afetadas por essas mudanças no meio ambiente, e sua rota na ciclagem dos nutrientes pode ser interferida, tendo prejuízos estendidos para outros seres que se favorecem com as substâncias liquênicas.

Cladonia verticillaris, líquen Cladoniforme de hábito terrícola (Ahti 1982), forma extensas colônias da Paraíba ao Rio Grande ao Sul (Ahti *et al.*, 1993, Fleig *et al.* 1995) sobre solos de areia quartzosa provenientes do intemperismo do Arenito Beberibe. Tem como principais substâncias a atranorina (ATR) derivada da via acetato polimalonato e o ácido fumarprotocetrárico (FUM) derivado da

ATR (Pereira 1998; Elix 1996; Legaz *et al.* 2006).

Nesse sentido, foi objetivo deste trabalho avaliar o comportamento do metabolismo das substâncias secundárias de *C. verticillaris*, sob influência do fósforo inserido direta ou indiretamente no ciclo de nutrientes desta espécie.

Material e métodos

O material liquênico e o solo foram coletados sobre tabuleiros costeiros no município de Mamanguape-PB (figura 1).

Dois experimentos foram montados (figura 2), sendo o primeiro composto por três cúpulas com 10g de líquen dispostos sobre 1,5 kg de solo. O solo foi borrifado de 15 em 15 dias com solução de fosfato de potássio a 0,1%, 1% e 10%. Manteve-se também uma cúpula controle com borrifo apenas de água deionizada. O segundo experimento foi composto por três cúpulas com 7g de líquen, que receberam borrifos de solução de fosfato diretamente no talo na mesma concentração do experimento 1. Além disso, uma cúpula controle também foi mantida com água deionizada. Coletas do material liquênico foram realizadas a 15 dias, e depois mensalmente até o quinto mês de experimento.

Para obtenção dos extratos orgânicos, amostras de *C. verticillaris*

(1g) foram submetidas a extrações sucessivas com éter dietílico, clorofórmio e acetona à temperatura ambiente ($28 \pm 3^\circ\text{C}$). As infusões foram mantidas por 1h em agitador mecânico e acondicionada por 24h a 10°C e, posteriormente filtradas. Os extratos foram evaporados à temperatura ambiente e mantidos em dessecador até manutenção do peso constante.

O isolamento do FUM foi realizado a partir 60g do talo de *C. verticillaris* com duas extrações sucessivas com éter dietílico (350mL) e acetona (350mL), em

agitador mecânico por 1h, sendo mantido sob temperatura de -4°C durante 24 h.

O extrato foi concentrado para a metade do seu volume em rotavapor à temperatura máxima de 40°C e, mantido na geladeira até o aparecimento de um precipitado branco. Este precipitado foi filtrado e levado ao dessecador, até peso constante. Posteriormente foram dissolvidos em acetona para novas recristalizações e maior purificação (Asahina & Shibata 1954 modificado por Pereira 1998).

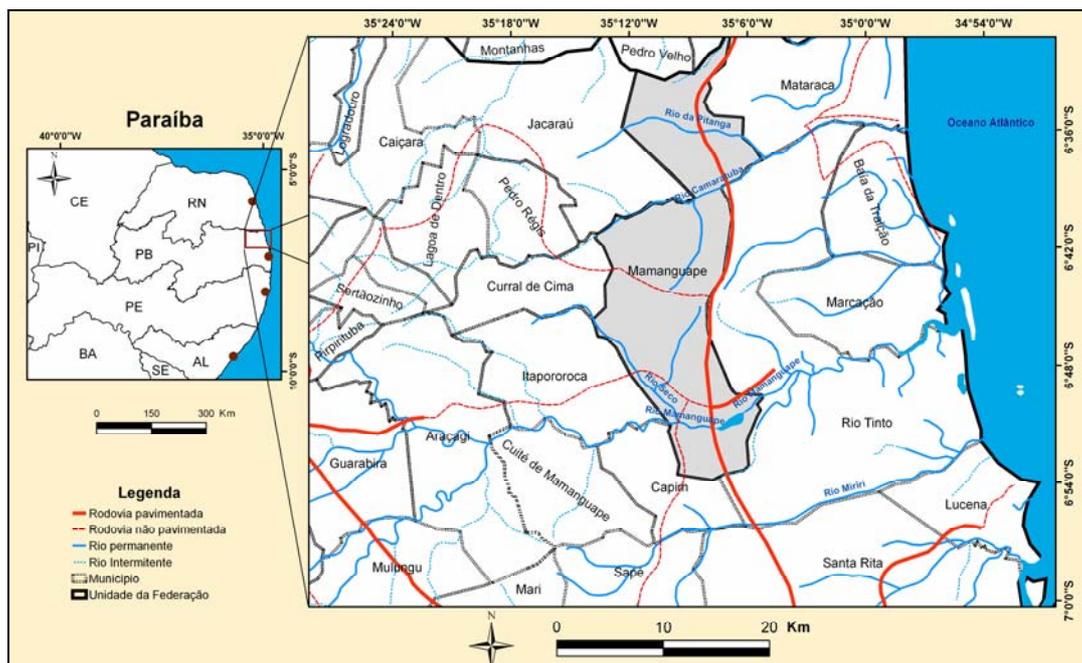


Figura 1: Mapa de localização geográfica do município de Mamanguape-PB. Fonte IBGE, 2009. Autor: André Luiz Abreus de Moura.



Figura 2: Experimentos sob condições laboratoriais. A - experimento com tufos liquênicos sobre solo submetidos a diferentes concentrações de fosfato de potássio; B – experimento com tufos liquênicos submetidos a diferentes concentrações de fosfato de potássio.

Os extratos orgânicos do líquen e dos padrões (10 μ L a 0,5 mg/mL) foram submetidos a CLAE (Cromatografia Líquida em Alta Eficiência). Os ensaios em CLAE foram realizados em cromatógrafo HITACHI modelo 655A-11, acoplado a um detector de UV, modelo CG437-B. As condições de cromatografia foram realizadas de acordo com a metodologia de Legaz & Vicente (1983): coluna de fase reversa MicroPack MCH-18 de 300 \times 4mm com volume de 20 μ L; fase móvel isocrática (metanol : água deionizada: ácido acético 80:19,5:0,5 v/v); pressão de 88 atm e temperatura ambiente de (28 \pm 3°C); detector de UV regulado a 254nm. Os resultados foram avaliados mediante a determinação do tempo de retenção (TR) das substâncias na coluna e as áreas dos picos, respectivamente.

Para obtenção das curvas de calibração (figura 3) do PRO e FUM, utilizou-se o software OriginPro 8. Foram

inseridos os dados de concentração e áreas dos picos, obtidos por CLAE, numa planilha para criação da equação da reta. Esta foi utilizada para calcular a concentração dos ácidos nas amostras submetidas às condições experimentais.

Resultados e discussão

Experimento 1

Os extratos do líquen *C. verticillaris* foram avaliados mediante tempo de retenção das substâncias padrão por CLAE. Os dados da tabela 1 mostram que o ácido protocetrárico (PRO) apresentou tempo de retenção 3,92min e o ácido fumarprotocetrárico (FUM) de 4,15min. Este método permite analisar compostos de baixa volatilidade ou de baixa estabilidade térmica, além de possibilitar a separação de compostos de várias classes químicas (Honda 2006). Feige *et al.* (1993) analisaram 331 compostos de

líquens, demonstrando a eficiência da técnica.

Comparada a produção do FUM e do PRO, a primeira sempre esteve em teores superiores aos da segunda, com concentração acima de 0,0005 mg/mL, nas amostras analisadas de todo o experimento. Apesar dessa diferença na concentração dos dois ácidos, estes apresentaram a mesma tendência, iniciando o experimento em baixas concentrações, aumentando no terceiro mês e baixando novamente no quinto mês (figuras 4 e 5). O tempo de retenção dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* no terceiro mês, bem como a área do pico obtida por CLAE, demonstrou a produção do PRO e do FUM que esteve em teores mais elevados que nos outros meses considerados (figura 6).

A concentração do PRO e do FUM nas amostras controle do líquen indicou que esta, de maneira geral, foi maior que a dos tratamentos com fosfato. Apenas no quinto mês a amostra controle para PRO, e no décimo quinto dia para o FUM teve sua concentração inferior a das amostras com fosfato.

Os baixos valores iniciais da concentração dos ácidos podem estar relacionados com o estresse do confinamento do líquen, que passou a produzir FUM e PRO em maior quantidade nos meses subsequentes,

como forma de adaptação às novas condições de ambiente.

As condições microclimáticas do ambiente parecem ser importantes para o funcionamento de *C. verticillaris* (Legaz *et al.* 1986), que, quando acondicionada, depois de coletada em ambiente natural, pode ter a biossíntese do FUM incrementada. Martins (dados não publicados) analisando amostras de líquens recém coletadas e antigas indicaram que a produção dos compostos majoritários, o FUM de *C. verticillaris* e o ácido barbático de *C. salzmannii*, foram superiores na material antigo, destacando-se os extratos acetônicos de *C. verticillaris*. Além disso, este fato sugere que a idade dos talos do líquen pode ter influenciado positivamente no teor de seus principais compostos.

De maneira geral, sob influência do fosfato a 0,1%, os compostos liquênicos parecem ter sido metabolizados em teores superiores aos do líquen submetido a 1% de fosfato durante todo período de experimento (figuras 4 e 5). A concentração das amostras sob influência de fosfato chegou a ser maior do que a do controle submetido apenas à água deionizada no quinto mês para o PRO e no décimo quinto dia para o FUM, como confirmado anteriormente. Pode-se sugerir, portanto que o fosfato de potássio influenciou negativamente na biossíntese

dos compostos liquênicos analisados, inibindo, com o aumento da concentração do fosfato, a produção do FUM e do PRO.

As amostras a 10% de fosfato não foram analisadas, pois a 3 meses de experimento o talo liquênico foi coberto

por uma espécie de fungo não identificada, sendo esta amostra descartada. Provavelmente esporos desse fungo estavam aderidos às partículas de areia do solo, e em condições de umidade nutrientes favoráveis puderam se desenvolver sobre o talo do líquen.

Tabela 1: Padrões PRO e FUM de *C. verticillaris* submetidos à CLAE.

Substância	Concentração (µg/mL)	Área do pico	Tempo de Retenção (min)
FUM	2,689543	80,16	4,15
PRO	1,688296	581,29	3,92

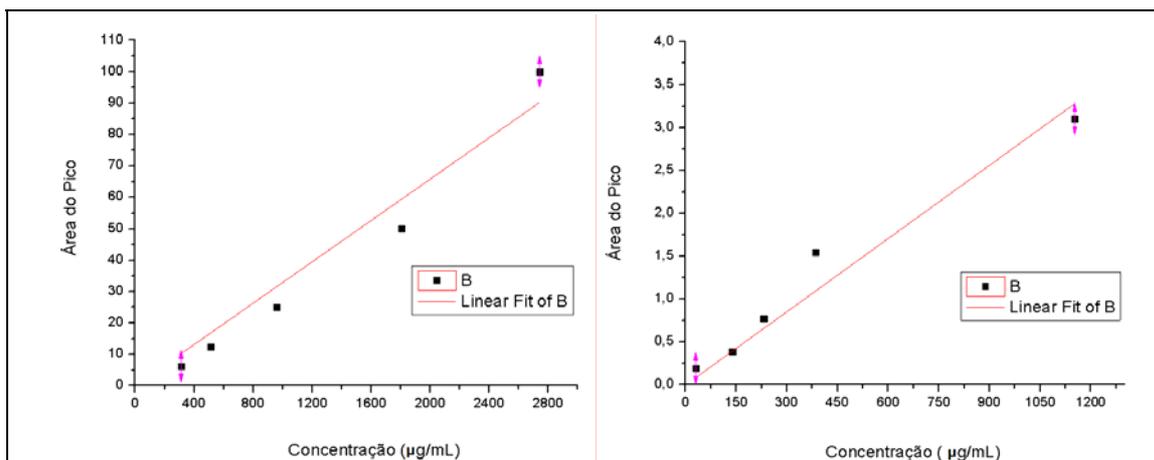


Figura 3: Curvas de Calibração PRO (A) e FUM (B). PRO - erro padrão = 25069,95346, R= 0,97404, Equação da reta: $X=Y/344305,79313$; FUM: erro padrão = 2109,52575, R= 0,97544, Equação da reta: $X=Y/29804,31701$.

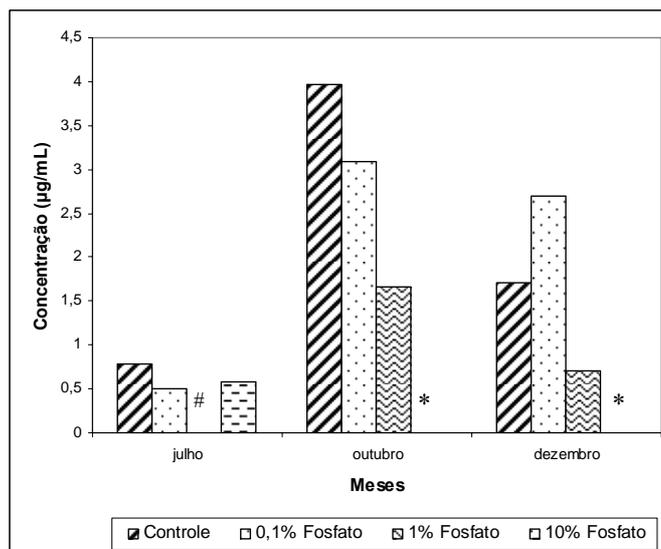


Figura 4: Concentração em µg/mL do PRO nos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetidas ou não ao fosfato de potássio. # - Extrato do líquen a 1% de fosfato no décimo quinto dia não foi detectado por CLAE. - Amostras perdidas no terceiro mês por contaminação de uma espécie de fungo não identificada.

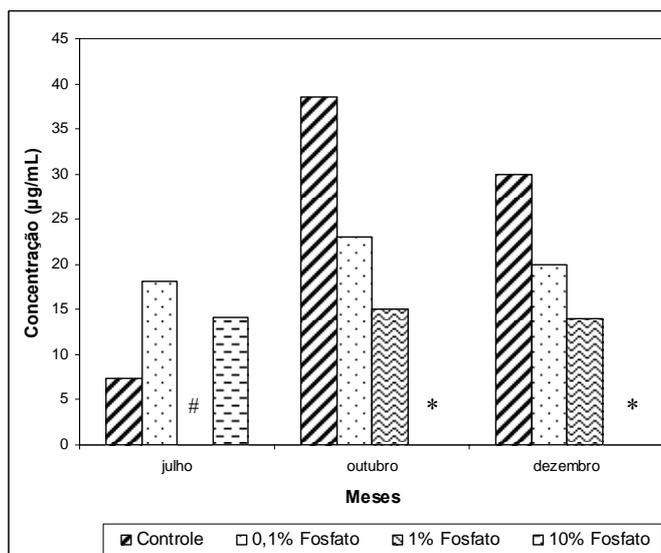


Figura 5: Concentração em µg/mL do FUM nos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetidas ou não ao fosfato de potássio. # - Extrato do líquen a 1% de fosfato no décimo quinto dia não foi detectado por CLAE. * - Amostras perdidas no terceiro mês por contaminação de uma espécie de fungo não identificada.

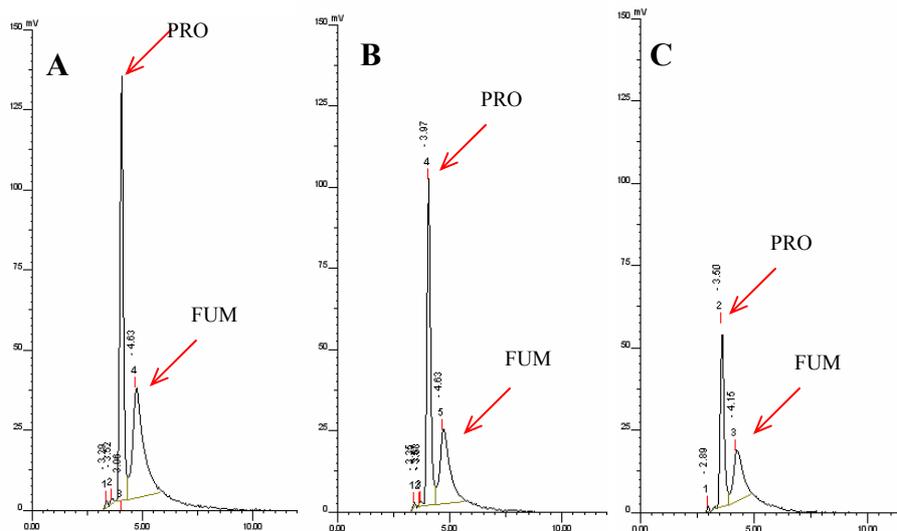


Figura 6: Picos referentes ao tempo de retenção do PRO e do FUM nos extratos orgânicos de *C. verticillaris* obtidos por CLAE aos três 3 meses de experimento. A-controle, B-0,1% de fosfato, C-1% de fosfato.

Experimento 2

A análise em CLAE dos extratos orgânicos de *Cladonia verticillaris* demonstrou que a concentração do PRO nas amostras analisadas foi sempre inferior à do FUM. Além disso, a amostra controle manteve concentrações mais baixas do que a das amostras com tratamento de fosfato para o PRO e para o FUM.

Ao analisar as concentrações de PRO aos quinze dias percebeu-se que a amostra a 0,1% de fosfato obteve a maior concentração, ficando as outras amostras com tratamento de fosfato abaixo desta e da amostra controle (figura 7).

No terceiro mês o PRO registrou maior concentração quando sob influência do fosfato a 10% (0,004 mg/mL), enquanto as amostras com

outras concentrações de fosfato apresentaram teores de PRO muito inferiores, inclusive a amostra controle que recebia apenas água deionizada (figura 7).

No final do experimento a concentração do PRO na amostra com fosfato a 0,1% volta a ser maior em relação às outras do mesmo mês. A amostra a 1% apresentou concentração mais expressiva se comparada aos meses anteriores (figura 7).

O FUM no início do experimento obteve elevadas concentrações quando sob influência do fosfato, com destaque para as amostras a 0,1 e 1% deste elemento que tiveram teores acima de 0,05mg/mL (figura 8). No terceiro mês a concentração do FUM nas amostras a 10% de fosfato e a controle aumentou,

ficando as outras tratadas com fosfato abaixo delas (figura 8).

superiores a da amostra controle (figura 8).

No último mês todas as amostras com influência de fosfato tiveram concentrações de FUM elevadas,

A figura 9 mostra os tempos de retenção do PRO e do FUM nas amostras do quinto mês.

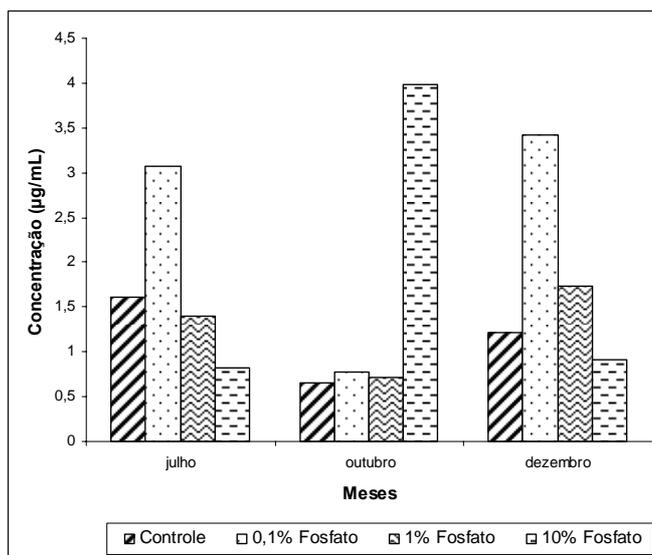


Figura 7: Concentração em µg/mL do PRO nos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetidas ou não ao fosfato de potássio.

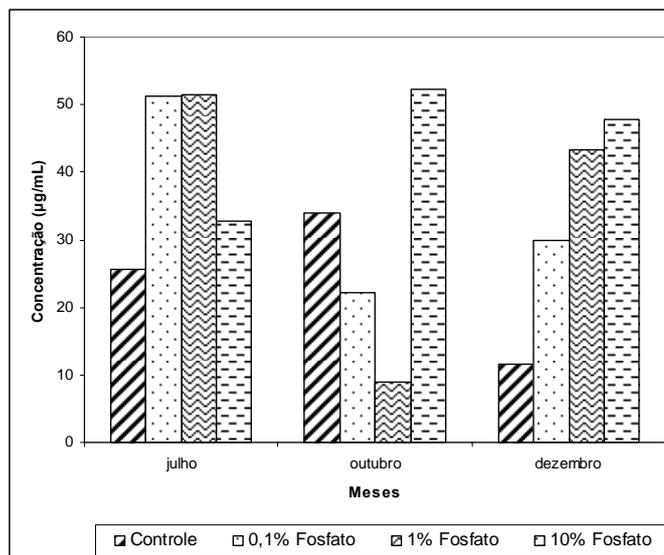


Figura 8: Concentração em µg/mL do FUM nos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetidas ou não ao fosfato de potássio.

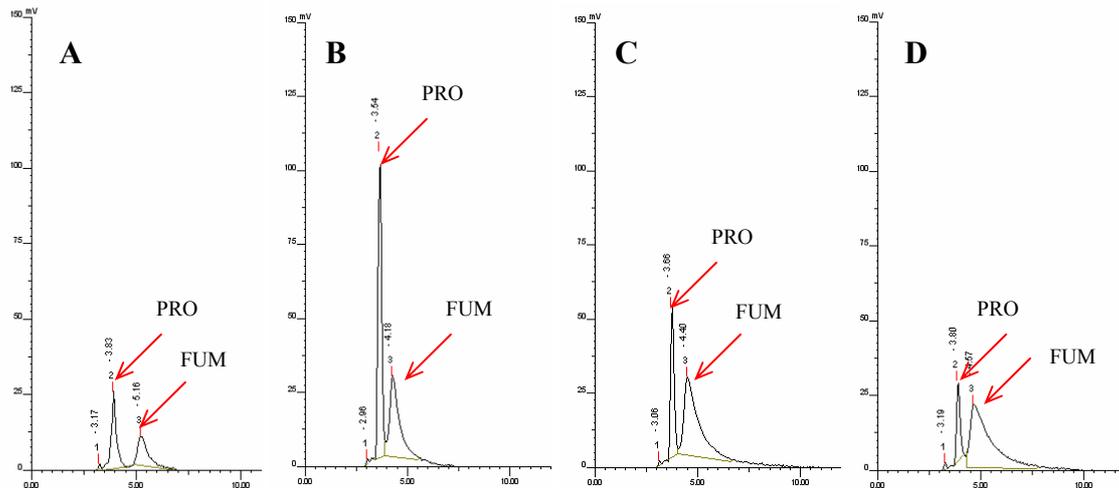


Figura 9: Picos referentes ao tempo de retenção do PRO e do FUM nos extratos orgânicos de *C. verticillaris* obtidos por CLAE no quinto mês de experimento. A-controle, B-0,1% de fosfato, C-1% de fosfato, D-10% de fosfato.

Quando comparadas as concentrações das amostras do experimento 1 com as do experimento 2 percebeu-se que a influência do fosfato de potássio na produção de substâncias majoritárias de *C. verticillaris* foi negativa quando o líquen estava em contato com o solo. Neste experimento o líquen pode ter absorvido do solo outros fosfatos menos solúveis, ou estes não estavam disponíveis a ele, o que levou a uma menor concentração de PRO e FUM no líquen. Este elemento aplicado diretamente ao talo indicou uma melhor absorção do nutriente, conseqüentemente, maiores teores de FUM e PRO foram encontrados.

Os dados obtidos sugerem, portanto, que o líquen interagiu tanto com as substâncias do solo subjacente a ele como com a atmosfera local. Pela tendência observada nas concentrações

do PRO e do FUM no experimento 1, o líquen com influência de fosfato a 10% poderia ter apresentado concentrações ainda mais baixas de FUM e PRO, caso tivesse continuado no experimento. No experimento 2 a concentração do FUM parece ser maior do que no experimento 1 atingindo teores maiores que 0,05mg/mL quando sob influência do fosfato a 10%. Análises de CLAE foram eficientes para visualizar a variação das concentrações das principais substâncias de *C. verticillaris*.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida à primeira autora e pela bolsa

de produtividade concedida à Eugênia Cristina Gonçalves Pereira.

Referências bibliográficas

- Ahti, T. 1982. Evolutionary trends in cladoniform lichens. **Journ. Hattori Bot. Lab** 52: 331-341.
- Ahti, T. S.; Xavier-Filho, L. 1993. The lichen family Cladoniaceae in Paraíba, Pernambuco and Sergipe, northeast Brazil. **Tropical Biology**, 7:55-70.
- Asahina, Y. & Shibata, S. 1954. **Chemistry of lichen substances**. Tokio: Japanese Society for the Promotion of Science.
- Elix, J.A. 1996. Biochemistry and secondary metabolites. Pp. 154-180. In: Nash III, T. H. **Lichen Biology**. Cambridge: Cambridge University Press/USA.
- Feige, G. B.; Lumbsch, H.T.; Huneck, S.; Elix, J.A. 1993. The identification of lichen substances by a standardized high-performance liquid chromatographic method. **J. Chromatogr** 646: 417-427.
- Feig, M.; Ahti, T; Stenroos, S. 1995. A família Cladoniaceae (Líquens) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Napaea** 11: 1-29.
- Gatiboni, L.C.; Kaminski, J.; Rheinheimer, D.S.; Flores, J.P. C. 2007. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 31: 691-699.
- Honda, N.K. 2006. A natureza das substâncias produzidas por líquens. Pp. 343-388. In: Xavier-Filho, L.; Legaz, M.E.; Córdoba, C.V.; Pereira, E.C.G. **Biologia de Líquens**. Rio de Janeiro, Âmbito Cultural.
- Legaz, M.E.E.; Vicente, C. Endogenous inactivators of arginase, arginine decarboxilase and agmatine amidinohydrolase. 1983. In: *Evernia prusnatri* thallus. **Plant Physiologie** 71: 300-302.
- Legaz, M. E.; Xavier-Filho, L.; Vicente, Y. C. 1986. **Acciones alelopáticas de los Líquenes**. João Pessoa, UFPB.
- Legaz, M.E.; Millanes, A.M.; Córdoba, C.V. 2006. Fisiologia dos Líquens. Pp. 145-252. In: Xavier-Filho, L.; Legaz, M.E.; Córdoba, C.V.; Pereira, E.C.G. **Biologia de Líquens**. Rio de Janeiro, Âmbito Cultural.
- Lucena, L.F.C.; Oliveira, F.A.; Silva, I.F. Andade, A.P. 2000. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 4, 3:334-337.
- Marcelli, M.P. 2006. Fungos Liquenizados Pp. 23-74. In: Xavier-Filho, L.; Legaz, M.E.; Córdoba, C.V.; Pereira, E.C.G. **Biologia de Líquens**. Rio de Janeiro, Âmbito Cultural.
- Nash III, T. H. 1996. **Lichen Biology**. Cambridge, Cambridge University Press/USA. 303 p.
- Odum, E. 1988. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan. 434 p.
- Pereira, E. C. G. 1998. **Produção de metabólitos por espécies de Cladoniaceae. (líquen) a partir de imobilização celular**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco. 240 p.
- Tsai, S. M.; Rossetto, R. 1992. Transformações microbianas do fósforo. Pp. 231-242. In: Cardoso, E.J. B. N.; Tsai, S. M.; Neves, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

3.2 Periódico Revista Brasileira de Ciência do Solo

MODIFICAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SOLO SUBJACENTE AO LÍQUEN *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. SOB INFLUÊNCIA DO FÓSFORO ⁽¹⁾

Talitha Lucena de Vasconcelos ⁽²⁾; Eugênia Cristina Gonçalves Pereira ^(2,*);
Nicácio Henrique da Silva ⁽³⁾; Maria do Socorro Bezerra de Araújo ⁽²⁾;
Emerson Peter da Silva Falcão ⁽⁴⁾

RESUMO

Os líquens participam de uma diversidade de interações com o meio ambiente. Agem sobre rochas e solos liberando seus ácidos, absorvem do ar atmosférico e do solo nutrientes para seu metabolismo. Objetivou-se neste trabalho avaliar a influência do fósforo na produção das substâncias de *Cladonia verticillaris* e estas como modificadoras da composição química do solo subjacente a esta espécie. Um experimento foi montado em laboratório com tufo de líquen sobre o solo de origem e outro apenas com o solo, mantidos por 5 meses. Este material foi distribuído em três cúpulas, para cada experimento, sendo o solo borrifado com solução de fosfato de potássio a diferentes concentrações a cada 15 dias. Foi mantida uma cúpula controle, em cada experimento, que recebeu apenas água deionizada. Coletas do líquen e do solo foram realizadas a 15 dias e depois a cada mês. Os extratos obtidos do líquen e do solo foram avaliados por Cromatografia em Camada Delgada (CCD) e Espectrofotometria. Amostras de solo foram submetidas à avaliação da fertilidade no início e ao final do experimento. O líquen produziu suas substâncias principais durante todo o experimento e repassou-as para o solo modificando a sua composição química. Por isso, maior quantidade de bases trocáveis e de metabólitos secundários foi encontrada em solo com líquen e o pH dele manteve-se próximo à neutralidade.

⁽¹⁾ Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco.

⁽²⁾ Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Departamento de Geografia.

⁽³⁾ Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Bioquímica.

⁽⁴⁾ Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Departamento de Biologia.

^(*) Autor para correspondência: eugenia.pereira@pq.cnpq.br

Termos de indexação: fosfato de potássio, ácido fumarprotocetrárico, capacidade de troca de cátions.

SUMMARY: MODIFICATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE SOIL UNDERLYING THE LICHEN *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. UNDER THE INFLUENCE OF PHOSPHORUS

*The lichens participate in a variety of interactions with the environment. Acting on rocks and soils releasing their acids, absorb of atmospheric air nutrients from the soil for its metabolism. The objective of this work was to evaluate the influence of phosphorus in the production of substances as modify *Cladonia verticillaris* chemical composition of him subjacent soil. One experiment was mounted with tufts lichen on the soil of origin and other just with soil maintained them for 5 months. This material was distributed in three domes, to each one, being the soil spray with solution of potassium phosphate at different concentrations every 15 days. It was maintained one dome control, to each one, that received only deionized water. Collections of lichen and soil were performed 15 days and after each month. The extracts obtained from lichen and soil were evaluated by Thin Layer Chromatography (TLC) and spectrophotometer Soil samples were submitted to the assessment of fertility at the beginning and end of the experiment. The lichen produced its major substances throughout the experiment, lixiviate them for the soil in larger quantities than that found in thallus. Therefore, the greater quantity of exchanged bases and secondary metabolites was found in soil with lichen and pH his maintained close to neutrality.*

Index Terms: potassium phosphate, fumarprotocetraric acid, capacity exchange cations.

INTRODUÇÃO

Líquens são resultantes da simbiose entre uma ou mais algas e um fungo (NASH III, 1996). Para Benatti (2005) e Marcelli (2006) a liquenização é o processo onde um fungo, o micobionte, abriga populações de algas ou cianobactérias. Estes seres contribuem para o desenvolvimento de solos a partir do intemperismo de rochas, seja através da ação mecânica de suas rizinas, triturando-as fisicamente, ou quimicamente a partir de seus ácidos, lançados no substrato para transformação mineral (PIERVITTORI *et al.*, 1994).

É referida na literatura a melhor capacidade que líquens folícolas têm de captar partículas do solo em relação ao de tipo fruticoso (CALVELO *et al.*, 1997). Mas, estudos feitos com espécies de Cladoniaceae de hábito fruticoso e endêmicas da costa leste brasileira (AHTI *et al.*, 1993), têm demonstrado que as substâncias principais desses líquens interagem com cátions disponíveis no solo.

Neste sentido Pereira *et al.* (2000) observaram a ação do ácido fumarprotocetrárico (FUM) de *Cladonia verticillaris* sobre amostras de granito, e mostraram que a interação dessa substância com a rocha ocorre nas primeiras 24 horas de incubação. A ação

da atranorina (ATR) dessa espécie de líquen foi relatada por Silva *et al.* (2000) no granito indicando a formação de quelatos. Amostras de migmatito foram testadas sob a ação do FUM de *Cladonia verticillaris* por Silva (2005) e este autor constatou que o aumento da temperatura influenciou na velocidade das reações de quelação.

Vasconcelos (2007) investigou a ação da uréia no metabolismo desta espécie sobre substrato de rocha migmatítica. O nutriente adicionado modificou a síntese do ácido fumarprotocetrárico (FUM) que foi lixiviado para o solo e o acúmulo de substâncias intermediárias do FUM, verificado por Cromatografia em Camada Delgada, pode ter ocorrido pela absorção e íons minerais da rocha ou pelo processo de quelação.

Os líquens também participam da ciclagem de nutrientes ativamente, captando-os da atmosfera para o seu metabolismo. Vicente *et al.* (1984) submeteram o líquen *Cladonia sandstedei* à uréia e concluíram que esta substância promoveu um aumento na produção do ácido úsnico, devido a ativação da urease contida em seu talo.

Testes de biomonitoramento da qualidade do ar têm comprovado a eficaz absorção de elementos químicos dispostos no ar pelos líquens. Silva (2000), Oliveira (2007) e Mota-Filho *et*

al. (2007) constataram que *Cladonia verticillaris* captou do ar elevados níveis de poluentes, que quando em excesso na estrutura do talo promoveram um distúrbio no seu metabolismo.

Somado a esses estudos, tem-se percebido que as substâncias de líquens podem modificar a química do solo em que habitam, inclusive a sua fertilidade. Analisando a interação de substâncias de *Cladonia salzmannii* Nyl. com o solo subjacente e plântulas de *Genipa americana* L. Silva (2007) concluiu que o líquen libera suas substâncias para o substrato contribuindo para o aumento da população de fungos micorrízicos. Este fato promoveu uma maior interação entre as substâncias de *C. salzmannii* e a rizosfera das plantas nativas, incrementado também a fixação de nitrogênio.

Portanto, foi objetivo deste trabalho verificar se o solo subjacente ao líquen *Cladonia verticillaris* teve sua composição química alterada pela ação das substâncias desta espécie, sob influência do fósforo como nutriente exógeno.

MATERIAL E MÉTODOS

C. verticillaris e solo ocorrente nos tabuleiros costeiros de Mamanguape-PB foram coletados e acondicionados em

sacos de papel até o uso nos experimentos. O solo foi seco em estufa a 50°C por 24h e o líquen foi limpo para retirada de folhas e outros materiais que estivessem entre o tufo.

O experimento 1 foi montado em laboratório com 10g de líquen dispostos sobre 1,5 kg de solo. Quantidades iguais foram colocadas em quatro cúpulas, sendo três delas com tratamento de fosfato de potássio nas concentrações a 0,1%, 1% e 10%, e a outra o controle tratada apenas com água deionizada. A solução de fosfato e a água deionizada foram adicionadas no solo a partir de borrifos numa quantidade de aproximadamente 2 mL no intervalo de 15 dias. Coletas do material foram realizadas a 15 dias, e posteriormente a cada mês.

O experimento 2 constou de quatro cúpulas contendo 1kg de solo cada. Três delas receberam borrifos de solução de fosfato de potássio e outra apenas de água deionizada para posteriores comparações na mudança da química do solo.

Extratos orgânicos foram obtidos a partir de amostras coletadas de 1g de líquen e 10g de solo, extraídas com os solventes éter dietílico, clorofórmio e acetona à temperatura ambiente (28 ± 3°C), mantidas por 1h em agitador mecânico, depois acondicionadas por 24h

a 10°C e filtradas. Os extratos foram evaporados à temperatura ambiente e mantidos em dessecador até manutenção do peso constante. O isolamento do FUM foi realizado segundo a metodologia de Asahina & Shibata (1954) modificado por Pereira (1998).

Os extratos do solo foram analisados em espectrofotômetro sob os comprimentos de onda 254nm, 310nm e 366 nm e obtidas suas densidades óticas para avaliação da concentração dos ácidos PRO e FUM nas amostras. Para comparação desses dados foi feita uma curva de calibração dos ácidos protocetrário e fumarprotocetrário. Cada substância foi diluída a partir de uma solução mãe a 1mg/mL em concentrações menores e lidas nos comprimentos de onda acima referidos. As concentrações das amostras foram, portando, obtidas por regressão da absorbância.

Também foi verificada a fertilidade do solo ao final do experimento, como a capacidade de troca de cátions, a soma de bases, a saturação por bases, a saturação por alumínio, a concentração de fósforo e de cátions trocáveis, e o pH. Uma amostra de solo em tempo zero foi avaliada para comparação com as submetidas aos experimentos.

Os extratos orgânicos obtidos do líquen e do solo foram submetidos à

CCD, sendo aplicados em placas de sílica Gel F₂₅₄₊₃₆₆ Merck na concentração de 1mg/mL, posteriormente desenvolvidas no sistema de solventes B (hexano/éter dietílico/ácido fórmico, 130:80:20, v/v) (CULBERSON, 1972). Após evaporação dos solventes as placas foram reveladas sob luz UV curta e longa, e posteriormente pulverizadas com ácido sulfúrico a 10%, e aquecidas a 100°C por 1h. Os resultados foram avaliados mediante valores de Rf das amostras testadas e dos padrões atranorina, ácido fumarprotocetrário e ácido protocetrário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os cinco meses de experimento a que o líquen *C. verticillaris* foi submetido, ou não, ao fosfato em diferentes concentrações, os metabólitos secundários da espécie foram produzidos e transferidos para o solo. Análises em espectrometria determinaram os valores de absorbância das amostras de solo que tiveram a concentração do PRO e do FUM determinadas pela regressão das suas absorbâncias (figura 1).

Os teores de PRO repassados para o solo aos quinze dias devem ser resultado da saturação do talo que já possuía quantidades suficientes dessa substância para a biossíntese do FUM. Este último,

por ser o produto final da biossíntese e necessário para o metabolismo liquênico, encontrou-se em menor quantidade no solo. Por estar em teores muito reduzidos, não foram detectados neste mesmo período por CCD do solo o PRO, FUM ou ATR (figura 4). O FUM é o principal metabólito secundário de *C. verticillaris*, e para sua biossíntese é necessária uma síntese prioritária da ATR que é oxidada. Em etapas subsequentes é produzido o ácido hipoprotocetrárico (HIPO) e seu aldeído que biossintetizam o ácido protocetrárico (PRO); este é adicionado de uma porção fumarato o que resulta no FUM (PEREIRA *et al.* 1999).

A um mês de experimento teores ainda mais baixos de PRO e FUM foram detectados no solo em relação aos quinze dias, o que pode estar relacionado também à adaptação inicial do líquen (figuras 2 e 3). Não foram visualizadas bandas referentes a esses compostos na CCD do solo, por estarem, possivelmente, em concentrações muito baixas para serem detectados por este método (figura 4).

No período recém considerado, as substâncias intermediárias, detectadas na CCD do extrato do líquen, podem ser resultado da alteração do metabolismo de *C. verticillaris* ou da reação de quelação. Quando percolados para o solo o PRO, o

FUM e a ATR podem reagir com seus minerais formando quelatos (PEREIRA, 1999). Em adição, íons do solo, ou do fosfato adicionado a ele, podem ter sido absorvidos pelo talo liquênico promovendo alteração na produção dos seus metabólitos (VASCONCELOS, 2007).

Maior concentração de PRO e FUM foi encontrada no solo aos dois meses de experimento, notadamente no extrato a 1% de fosfato (figuras 2 e 3). As bandas de compostos intermediários detectados, quando comparadas com os teores citados, indicam que o líquen pode ter absorvido íons disponíveis na solução solo levando a um maior metabolismo de suas substâncias que quando em quantidades suficientes no talo, foram lixiviadas para o solo (figura 5). Nash III (1989) sugeriu que a capacidade do líquen em acumular íons pode ser saturada. Por isso, certa quantidade de substâncias em excesso pode ser liberada para o meio ambiente, neste caso para o solo e o seu acúmulo pode ser mensurado.

Maiores quantidades de PRO e FUM encontradas no solo podem indicar uma maior produção desses compostos no interior do talo, e isso se deu no segundo mês na amostra com influência a 1% de fosfato (figuras 2 e 3). Este elemento isoladamente, ou compostos por ele

formados na solução do solo podem ter influenciado o metabolismo de *C. verticillaris*.

Aos três meses de experimento foi lixiviada para o solo menor quantidade de PRO e FUM, principalmente na amostra a 1% de fosfato que vinha mantendo as maiores concentrações no solo (figuras 2 e 3). Na CCD do líquen controle não apareceram bandas intermediárias, diferentemente das amostras com fosfato que apresentaram algumas bandas intermediárias (figura 5).

LEGAZ *et al.* (2006) referem que os líquens dependem de nutrientes dissolvidos no ar atmosférico, mas algumas espécies podem absorver através das rizinas, estruturas de fixação do talo, água e metais do substrato. Esses mecanismos proporcionaram a nutrição de *C. verticillaris* durante todo o experimento, mas, principalmente, no segundo e quinto meses, devido ao maior acúmulo de PRO e FUM no líquen e no solo. Mas esses nutrientes devem existir em níveis adequados, pois efeitos tóxicos podem ocorrer quando encontrados em níveis muito elevados (LEGAZ *et al.*, 2006).

No quarto e quinto meses as concentrações do PRO e FUM aumentaram progressivamente no solo (figuras 2 e 3). No penúltimo mês a amostra controle do solo apresentou

concentrações maiores de PRO e FUM, em comparação às que tinham o fosfato adicionado ao solo. Como em outubro, poucos metabólitos intermediários foram observados nas amostras de líquen e no solo por CCD, e apenas foram detectados FUM e ATR (figura 6). Provavelmente os teores de PRO para biossíntese final do FUM existiram em quantidades mais baixas, por isso não foi detectado no solo. No último mês a amostra a 1% de fosfato esteve novamente em concentrações maiores no solo (figuras 2 e 3). Não foram detectados no solo PRO ou FUM por CCD, apesar de terem sido quantificados por espectrofotometria (figura 6).

Considerando as quantidades de PRO e FUM lixiviados para o solo, estes compostos parecem ter modificado a composição química do solo durante todo o experimento. Este fato foi mais evidente no segundo e no quinto mês, quando maiores concentrações desses compostos foram detectadas. Foi levado em consideração que outros compostos orgânicos dissolvidos no solo estivessem presentes nas amostras de solo, e podem ter sido lidos por espectrofotometria na mesma densidade óptica das substâncias líquênicas consideradas. Mesmo assim, os resultados são compatíveis aos observados por CCD.

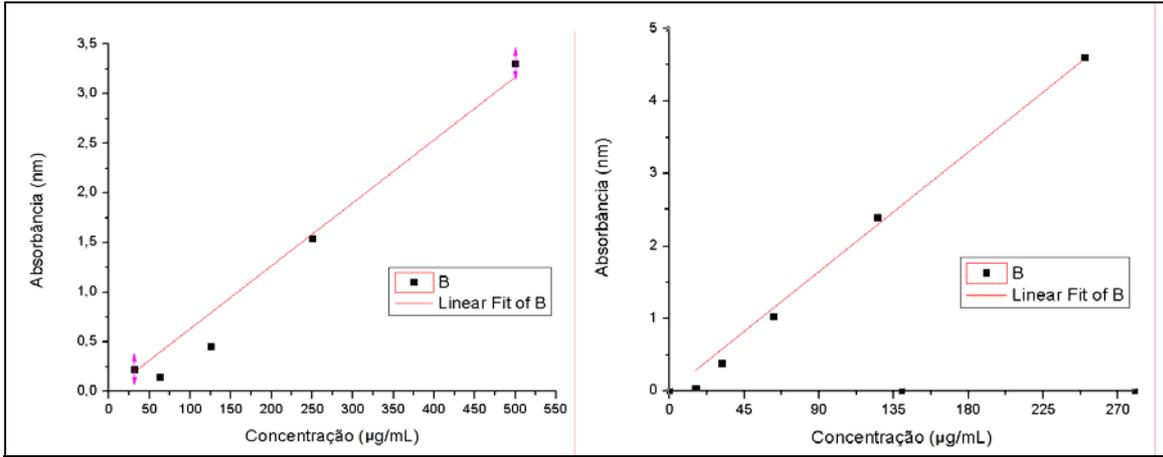


Figura 1: Curvas de Calibração do PRO (A) e FUM (B) criadas a partir de análises de extratos do solo em espectrofotômetro. PRO: erro padrão = 0,34336, R = 0,34336; FUM: erro padrão = 0,62085, R = 0,99429.

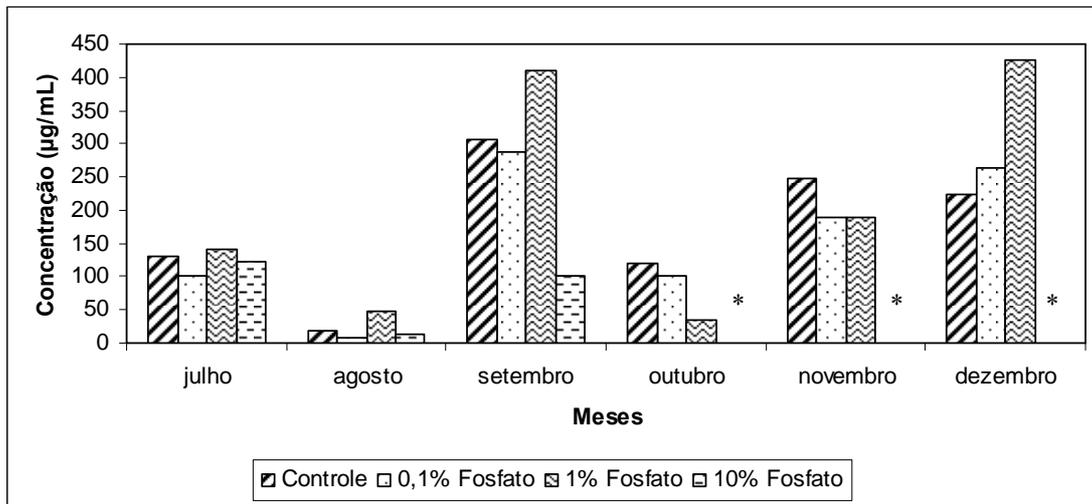


Figura 2: Concentração em µg/mL do ácido protocetrário nos extratos de solo submetidos ou não ao fosfato de potássio. * - Amostras perdidas no terceiro mês por contaminação de uma espécie de fungo não identificada.

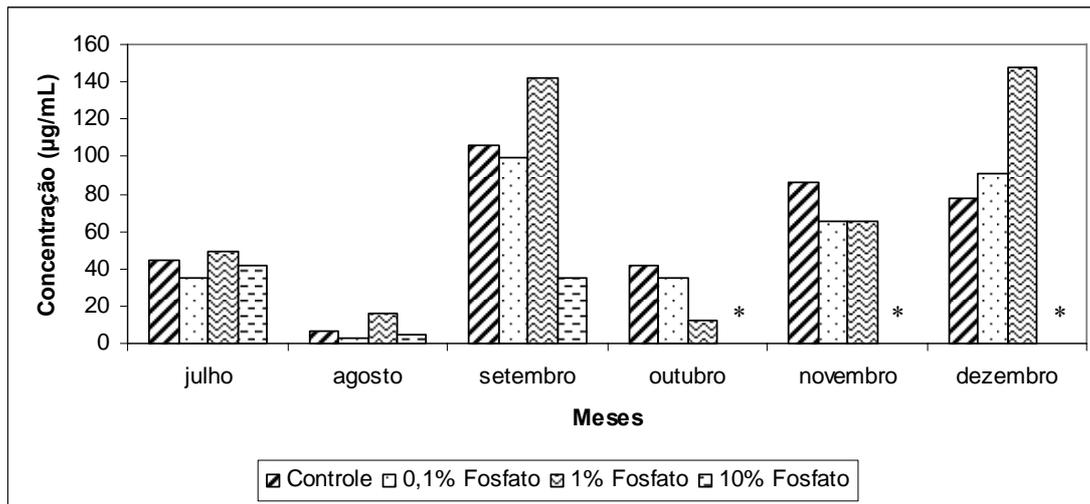


Figura 3: Concentração em µg/mL do ácido fumarprotocetrárico nos extratos de solo submetidos ou não ao fosfato de potássio. * - Amostras perdidas no terceiro mês por contaminação de uma espécie de fungo não identificada.

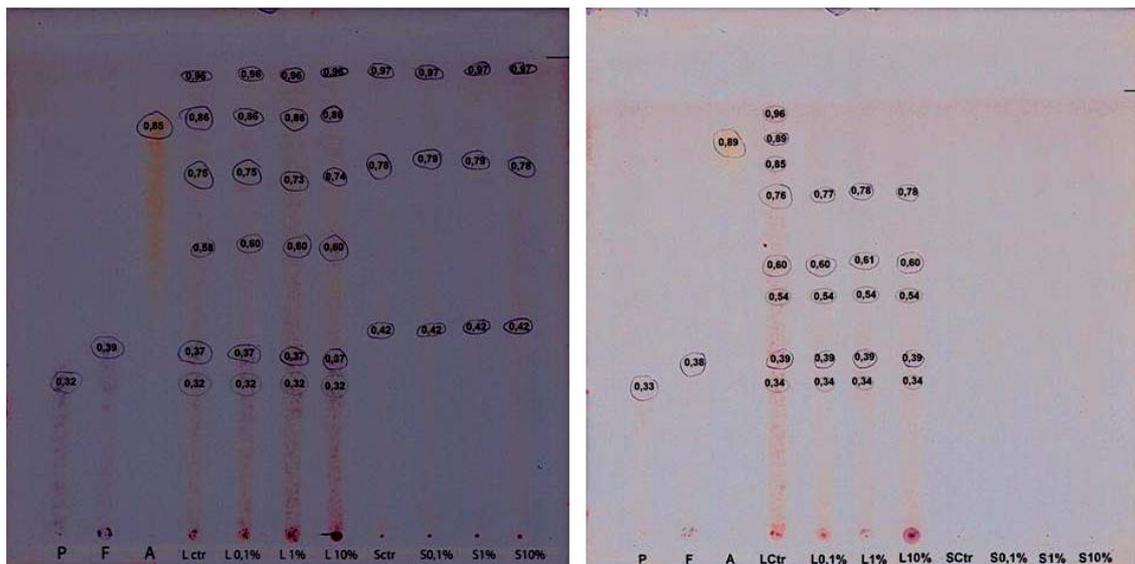


Figura 4: Cromatografia em Camada Delgada dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* e do Solo. À esquerda CCD 15 dias, à direita CCD 1 mês. P - ácido protocetrárico, F - ácido fumarprotocetrárico, A - atranorina, Lctr - extrato liquênico controle, L0,1% - extrato liquênico a 0,1% fosfato, L1% - extrato liquênico a 1% fosfato, L10% - extrato liquênico a 10% fosfato, Sctr - extrato solo controle, S0,1% - extrato solo 0,1% fosfato, S1% - extrato solo 1% fosfato, S10% - extrato solo 10% fosfato. Rfs valores entre 0,32 a 0,97.

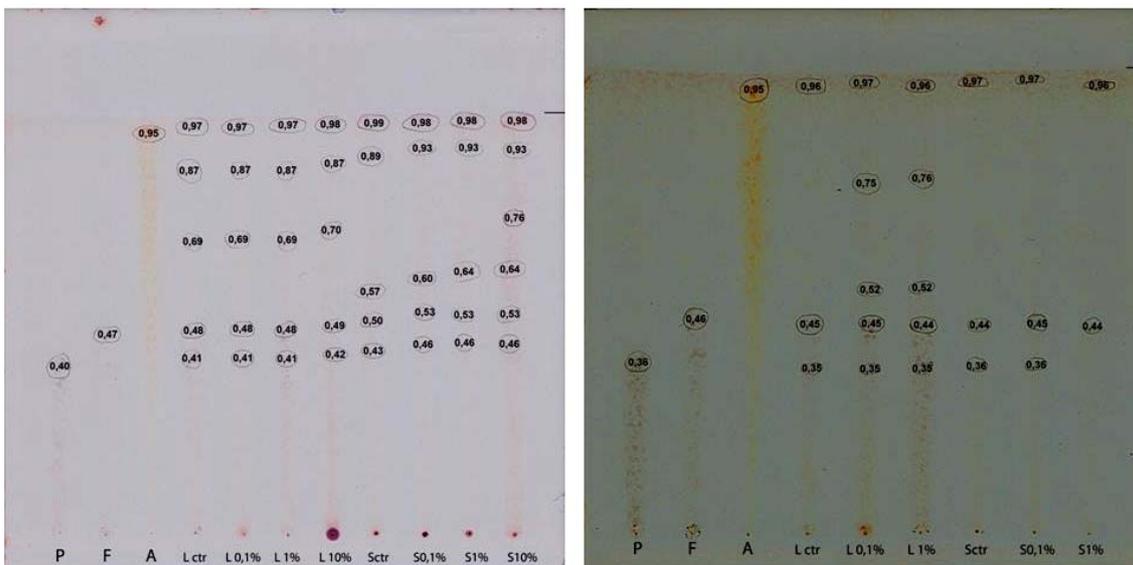


Figura 5: Cromatografia em Camada Delgada dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* e do Solo. À esquerda CCD 2 meses, à direita CCD 3 meses. P - ácido protocetrário, F - ácido fumarprotocetrário, A - atranorina, Lctr - extrato liquênico controle, L0,1% - extrato liquênico a 0,1% fósforo, L1% - extrato liquênico a 1% fósforo, L10% - extrato liquênico a 10% fósforo, Sctr - extrato solo controle, S0,1% - extrato solo 0,1% fósforo, S1% - extrato solo 1% fósforo, S10% - extrato solo 10% fósforo. Rfs valores entre 0,35 e 0,98.

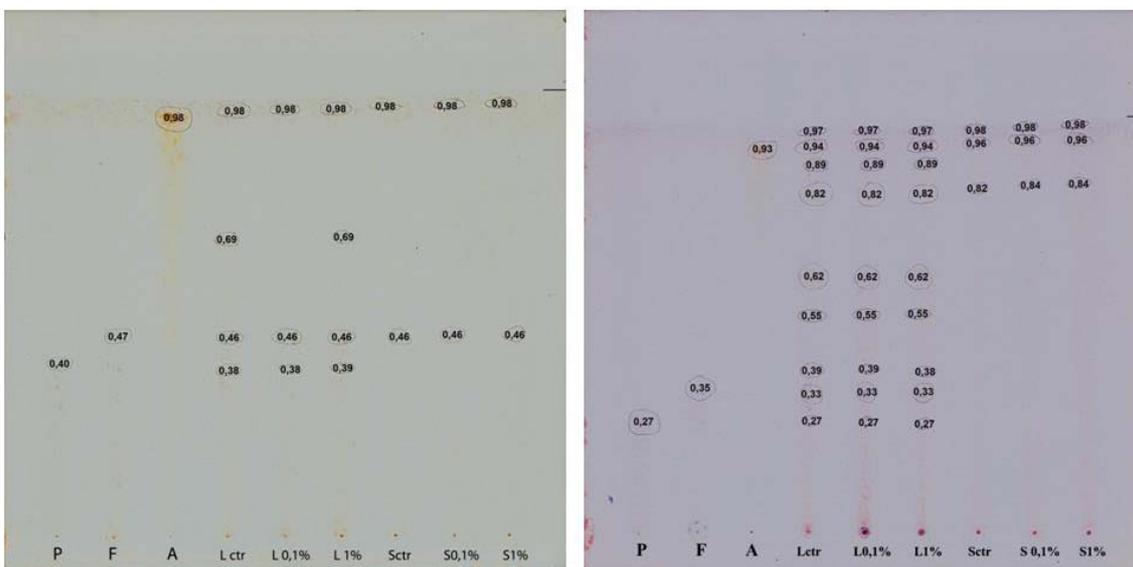


Figura 6: Cromatografia em Camada Delgada dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* e do Solo. À esquerda CCD 4 meses, à direita CCD 5 meses. P - ácido protocetrário, F - ácido fumarprotocetrário, A - atranorina, Lctr - extrato liquênico controle, L0,1% - extrato liquênico a 0,1% fósforo, L1% - extrato liquênico a 1% fósforo, L10% - extrato liquênico a 10% fósforo, Sctr - extrato solo controle, S0,1% - extrato solo 0,1% fósforo, S1% - extrato solo 1% fósforo, S10% - extrato solo 10% fósforo. Rfs valores entre 0,27 e 0,98.

Análises de fertilidade do solo ao final do experimento 1 indicaram que em solo com presença de líquen e ação do fosfato o pH manteve-se entre 5,5 e 6,1, sendo considerado de acidez moderada a leve (tabela 1) (BRADY, 1989). Em solo sem líquen com ação do fosfato, o pH aumentou para 6,2 sendo considerado de acidez leve, mas apresentou, na concentração a 1% fosfato, valor que atingiu 7,7, sendo considerado levemente alcalino (tabela 2) (BRADY, 1989). O pH em tempo zero (solo logo após coleta em campo) apresentou valor semelhante ao do controle submetido à água deionizada, 5,8.

Isso demonstrou que quando lixiviados para o solo, o PRO e o FUM influenciam no pH, mantendo-o em uma faixa de acidez próxima à neutralidade, mesmo quando adicionado fosfato ao solo. Os teores de H encontrados nas amostras de solo submetidas ao experimento 1 foram maiores do que os teores do experimento 2 (tabelas 1 e 2).

No final do experimento a disponibilidade de fósforo variou entre 3 e 4 mg/dm³ tanto no experimento 1 como no experimento 2, mas aumentou em

relação ao tempo zero (tabelas 1 e 2). O fósforo solúvel quando adicionado ao solo pode ser adsorvido pelo colóide do solo, ou ser fixado em formas não disponíveis (TSAI & ROSSETTO, 1992). Como a concentração do fósforo em tempo zero foi menor que 1 mg/dm³, os teores de fósforo detectados após o término do experimento indicam que o fosfato adicionado ao solo agiu sobre elementos do solo disponibilizando maior quantidade de fósforo.

Bandas intermediárias ao FUM na CCD do líquen sugerem que *C. verticillaris* tenha absorvido formas de fosfato interferindo na síntese de suas substâncias. Quando o fósforo forma compostos com Ca, Fe e o Al, torna-se menos solúvel e menos disponível às plantas. Além disso, a maior parte do fósforo adicionado ao solo torna-se insolúvel por vários outros processos (JORGE, 1972). Por isso, o fósforo ou outros elementos formados a partir dele podem ter interferido na biossíntese do FUM, produzindo maiores quantidades dos seus precursores ou intermediários metabólicos que foram sendo liberados para o solo.

Tabela 1: Concentração de Fósforo e do Hidrogênio no solo e pH das amostras do experimento 1.

Amostras	Elementos	P (mg/dm ³)	H (mg/dm ³)	pH (em H ₂ O)
Tempo Zero		< 1	0,16	5,80
Controle		4	0,60	5,80
Fosfato de potássio 0,1%		3	0,52	5,50
Fosfato de potássio 1%		3	0,33	6,10

Tabela 2: Concentração de Fósforo e do Hidrogênio no solo e pH das amostras no experimento 2.

Amostras	Elementos	P (mg/dm ³)	H (mg/dm ³)	pH (em H ₂ O)
Tempo Zero		< 1	0,16	5,80
Controle		< 1	0,16	5,80
Fosfato de potássio 0,1%		4	0,24	6,20
Fosfato de potássio 1%		3	0,33	7,70
Fosfato de potássio 10%		4	0,24	6,20

A capacidade de troca de cátions foi maior no experimento 1 que no experimento 2, principalmente no controle e a 0,1% de fosfato, indicando maior soma de bases trocáveis e saturação por bases, como o Mg, e o Al, além da saturação por alumínio que influenciou no pH de acidez moderada a leve (tabela 3). No experimento 2 esses parâmetros de análise tiveram valores inferiores, o que demonstra que a presença de líquens afeta a composição

química do solo positivamente, mantendo um pH próximo à neutralidade, semelhante ao do seu habitat de origem (tabela 4). As substâncias do líquen quando transferidas incrementam os nutrientes do solo, podendo formar outros elementos quando associados a cátions trocáveis. Por isso, foi encontrada maior quantidade desses cátions em solo com líquen.

Tabela 3: Concentração dos cátions trocáveis no solo com tufo de *C. verticillaris* sob ação, ou não, do fosfato de potássio ao final do experimento 1.

Amostras	Elementos (mg/dm ³)				
	Ca	Mg	Na	K	Al
Tempo Zero	0,05	0,05	0	0	0
Controle	0,05	0,25	0,01	0,01	0,05
Fosfato de potássio 0,1%	0,05	0,25	0,01	0,01	0,05
Fosfato de potássio 1%	0,05	0,10	0,01	0,01	0,00

Tabela 4: Concentração dos cátions trocáveis no solo sem tufo de *C. verticillaris* sob ação, ou não, do fosfato de potássio ao final do experimento 2.

Amostras	Elementos (mg/dm ³)				
	Ca	Mg	Na	K	Al
Tempo Zero	0,05	0,05	0	0	0
Controle	0,05	0,05	0	0	0
Fosfato de potássio 0,1%	0,05	0,05	0,01	0,01	0
Fosfato de potássio 1%	0,05	0,05	0,01	0,01	0
Fosfato de potássio 10%	0,05	0,05	0,01	0,01	0

CONCLUSÕES

1. O fosfato quando adicionado ao solo modificou sua composição química, e este elemento pode ter alterado o metabolismo de *C. verticillaris* na síntese dos metabólitos secundários.

2. As substâncias de *C. verticillaris* interagem com os minerais do solo subjacente, aumentando a capacidade de troca de cátions e a disponibilidade de H, que manteve o pH próximo à neutralidade.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida à primeira autora e pela bolsa de produtividade concedida à Eugênia Cristina Gonçalves Pereira.

LITERATURA CITADA

- AHTI, T. S., S.; Xavier-Filho, L.. The lichen family Cladoniaceae in Paraíba, Pernambuco and Sergipe, northeast Brazil. **Tropical Biology**, 7:55-70, 1993.
- ASAHINA, Y. & SHIBATA, S. **Chemistry of lichen substances**.

- Tokio: Japanese Society for the Promotion of Science, 1954.
- BENATTI, M. N. **Os gêneros Canomaculina, Parmotrema e Rimelia (Parmeliaceae, Ascomycetes) no litoral centro-sul do Estado de São Paulo.** São Paulo, Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo, 2005. 403 p. (Dissertação de Mestrado).
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos.** Trad. Antônio B. Neiva Figueiredo, 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898 p.
- CALVELO, S.; BACCALA, N.; ARRIBERE, M. A.; RIBEIRO GUEVARA, S.; BUBACH, D. **Analytical and statistical analysis of Elemental composition of lichens.** Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 222: 99-104, 1997.
- CULBERSON, C. F. Improved conditions and new data for the identification of lichen products by standardized thin layer-cromatografic method. **Journal of Chromatography**, 72:113-125, 1972.
- JORGE, J. A. Fósforo. Pp.191-197. In: MONIZ, A. C. Elementos de pedologia. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, 1972.
- LEGAZ, M. E.; MILLANES, A. M.; CÓRDOBA, C. V. Fisiologia dos Líquens. Pp. 145-252. In: XAVIER-FILHO, L.; LEGAZ, M. E.; CÓRDOBA, C. V.; PEREIRA, E. C. G. **Biologia de Líquens.** Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 2006.
- MARCELLI, M. P. Fungos Liquenizados. Pp. 23-74. In: XAVIER-FILHO, L.; LEGAZ, M. E.; CÓRDOBA, C. V.; PEREIRA, E. C. G. **Biologia de Líquens.** Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 2006.
- MOTA-FILHO, F. O.; PEREIRA, E. C. G.; LIMA, E. S.; SILVA, N. H. da S.; FIGUEIREDO, R. C. B. Influência de poluentes atmosféricos em Belo Jardim (PE) utilizando *Cladonia verticillaris* (líquen) como biomonitor. **Química Nova**, 30, 5:1072-1076, 2007.
- NASH III, T. H. **Lichen Biology.** Cambridge : Cambridge University Press/USA, 1996. 303 p.
- OLIVEIRA, M. A. G. S. **Qualidade do ar em área industrial, utilizando *Cladonia verticillaris* como biomonitor.**, Recife, Curso de Bacharelado em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, 2007. (Monografia de Graduação).
- PEREIRA, E. C. G. 1997. Líquens como agentes do intemperismo. *Revista e Geografia*, 13, jun-dez. Recife: UFPE.
- PEREIRA, E. C. G. **Produção de metabólitos por espécies de Cladoniaceae. (líquen) a partir de imobilização celular.** Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 1998. 240 p. (Tese de doutorado)
- PEREIRA, E. C. G.; SILVA, M. I. L.; VITAL, M. J. S.; SILVA, N. H.; VICENTE, C.; ANDRADE, L. H. C. Produção de metabólitos de *Cladonia corallifera* (Kunze) Nyl. – por imobilização celular. **Revista da Universidade do Amazonas, Serie Ciências Biológicas**, 2/3:25-41, 1999.
- PEREIRA, E. C. G.; 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.** In: Reunião Anual da SBPC, 52. Brasília-DF, 2000. Resumo em CD ROM, 2000.
- PIERVITTORI, R.; SALVADORI, O.; LACCISAGLIA, A. Literature on lichens and biodeterioration of stonework. **Lichenologist**, 26:171-192, 1994.
- SILVA, A. M.; SILVA, N. H.; PEREIRA, E. C. G.; MOTA-FILHO, F. O.; COSTA, D. L. C. R.; LIMA,

- E. S. **Ação da atranorina da *Cladina dendroides* (líquen) sobre estruturas rochosas.** In: Congresso de Iniciação Científica da UFPE – CONIC, Recife-PE, 2000. Resumos vol. II, 2000. p. 63.
- SILVA, B. C. G. **Ação do ácido fumarprotocetrárico e talo *in natura* de *Cladonia verticillaris* sobre amostras de migmatito.** Recife, Curso de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, 2005. (Monografia de Graduação).
- SILVA, F. P. **Influência de *Cladonia salzmannii* na ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em rizosfera e desenvolvimento de plântulas.** Recife, Mestrado em Bioquímica, Universidade Federal de Pernambuco. 2007. 90 p. (Dissertação de Mestrado)
- TSAI, S. M.; ROSSETTO, R. Transformações microbianas do fósforo. Pp. 231-242. In: CARDOSO, E.J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992.
- VASCONCELOS, T. L. **Efeito do Suprimento exógeno de uréia na produção de substâncias degradadoras do migmatito pelo líquen *Cladonia verticillaris* (Radi) Fr.,** Curso de Bacharelado em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, 2007. 19 p. (Monografia de Graduação)
- VICENTE, C.; LEGAZ, M. E.; ARRUDA, E. C.; XAVIER FILHO, L. The utilization of urea by the lichen *Cladonia sandstedei*. **Journal of Plant Physiology**, 115:397- 404, 1984.

ANEXO

ANEXO A



INSTRUÇÕES AOS AUTORES

- Objetivo
- Normas gerais para publicação de artigos na Acta Botanica Brasilica

ISSN 0102-3306 versão impressa
ISSN 1677-941X versão online

Objetivo

A **Acta Botanica Brasilica**, publica artigos originais em todas as áreas da Botânica, básica ou aplicada, em Português, Inglês ou Espanhol. Os trabalhos deverão ser motivados por uma pergunta central que denote a originalidade e o potencial interesse da pesquisa, de acordo com o amplo espectro de leitores nacionais e internacionais da Revista, inserindo-se no debate teórico de sua área.

Normas gerais para publicação de artigos na Acta Botanic

1. A **Acta Botanica Brasilica** publica artigos originais em todas as áreas da Botânica, básica ou aplicada, em Português, Espanhol ou Inglês. Os trabalhos deverão ser motivados por uma pergunta central que denote a originalidade e o potencial interesse da pesquisa, de acordo com o amplo espectro de leitores nacionais e internacionais da Revista, inserindo-se no debate teórico de sua área.

2. Os artigos devem ser concisos, em **quatro vias, com até 25 laudas**, sequencialmente numeradas, incluindo ilustrações e tabelas (usar fonte Times New Roman, tamanho 12, espaço entre linhas 1,5; imprimir em papel tamanho A4, margens ajustadas em 1,5 cm). A critério da Corpo Editorial, mediante entendimentos prévios, artigos mais extensos poderão ser aceitos, sendo o excedente custeado pelo(s) autor(es).

3. Palavras em latim no título ou no texto, como por exemplo: *in vivo*, *in vitro*, *in loco*, *et al.* devem estar em itálico.

4. O título deve ser escrito em caixa alta e baixa, centralizado, e deve ser citado da mesma maneira no Resumo e Abstract da mesma maneira que o título do trabalho. Se no título houver nome específico, este deve vir acompanhado dos nomes dos autores do táxon, assim como do grupo taxonômico do material tratado (ex.: Gesneriaceae, Hepaticae, etc.).

5. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve(m) ser escrito(s) em caixa alta e baixa, todos em seguida, com números sobrescritos que indicarão, em rodapé, a filiação Institucional e/ou fonte financiadora do trabalho (bolsas, auxílios etc.). Créditos de financiamentos devem vir em **Agradecimentos**, assim como vinculações do artigo a programas de pesquisa mais amplos, e não no rodapé. Autores devem fornecer os endereços completos, evitando abreviações, elegendo apenas um deles como Autor para

correspondência. Se desejarem, todos os autores poderão fornecer e-mail.

6. A estrutura do trabalho deve, sempre que possível, obedecer à seguinte seqüência:

- **RESUMO e ABSTRACT** (em caixa alta e negrito) - texto corrido, sem referências bibliográficas, em um único parágrafo e com cerca de 200 palavras. Deve ser precedido pelo título do artigo em Português, entre parênteses. Ao final do resumo, citar até cinco palavras-chave à escolha do autor, em ordem de importância. A mesma regra se aplica ao Abstract em Inglês ou Resumen em Espanhol.

- **Introdução** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): deve conter uma visão clara e concisa de: a) conhecimentos atuais no campo específico do assunto tratado; b) problemas científicos que levou(aram) o(s) autor(es) a desenvolver o trabalho; c) objetivos.

- **Material e métodos** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): deve conter descrições breves, suficientes à repetição do trabalho; técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Indicar o nome da(s) espécie(s) completo, inclusive com o autor. Mapas - podem ser incluídos se forem de extrema relevância e devem apresentar qualidade adequada para impressão. Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para a análise de dados em **Resultados** deve, obrigatoriamente, estar descrito no item **Material e métodos**.

- **Resultados e discussão** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): podem conter tabelas e figuras (gráficos, fotografias, desenhos, mapas e pranchas) estritamente necessárias à compreensão do texto. Dependendo da estrutura do trabalho, resultados e discussão poderão ser apresentados em um mesmo item ou em itens separados.

As figuras devem ser todas numeradas seqüencialmente, com algarismos arábicos, colocados no lado inferior direito; as escalas, sempre que possível, devem se situar à esquerda da figura. As tabelas devem ser seqüencialmente numeradas, em arábico com numeração independente das figuras.

Tanto as figuras como as tabelas devem ser apresentadas em folhas separadas (uma para cada figura e/ou tabela) ao final do texto (originais e 3 cópias). Para garantir a boa qualidade de impressão, as figuras não devem ultrapassar duas vezes a área útil da revista que é de 17,5x23,5 cm. Tabelas - Nomes das espécies dos táxons devem ser mencionados acompanhados dos respectivos autores. Devem constar na legenda informações da área de estudo ou do grupo taxonômico. Itens da tabela, que estejam abreviados, devem ter suas explicações na legenda.

As ilustrações devem respeitar a área útil da revista, devendo ser inseridas em coluna simples ou dupla, sem prejuízo da qualidade gráfica. Devem ser apresentadas em tinta nanquim, sobre papel vegetal ou cartolina ou em versão eletrônica, gravadas em .TIF, com resolução de pelo menos 300 dpi (ideal em 600 dpi). Para pranchas ou fotografias - usar números arábicos, do lado direito das figuras ou fotos. Para gráficos - usar letras maiúsculas do lado direito.

As fotografias devem estar em papel brilhante e em branco e preto. **Fotografias**

coloridas poderão ser aceitas a critério da Corpo Editorial, que deverá ser previamente consultada, e se o(s) autor(es) arcar(em) com os custos de impressão.

As figuras e as tabelas devem ser referidas no texto em caixa alta e baixa, de forma abreviada e sem plural (Fig. e Tab.). Todas as figuras e tabelas apresentadas devem, obrigatoriamente, ter chamada no texto.

Legendas de pranchas necessitam conter nomes dos táxons com respectivos autores. Todos os nomes dos gêneros precisam estar por extenso nas figuras e tabelas. Gráficos - enviar os arquivos em Excel. Se não estiverem em Excel, enviar cópia em papel, com boa qualidade, para reprodução.

As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, devem ser precedidas do seu significado por extenso. Ex.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Usar unidades de medida de modo abreviado (Ex.: 11 cm; 2,4 µm), o número separado da unidade, com exceção de percentagem (Ex.: 90%).

Escrever por extenso os números de um a dez (não os maiores), a menos que seja medida. Ex.: quatro árvores; 6,0 mm; 1,0 4,0 mm; 125 exsiccatas.

Em trabalhos taxonômicos o material botânico examinado deve ser selecionado de maneira a citarem-se apenas aqueles representativos do táxon em questão e na seguinte ordem: **PAÍS. Estado:** Município, data, fenologia, *coletor(es) número do(s) coletor(es) (sigla do Herbário).*

Ex.: **BRASIL. São Paulo:** Santo André, 3/XI/1997, fl. fr., *Milanez 435* (SP).

No caso de mais de três coletores, citar o primeiro seguido de *et al.* Ex.: Silva *et al.* (atentar para o que deve ser grafado em CAIXA ALTA, Caixa Alta e Baixa, caixa baixa, **negrito**, itálico).

Chaves de identificação devem ser, preferencialmente, indentadas. Nomes de autores de táxons não devem aparecer. Os táxons da chave, se tratados no texto, devem ser numerados seguindo a ordem alfabética. Ex.:

1. Plantas terrestres
 2. Folhas orbiculares, mais de 10 cm diâm.
..... 2. *S. orbicularis*
 2. Folhas sagitadas, menos de 8 cm compr.
..... 4. *S. sagittalis*
1. Plantas aquáticas
 3. Flores brancas 1. *S. albicans*
 3. Flores vermelhas 3. *S. purpurea*

O tratamento taxonômico no texto deve reservar o itálico e o negrito simultâneos apenas para os nomes de táxons válidos. Basiônimo e sinonímia aparecem apenas em itálico. Autores de nomes científicos devem ser citados de forma abreviada, de acordo com índice taxonômico do grupo em pauta (Brummit & Powell 1992 para Fanerógamas).

Ex.:

1. *Sepulveda albicans* L., Sp. pl. 2: 25. 1753.

Pertencia albicans Sw., Fl. bras. 4: 37, t. 23, f. 5. 1870.

Fig. 1-12

Subdivisões dentro de Material e métodos ou de Resultados e/ou discussão devem ser escritas em caixa alta e baixa, seguida de um traço e o texto segue a mesma linha. Ex.:

Área de estudo - localiza se ...

Resultados e discussão devem estar incluídos em conclusões.

- **Agradecimentos** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): devem ser sucintos; nomes de pessoas e Instituições devem ser por extenso, explicitando o porquê dos agradecimentos.

- **Referências bibliográficas**

- Ao longo do texto: seguir esquema autor, data. Ex.:

Silva (1997), Silva & Santos (1997), Silva et al. (1997) ou Silva (1993; 1995), Santos (1995; 1997) ou (Silva 1975; Santos 1996; Oliveira 1997).

- Ao final do artigo: em caixa alta e baixa, deslocado para a esquerda; seguir ordem alfabética e cronológica de autor(es); **nomes dos periódicos e títulos de livros devem ser grafados por extenso e em negrito**. Exemplos:

Santos, J. 1995. Estudos anatômicos em Juncaceae. Pp. 5-22. In: **Anais do XXVIII Congresso Nacional de Botânica**. Aracaju 1992. São Paulo, HUCITEC Ed. v.I.

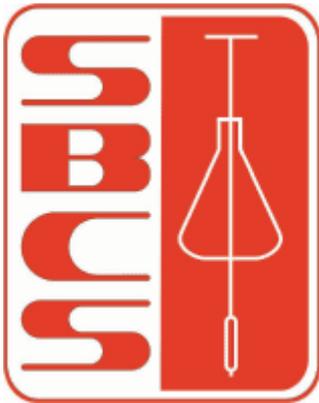
Santos, J.; Silva, A. & Oliveira, B. 1995. Notas palinológicas. Amaranthaceae. **Hoehnea** 33(2): 38-45.

Silva, A. & Santos, J. 1997. Rubiaceae. Pp. 27-55. In: F.C. Hoehne (ed.). **Flora Brasilica**. São Paulo, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo.

Para maiores detalhes consulte os últimos fascículos recentes da Revista, ou os links da mesma na internet: www.botanica.org.br, ou ainda artigos on line por intermédio de www.scielo.br/abb.

Não serão aceitas Referências bibliográficas de monografias de conclusão de curso de graduação, de citações resumos **simples** de Congressos, Simpósios, Workshops e assemelhados. Citações de Dissertações e Teses **devem ser evitadas ao máximo; se necessário, citar no corpo do texto**. Ex.: J. Santos, dados não publicados ou J. Santos, comunicação pessoal.

ANEXO B



INSTRUÇÕES AOS AUTORES

- Escopo e política
- Forma e preparação de manuscritos
- Envio de manuscritos

ISSN 0100-0683 *versão impressa*
ISSN 1806-9657 *versão on-line*

Escopo e política

A **Revista Brasileira de Ciência do Solo** é um periódico de divulgação científica publicado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS).

Os trabalhos submetidos à publicação **somente poderão ser enviados por correio eletrônico, acessando o site www.sbcs.org.br** (E-mail: autores@sbcs.org.br), e **não mais em papel**, e nas seguintes formas:

Artigos ou notas científicas.

Revisões de literatura sobre tema específico, a convite da Comissão Editorial.

Cartas ao Editor de, no máximo, quatro páginas digitadas em espaço duplo, contendo um dos seguintes temas: (a) Comunicação de matéria diretamente ligada à Ciência do Solo; (b) Comentário crítico de trabalhos publicados na **Revista Brasileira de Ciência do Solo**.

Só serão aceitos trabalhos escritos em português ou inglês, depois de revistos e aprovados pela Comissão Editorial, e que não foram publicados e não submetidos à publicação em outro veículo. Excetuam-se, nesta última limitação, os apresentados em congressos, em forma de resumo. **O autor que encaminhar o trabalho deverá se responsabilizar pelos demais autores, quando houver, como co-responsáveis pelo conteúdo científico do trabalho.**

Os trabalhos subdivididos em partes I, II..., devem ser enviados juntos, pois serão submetidos aos mesmos revisores.

Forma e preparação de manuscritos

Solicita-se observar as seguintes instruções para o preparo dos artigos e notas científicas:

1. O original deve ser encaminhado completo e revisto.
2. Deve ser enviado digitado em espaço 1,5, utilizando fonte "**Times New Roman 12**", formato A4, **enumerando-se todas as páginas e as linhas do texto.**
3. O trabalho deve ser o mais claro e conciso possível. Somente em casos especiais serão aceitos trabalhos com número de páginas de texto superior a quinze.
4. **Os artigos, notas e revisões** deverão ser iniciados com o título do trabalho e, logo abaixo, sobrenomes dos autores precedidos das iniciais dos pré-nomes, todos em maiúscula. Como chamada de rodapé referente ao título, deve-se usar número-índice que poderá indicar se foi trabalho extraído de tese, ou apresentado em congresso, entidades financiadoras do projeto e, necessariamente, a data (Recebido para publicação em //) em que o trabalho foi recebido para publicação. O cargo, o local de trabalho dos autores [endereço postal e, se possível, eletrônico (E-mail)], deverão ser inseridos também no rodapé, em numeração consecutiva de chamada de números-índices colocados logo após o nome de cada autor. A condição de bolsista poderá ser incluída.
5. Os artigos deverão ser divididos, sempre que possível, em seções com cabeçalho, na seguinte ordem: **RESUMO, SUMMARY** (precedido da tradução do título para o inglês), **INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODOS, RESULTADOS, DISCUSSÃO, CONCLUSÕES, AGRADECIMENTOS e LITERATURA CITADA.** Não há necessidade dessa subdivisão para os artigos sobre educação, revisões de literatura e notas científicas, embora devam ter, obrigatoriamente, **RESUMO e SUMMARY.**

Tais seções devem ser constituídas de:

- 5.1. **TÍTULO** do trabalho que deve ser conciso e indicar o seu conteúdo.
- 5.2. **RESUMO** que deve apresentar, objetivamente, **uma breve frase introdutória, que justifique o trabalho**, o que foi feito e estudado, os mais importantes resultados e conclusões. Será seguido da indicação dos termos de indexação, diferentes daqueles constantes do título. A tradução do **RESUMO** para o inglês constituirá o **SUMMARY.**
- 5.3. **INTRODUÇÃO** que deve ser breve, esclarecendo o tipo de problema abordado ou a(s) hipótese(s) de trabalho, com citação da bibliografia específica e finalizar com a indicação do objetivo do trabalho.
- 5.4. **MATERIAL E MÉTODOS** em que devem ser reunidas informações necessárias e suficientes que possibilitem a repetição do trabalho por outros pesquisadores.
- 5.5. **RESULTADOS** que devem conter uma apresentação concisa dos dados obtidos. Quadros ou figuras devem ser preparados sem dados supérfluos.

5.6. **DISCUSSÃO** que deve conter os resultados analisados, levando em conta a literatura, mas sem introdução de novos dados.

5.7. **CONCLUSÕES** que devem basear-se somente nos dados apresentados no trabalho e deverão ser numeradas.

5.8. **AGRADECIMENTOS** devem ser sucintos e não aparecer no texto ou em notas de rodapé.

5.9. **LITERATURA CITADA**, incluindo trabalhos citados no texto, quadro(s) ou figura(s) e inserida em ordem alfabética e da seguinte forma:

a. **Periódicos**: Nome de todos os autores, Título do artigo. Título abreviado do periódico, volume: páginas inicial e final, ano de publicação. Exemplo:

FONSECA, J.A. & MEURER, E.J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. R. Bras. Ci. Solo, 21:47-50, 1997.

b. **Livro**: Autores. Título da publicação. Número da edição. Local, Editora, ano de publicação. Número de páginas. Exemplo:

KONHNKE, H. Soil physics. 2.ed. New York, MacGraw Hill, 1969. 224p.

c. **Participação em obra coletiva**: Autores. Título da parte referenciada seguida de In: Nome do editor. Título da publicação, número da edição. Local de Publicação, Editora, ano. Páginas inicial e final. Exemplos:

- *Capítulo de livro*:

JACKSON, M.L. Chemical composition of soil. In: BEAR, F.E., ed. Chemistry of the soil. 2.ed. New York, Reinhold, 1964. p.71-141.

d. **Trabalho em Anais**:

VETTORI, L. Ferro "livre" por cálculo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.127-128.

e. **CD-ROM**:

SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P. & CURI, N. Índice de erosividade de chuva da região de Goiânia (GO). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. 13., 1996. Anais. Águas de Lindóia, EMBRAPA, 1996. CD-ROM

Acesso em 15 out. 2000.

As abreviações de nome de revistas devem ser feitas de acordo com as usadas pelos "abstracting journals", como dos Commonwealth Agricultural Bureaux.

6. As Referências no texto deverão ser feitas na forma: Silva & Smith (1975) ou (Silva

& Smith, 1975). Quando houver mais de dois autores, usar a forma reduzida: (Souza et al., 1975). Referências a dois ou mais artigos do(s) mesmo(s) autor(es), no mesmo ano, serão discriminadas com letras minúsculas (Ex.: Silva, 1975a,b).

7. Os quadros deverão ser numerados com algarismos arábicos, sempre providos de um título claro e conciso e construídos de modo a serem auto-explicativos. Não usar linhas verticais. As linhas horizontais devem aparecer para separar o título do cabeçalho e este do conteúdo, além de uma ao final do quadro. O quadro deve ser feito por meio de uma tabela (MICROSOFT WORD/TABELA/INSERIR TABELA), no qual cada valor deve ser digitado em células distintas, estando centralizado e alinhado.

8. Os gráficos deverão ser preparados, utilizando-se "Softwares" compatíveis com "Microsoft Windows" ("Excel", "Power Point", "Sigma Plot", etc.). Não serão aceitas figuras que repitam informações de quadros.

9. Fotos e mapas deverão ser enviados digitalizados, utilizando-se "Softwares" compatíveis com "Microsoft Windows" (em um dos formatos: BMP, JPG, TIFF, GIF e WMF).

10. Fotos coloridas, quando imprescindíveis, a critério da Comissão Editorial, serão, também, aceitas. Os custos adicionais deverão ser cobertos pelos autores.

11. Para cada artigo publicado, serão distribuídas, gratuitamente, ao primeiro autor, 50 separatas, que se encarregará de distribuí-las aos demais autores.

Envio de manuscritos

Os trabalhos submetidos à publicação **somente poderão ser enviados por correio eletrônico, acessando o site www.sbcs.org.br** (E-mail: autores@sbcs.org.br), **e não mais em papel**

ANEXO C

MOGI-GUAÇU 2008



4 A 10 DE MAIO

Terceira Reunião Brasileira de Estudos Liqueenológicos (3ª REBEL) 4 a 10 de Maio de 2008

EFEITO DO FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE FENÓIS DE
CLADONIA VERTICILLARIS (RADDI) FR. SOBRE SOLO DE ORIGEM

¹Talitha Lucena de VASCONCELOS
²Ricardo Ferreira da SILVA
³Eugénia Cristina Gonçalves PEREIRA
⁴Nicácio Henrique da SILVA

¹Mestranda em Geografia/UFPE; ²Graduando em Geografia/UFPE

³Departamento de Ciências Geográficas, Centro de Filosofia e Ciências Humanas/UFPE
 Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife - PE, CEP 50670-901.

⁴Departamento de Bioquímica, Centro de Ciências Biológicas/UFPE
 Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife - PE, CEP 50670-901.

No Nordeste brasileiro habitam diferentes espécies de líquens dentre as quais a *Cladonia verticillaris* se destaca por ter hábito arbustivo e importante relação com o solo subjacente. Sabe-se que esta espécie pode sofrer influência de alguns nutrientes dispostos no solo ocasionando alguma alteração do seu metabolismo. Por isso é objeto desta pesquisa observar se o fosfato de sódio aplicado ao solo sob o líquen exerce influência na produção dos fenóis desta espécie. *Cladonia verticillaris* e o solo de origem desta espécie foram coletados da área de ocorrência de areias quartzosas oriundas do Arenito Beberibe no município de Mamanguape - PB. Em laboratório três cúpulas com tampa transparente foram preparadas e de cada uma delas colocados 10g de talo líquênico sobre 400g de solo. O solo foi submetido a borrifos com diferentes concentrações de fosfato de sódio a 0,1% e 1%. Uma cúpula teve o líquen e o solo borrifado apenas com água deionizada e serviu como controle. Após um mês de experimento foi coletado uma parte do líquen de cada cúpula passando por extração com os sistemas éter/acetato de etila (65:35, v/v) seguido de clorofórmio/acetona (60:40, v/v). Esses extratos foram submetidos à

25

Terceira Reunião Brasileira de Estudos Liqueenológicos (3ª REBEL) 4 a 10 de Maio de 2008

Cromatografia da Camada Delgada para análise de Rf. Foi identificada a presença do ácido fumarprotocetrárico, substância principal produzida por esta espécie em todas as amostras. O ácido protocetrárico, intermediário metabólico do fumarprotocetrárico, também esteve presente em todas as amostras. Substâncias secundárias foram observadas nas amostras controle, 0,1 e 1% de forma crescente da menor para a maior concentração. Foi possível perceber que após um mês de experimento ocorreu uma alteração no metabolismo líquênico, observado pelo acúmulo de substâncias secundárias nas cúpulas submetidas ou não ao fosfato. Essa alteração pode estar relacionada com a aplicação no solo do fosfato como nutriente exógeno e este ter sido assimilado pelo líquen interferindo na síntese de seus fenóis. O não aparecimento da atranorina nessas amostras e no talo *in natura* possivelmente ocorre devido ao estresse que o líquen sofreu depois de transplantado.

Apoio: CNPq.

26

ANEXO D

MOGI-GUAÇU 2008

3^a REBEL

4 A 10 DE MAIO

Terceira Reunião Brasileira de Estudos Liqueenológicos (3ª REBEL) 4 a 10 de Maio de 2008

LIQUENS NORDESTINOS E SUAS SUBSTÂNCIAS
COMO POTENCIAIS AGENTES DO INTEMPERISMO

¹Ricardo Ferreira da SILVA
¹Talitha Lucena de VASCONCELOS
¹Débora Lúcia Costa RAMOS
¹Anderson de Mendonça SILVA
¹Helena Paula de Barros SILVA
¹Hérica BARBOSA
¹Fernando de Oliveira MOTA-FILHO
²Nicácio Henrique da SILVA
¹Eugénia C. G. PEREIRA

¹Departamento de Ciências Geográficas, Centro de Filosofia e Ciências Humanas/UFPE.
Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife - PE, CEP 50670-901.
E-mail: rickpastor@gmail.com.

²Departamento de Bioquímica, Centro de Ciências Biológicas/UFPE.
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, CEP: 50670-901.

Em virtude dos líquens interagirem com substratos rochosos, degradando-os física e quimicamente, algumas hipóteses foram levantadas: a) substâncias líquênicas em contato com minerais ou rochas promovem sua degradação. Experimentos com tais substâncias simulariam o intemperismo biogeoquímico; b) o intemperismo químico é mais veloz e eficaz em climas tropicais. Portanto, o aumento da temperatura em condições experimentais, promoveria uma maior velocidade das reações e, conseqüente transformação da rocha; c) já que as substâncias líquênicas têm propriedade quelante, para degradação química das rochas e, encontram-se depositadas externamente nas paredes celulares do micobionte, sob condições experimentais o talo líquênico pode liberar tais compostos para o substrato para formação de quelatos; d) sabendo que os líquens captam elementos dispersos no ar, sejam nutrientes ou contaminantes, realizam a ciclagem de nutrientes de forma totalmente

Terceira Reunião Brasileira de Estudos Liqueenológicos (3ª REBEL) 4 a 10 de Maio de 2008

higroscópica. Dessa forma, é possível que, em laboratório, suprimentos exógenos de nutrientes volatilizem do substrato e sejam captados pelos líquens. Assim, a síntese de suas substâncias pode ser ativada, com produção incrementada pelas fontes extras de sais. Por isso, é provável que a quelação seja também mais intensa. Com base nessas premissas, foram testadas amostras, migmatito, granito, basalto, milonito e calcário, contra a ação dos ácidos úsnico e fumarprotocetrárico e talo natural de *Cladonia verticillaris* e *C. substellata*. Os ensaios foram realizados por três distintos métodos: a imersão das amostras rochosas em solução das substâncias teste; a submissão dessas rochas ao talo natural e, a adição da temperatura como fator de aceleração das reações de quelação. Em etapa posterior, às rochas foram adicionadas soluções de uréia em distintas concentrações, no intuito de se registrar a volatilização do nitrogênio, captado pelo líquen in natura e, utilizado como fonte suplementar deste elemento, induzindo a uma maior produtividade de compostos quelantes pelo talo natural. Após processamento das amostras rochosas e de líquens por métodos químicos e espectroscópicos, foi possível observar uma ação de todas as substâncias testadas e dos líquens avaliados. Observou-se também um acréscimo de até quatro vezes na velocidade de decomposição das rochas submetidas aos ácidos líquênicos, com o aumento da temperatura em ciclo de 12h/12h e, a transformação dos minerais componentes das rochas testadas por difratometria por raios X. Em alguns casos foi também possível a quantificação dos minerais quelados por ICP/AES, que demonstrou estarem tais elementos nas frações orgânicas obtidas por extração direta da rocha.

Apoio: CNPq, FACEPE, PROPESQ/PROACAD/UFPE