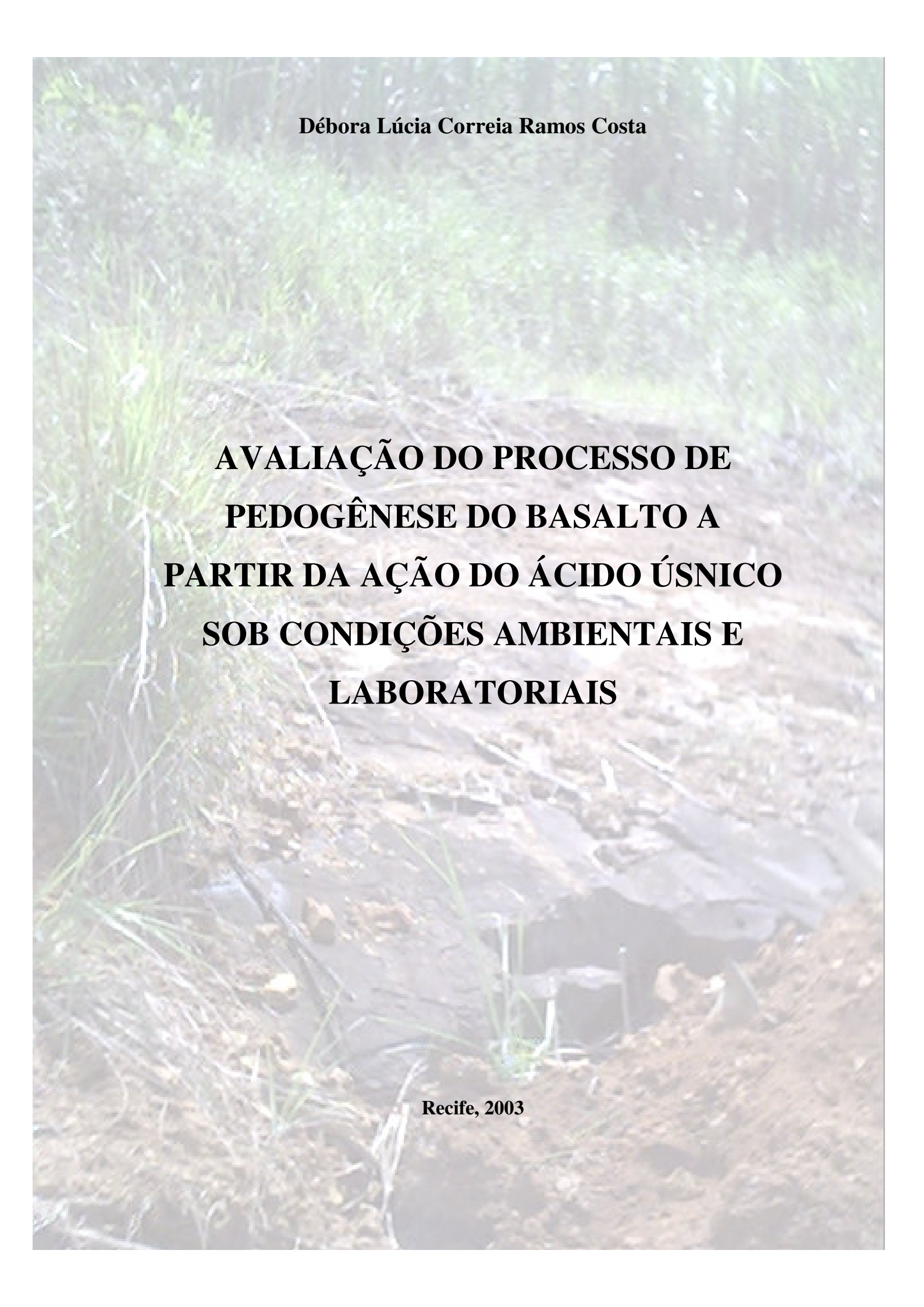




Débora Lúcia Correia Ramos Costa

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE
PEDOGÊNESE DO BASALTO A
PARTIR DA AÇÃO DO ÁCIDO ÚSNICO
SOB CONDIÇÕES AMBIENTAIS E
LABORATORIAIS**

Recife, 2003

Débora Lúcia Correia Ramos Costa

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PEDOGÊNESE DO
BASALTO A PARTIR DA AÇÃO DO ÁCIDO ÚSNICO SOB
CONDIÇÕES AMBIENTAIS E LABORATORIAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrado em Geografia da
Universidade Federal de Pernambuco
como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Mestre em
Geografia

Orientadora

**Eugênia Cristina Gonçalves
Pereira**

Co-orientadores

Edmilson Santos de Lima

Nicácio Henrique da Silva

Recife, 2003

Costa, Débora Lúcia Correia Ramos

Avaliação do processo de pedogênese do basalto a partir da ação do ácido úsnico sob condições ambientais e laboratoriais / Débora Lúcia Correia Ramos Costa. – Recife : O Autor, 2003.

62 folhas : il., fig.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Geografia, 2003.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Geografia física – Pedologia. 2. Ipojuca (PE) – Rocha de basalto – Aplicação de ácido úsnico – Análise do intemperismo bioquímico. I. Título.

**911.2
910.02**

**CDU (2.ed.)
CDD (22.ed.)**

**UFPE
BC2006-099**

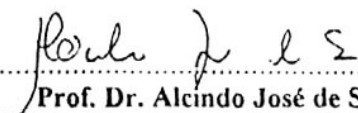
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
MESTRADO DO CURSO EM GEOGRAFIA

D E C L A R A Ç Ã O

Declaro para os devidos fins, que **DÉBORA LÚCIA CORREIA RAMOS COSTA**, defendeu a dissertação intitulada: "**AValiação DO PROCESSO DE PEDOGÊNESE DO BASALTO A PARTIR DA AÇÃO DO ÁCIDO ÚSNICO SOB CONDIÇÕES AMBIENTAIS E LABORATORIAIS**", em 23 de setembro de 2003, tendo obtido "**Aprovação**" atribuída pela Banca Examinadora, composta pelos seguintes Professores Doutores: Eugênia Cristina Gonçalves Pereira (UFPE), Laise de Holanda Cavalcanti Andrade (UFPE), e Rachel Caldas Lins (UFPE).

Coordenação do Curso de Mestrado em Geografia, Departamento de Ciências Geográficas do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Pernambuco.

Recife, 23 de setembro de 2003


.....
Prof. Dr. Alcindo José de Sá
Coordenador do Mestrado em Geografia
Prof. Alcindo José de Sá
Coordenador de Curso de Mestrado
em Geografia/UFPE

RCMS

Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Departamento de Ciências Geográficas
Curso de Mestrado em Geografia
Avenida Acadêmico Hélio Ramos, S/N - 6º andar
CEP: 50.740-520 - Cidade Universitária - Recife- Pernambuco
Fone/ FAX: (081) 271-8277
E-Mail cmgeo@npd.ufpe.br

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	4
LISTA DE FIGURAS	5
RESUMO	7
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Os líquens e seu funcionamento	12
1.2 Líquens e as substâncias liquênicas	13
1.2.1 <i>Cladonia substellata</i> e o ácido úsnico	13
1.3 Importância dos líquens	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Importância do solo e sua relação com os líquens	18
2.2 Relação do líquen com o substrato rochoso	21
2.3 Sobre as substâncias liquênicas e a quelação	22
2.4 Hipóteses de trabalho	25
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
3.1 A crosta terrestre e o basalto	27
3.2 Características gerais da área de estudo	28
3.3 Descrição geológica da área de ocorrência de basalto	31
3.4 Descrição da rocha utilizada (Basalto)	34
4. MANUSCRITO A SER SUBMETIDO À PUBLICAÇÃO	36
AÇÃO DO ÁCIDO ÚSNICO DE <i>CLADONIA SUBSTELLATA</i> VAINIO (LÍQUEN) SOBRE AMOSTRAS DE BASALTO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE	37
5. CONCLUSÃO GERAL	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
7. ANEXOS	59

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Ritinha e Eliezer pelo apoio, incentivo e exemplo.

Às minhas irmãs Cecília, Mariana e Gaby pela força e amizade.

Aos Professores: Eugênia Pereira, Edmilson de Lima, Lucila Borges e Nicácio Henrique, pela impagável orientação, respeito e atenção a mim dispensados.

Ao Mestrado de Geografia por estar aberto a novas abordagens científicas e à interdisciplinaridade, imprescindível a esta pesquisa e à atualidade.

Ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida.

Ao Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Pernambuco por incluir meus experimentos nas atividades do Laboratório de Produtos Naturais. Neste momento, agradeço a João Virgínio, técnico deste laboratório.

Ao Departamento de Física da Universidade Federal de Pernambuco por autorizar as análises dos experimentos em seu Laboratório de Difractometria de Raios X. Neste departamento, agradeço também a atenção e as orientações dadas pelo Sr. João Carlos, técnico deste laboratório.

Aos colegas do Mestrado em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco e do Mestrado de Gestão e Políticas Ambientais.

Ao Núcleo de apoio a pesquisa - NAPA, em especial a Geógrafa Jaci Câmara .

Ao Núcleo de Estudos do Meio Ambiente - NEMA, em especial ao Professor Fernando Mota, aos colegas Anderson Mendonça pelos retoques da parte gráfica desta dissertação e a Luis Henrique Lyra pela divisão das angústias.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO

Figura 01: *Cladonia substellata* Vainio, ocorrente sobre solos arenosos de tabuleiros costeiros do município de Mamanguape, Paraíba. (Escala em cm). **14**

Cap. 3: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Figura 02: Mapa da Região Metropolitana do Recife **29**

Figura 03: Mapa Geológico de Pernambuco **32**

Figura 04: Afloramento de basalto - área de coleta – Camela, Ipojuca **34**

Figura 05: Parte degradada do afloramento de basalto coletado em Gamela onde foram encontrados alguns líquens **35**

4. MANUSCRITO A SER SUBMETIDO À PUBLICAÇÃO

Figura 01: Basalto *in loco* (Camela- Ipojuca, Região Metropolitana do Recife) **39**

Figura 02: Amostra do basalto coletada na Região Metropolitana do Recife. Esquerda rocha inteira, material triturado para montagem dos experimentos. **40**

Figura 03: Modelo estrutural do ácido úsnico. **42**

Figura 04: Cromatograma em camada delgada dos extratos orgânicos de amostras de basalto submetidas ao ácido úsnico a temperatura ambiente, desenvolvido em sistema A de Solventes(tolueno/ dioxano/ ácido acético, 185:45:5, v/v). **43**

Figura 05: Cromatograma em camada delgada dos extratos orgânicos de amostras de basalto submetidas ao ácido úsnico mantido a temperatura de 40°C, desenvolvido em sistema A de solventes (tolueno/ dioxano/ ácido acético, 185:45:5, v/v).	44
Figura 06: Cromatograma em camada delgada dos extratos orgânicos de amostras de basalto e das amostras do talo <i>in natura</i> de <i>Cladonia substellata</i> , desenvolvido em sistema A de solventes (tolueno/ dioxano/ ácido acético, 185:45:5, v/v).	45
Figura 07: Difrátograma do basalto antes de ser submetido aos experimentos	46
Figura 08: Difrátograma do basalto submetido ao ácido úsnico durante 15 dias com temperatura elevada.	47
Figura 09: Difrátograma do basalto submetido ao ácido úsnico por 6 meses.	47
Figura 10: Difrátograma do basalto submetido ao talo <i>in natura</i> de <i>Cladonia substellata</i> Vainio	48

RESUMO

O desenvolvimento do solo requer a atuação de inúmeros fatores correlacionados interagindo durante um longo período, inicialmente sobre a rocha. Dentre estes fatores destacam-se o clima, o relevo e os organismos vivos que, em conjunto, condicionam a rocha a iniciar a formação de um manto de intemperismo. Cada agente intempérico tem sua ação particular e sua contribuição característica. Desta forma, nesta pesquisa identificou-se a contribuição de um ser vivo específico, o líquen *Cladonia substellata*, na formação do solo. Em geral os líquens têm sido largamente utilizados pelo homem, seja na medicina, através de seu uso na fabricação de remédios diversos, seja como biomonitor da qualidade do ar atmosférico, denunciando até a presença de metais pesados. Enfim, são inúmeros os usos aos quais os líquens são destinados. Por sua vez, aqui se fez menção ao seu importante papel na degradação/ transformação do basalto (rocha *mater*), considerando que os líquens são os primeiros seres a habitar a rocha nua e, a partir de sua interação com ela, transforma-a em solo. Com isso, proporcionam a instalação gradual de seres vivos “mais exigentes”, isto é que necessitam de um substrato mais elaborado. Objetivou-se, com isso, verificar se o processo de quelação ocorria entre a substância líquênica e as rochas, levando em consideração três situações distintas entre o basalto e a substância líquênica. A primeira considerou o basalto submetido ao ácido úsnico durante seis meses, à temperatura ambiente; a segunda simulou uma situação entre o basalto e o ácido úsnico aquecida a 40° durante 15 dias e, por fim, a uma terceira considerando o basalto e o talo *in natura* de *Cladonia substellata* Vainio. Como se encontrou resposta positiva a essa primeira questão passou-se à segunda: em quanto a presença do ácido úsnico acelerou as reações e como a introdução de novas variáveis nesta interação refletiu no processo de quelação. Para confirmar este processo foram percorridas várias etapas: a coleta do material líquênico e rochoso, montagem dos experimentos, acompanhamento e coleta de amostras (substância líquênica + rocha), tratamento das amostras líquidas (separação da parte orgânica da aquosa) para análise em CCD e das amostras de basalto para realização de difratometria de raios X, análise dos dados obtidos, além de uma intensa revisão bibliográfica durante toda execução dos experimentos.

Os resultados obtidos através, inicialmente, da análise das cromatografias revelaram que em todas as situações o processo de quelação ocorreu. As análises de difratometria de raios X mostraram que em todos os experimentos montados há uma interação entre o material biológico (substância liquênica) e o material rochoso, ou seja, houve modificação química do basalto. Esta situação foi mais visível nos experimentos do ácido úsnico à temperatura ambiente e com este ácido e o basalto submetidos ao acréscimo da temperatura. Isto comprova que o ácido úsnico realmente tem ação transformadora da rocha, que as condições ambientais da Região Metropolitana do Recife (temperatura, umidade e relevo) aceleram o processo de quelação, sendo esta uma das formas de intemperismo que contribui na transformação da rocha *mater* em solo. O experimento com o talo *in natura* evidenciaram que embora ocorra processo, é muito lento em condições naturais, levando em consideração que este último caso se aproxima mais do que ocorre sob condições naturais.

ABSTRACT

The soil development requires the action of several related factors that interact during very long time period, initially on a rock. Among these factors there are emphasized the climate, relieve and the live organisms. Each weathering agent has its own action and its characteristic in the nature. This way, in this research it was identified the contribution of a specific living being, the lichen *Cladonia substellata* Vainio, on the soil formation. The lichens, in general, have a wide use by man, as medicinal, through medicament for several purposes, as biomonitor of air quality, indicating until the presence of heavy metals and radionuclides. Thus, there are countless uses of which lichens are destined. In this work, it was emphasized its important role on degradation/transformation of basalt (origin rock), considering that lichens are pioneers in inhabit the naked rock and, since its interaction with it, can transform this material in soil. After this, it is proportioned the gradual installation of more exigent live beings, that need a more elaborated substratum. In this point, the objective of this work was to verify if the chelation process occurs between a lichen substance and rocks, considering three different situations between basalt and usnic acid (lichen substance). One situation was to submit the basalt to a solution of usnic acid, during six months, at room temperature (28 ± 3 °C); other simulation with the same material, heated at 40 °C, during 15 days, and finally, a third experiment considering the basalt and *in natura* thallus of *C. substellata*. From a positive response to this first question it was passed to the second one for verifying how much the usnic acid presence should increase the reactions, and how the introduction of a new parameter in this interaction reflected in the chelating process. For confirmation of this process several steps were necessary: collection of lichen and rocky material; construction of experiments; attendance of collection and treatment of liquid (medium) and solid (lichen and rock) samples; TLC, and X ray diffractometry assays; analysis of obtained data, besides an intensive bibliographic survey during the experiments conduction. From lichen material (*C. substellata*) was extracted and purified the usnic acid, that was used at 1mg/mL concentration, in deionized water, and submitted to interacting with the rocky material. The obtained results, initially for chromatography analysis revealed that in all situations the chelating process occurred. The analysis of X ray diffractometry showed that in all experiments was detected an interaction between biological materials. It means that chemical modification of basalt occurred. This situation was more evident

in assays with usnic acid at room temperature (six months) and this acid and basalt submitted to temperature increasing. This fact ratifies that usnic acid has an action of rock transforming; that environmental conditions of Recife Metropolitan Region (temperature, air humidity and relieve) accelerate the chelation process being, this one, a weathering form that contributes to mater rock transformation in soil, and the experiments with *in natura* thallus represents how slow is the process, considering that this last case is more close to that occurs under natural conditions.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Os líquens e seu funcionamento

Os líquens são seres resultantes de uma associação estável entre um fungo e uma alga. O fungo, pertencente ao Reino Fungi, é aclorofilado, enquanto a alga, por ser clorofilada, realiza a fotossíntese e pertence às divisões Chlorophyta ou Cyanophyta (também conhecidas como Cianobactérias), pertencentes aos Reinos Protista e Monera, respectivamente (Margulis & Schwartz, 2001).

As duas partes, alga e fungo, estão dispostas no talo líquênico em camadas sucessivas, e vivem em estado permanente de simbiose. Este contato harmonioso confere à estrutura proteção mútua e transferência de substâncias vitais, como nutrientes e produtos da fotossíntese. Assim, o fungo, pode ser heterotrófico, recebe da alga os carboidratos, vitaminas, etc., que ela elabora a partir da fotossíntese e metabolismo celular. Por outro lado, o fungo passa para a alga o CO₂ resultante de sua respiração, realiza a quebra de moléculas complexas, além de dar a proteção às células das algas contra a secura do ar, e outras adversidades climáticas (Seaward, 1977; Hale, 1983; Nash, 1996).

Os líquens apresentam diferentes formas de crescimento do seu talo. Os crustosos ou crustáceos são aqueles que aderem ao seu substrato de forma tal que deles não são destacados; os arbustivos ou fruticulosos parecem uma pequena planta, e podem ser eretos ou decumbentes; os folhosos ou foliáceos assemelham-se a uma folha sobre o substrato. A diferença morfológica estrutural de talo confere aos líquens resistência diferenciada. Por isso, o crustoso é o mais resistente, enquanto o arbustivo é o tipo mais sensível às intempéries e aos poluentes.

Por compartilharem um mesmo espaço dois organismos totalmente distintos, pertencerem a diferentes Reinos, e formarem um único talo de estrutura e funcionamento estável, os botânicos e micologistas sempre tiveram dificuldades quanto ao posicionamento desses seres na classificação geral dos organismos vivos. São eles fungos, algas ou plantas?

Na verdade o líquen é um pouco de cada. Por isso, Margulis & Schwartz (2001) em seu livro *Cinco Reinos*, designa-os de MYCOPHYCOPHYTA, onde MYCO = fungo; PHYCO = alga e PHYTA = planta.

Tal como os vegetais superiores, os líquens necessitam da água e outros elementos que absorvem do ar atmosférico para o seu crescimento. Desta forma, na época das chuvas, ou quando a umidade está em bons níveis no ar atmosférico, ele

crece ativamente. Contudo, na estação mais seca, o líquen resseca e seu crescimento estaciona (Denison, 1973).

Apesar dessa grande sensibilidade em relação às condições atmosféricas, esses organismos simbióticos são encontrados em todas as regiões do mundo, inclusive em áreas submetidas a condições climáticas severas.

1.2 Os líquens e as substâncias liquênicas

Esta relação alga/fungo confere aos líquens uma série de peculiaridades. A primeira delas é a produção de metabólitos secundários – as substâncias liquênicas – que são depositados sobre as hifas do fungo liquênico, na forma de cristais, e estão em contato direto com a água absorvida pelo talo. Por isso, a dissolução de compostos liquênicos em condições naturais é então assegurada (Seaward, 1977; Hale, 1983). Esses metabólitos são, então, responsáveis pela maioria das benéces advindas dos líquens.

O arranjo cristalino destas substâncias no talo liquênico favorece a seleção de radiação que sobre ele incide, absorvendo-a ou refletindo-a, funcionando, dessa forma, como fotorreceptor e/ou fotoindutor. Tal capacidade faz com que o líquen “regule” sua temperatura. Por isso, são encontrados em áreas inóspitas, de climas desfavoráveis, como por exemplo, altas montanhas, desertos quentes e gelados, etc. Sabe-se que tais seres habitam locais onde jamais um dos simbioss isolados sobreviveria (Seaward, 1977).

1.2.1 Cladonia substellata e o ácido úsnico

A espécie de líquen utilizada nesta pesquisa foi a *Cladonia substellata* Vainio (Figura 1). Pertence, de acordo com sua composição química e morfológica, à seção Uniciales, pois possui 98,1% de ácido úsnico (Ahti *et al*, 1993), substância liquênica com atividades bastante diversificadas (Nash, 1996), além de características únicas da família Cladoniaceae como, por exemplo, talos que evoluem para uma forma arbustiva, também denominados podécios (Pereira, 1998).



Figura 01: *Cladonia substellata* Vainio, ocorrente sobre solos arenosos de tabuleiros costeiros do município de Mamanguape, Paraíba. (Escala em cm).

O ácido úsnico é uma substância de baixa solubilidade em água. Seus cristais, de coloração amarela, variam de forma de acordo com o solvente utilizado na recristalização. Por exemplo, apresenta forma de pena, quando evaporado rapidamente em acetona, ou prismático por cristalização gradual com benzeno (Asahina & Shibata, 1954; Pereira, 1998).

1.3 Importância dos líquens

Os líquens desde a antigüidade vêm sendo utilizados no combate a doenças das mais variadas. Deles também são extraídos óleos essenciais aromáticos, substâncias fixadoras de essências de perfumes, corante de tecidos e óleos. São também utilizados na manufatura da cerveja, do conhaque e do álcool, além de serem eficientes no controle do ciclo biológico de insetos (Llano, 1951; Pereira, 1998).

Os líquens também são ótimos bioindicadores de poluição atmosférica, pois os retem os poluentes contidos no ar atmosférico o que possibilita indicar o nível de poluição de uma determinada área, inclusive se os poluentes são metais pesados (Seaward, 1977).

A expansão urbana vem, cada vez mais, e de forma rápida, destruindo os ecossistemas, apesar de alguns casos referidos quanto à reposição de plantas na mesma área devastada, ou em área adjacente, serem bem sucedidas, estes funcionam apenas como um paliativo.

O problema agrava-se por não pensarem os técnicos que ao iniciar a devastação de uma área, os seres participantes dos ecossistemas já começam seu processo de desaparecimento.

No caso dos líquens, estes além de indicarem a qualidade do ar, participam de inúmeras reações no sistema vivo, tanto como formadores dos solos, ou mesmo interagindo com insetos e outros pequenos animais, fornecendo abrigo e alimento (Seaward, 1977; Nash, 1996).

No que se refere ao seu pioneirismo, o desenvolvimento do substrato orgânico que possibilita a sucessão dos seres inicia-se a partir da colonização do substrato rochoso pelo líquen. Então, caso áreas de afloramento sejam devastadas (por incêndios, desmatamentos, ou atacadas por poluentes atmosféricos), é possível que os líquens componentes daquele habitat desapareçam junto.

A avaliação da interação de metabólitos líquênicos sobre tais substratos poderá fornecer subsídios a um melhor conhecimento do mecanismo de intemperismo exercido por tais substâncias sobre as rochas. Comprovar e elucidar esta forma de interação entre o meio inorgânico (rochas) e o orgânico (líquens) é mais uma maneira de mostrar a importância das interações. Deve-se ressaltar que certas atitudes do homem frente ao meio ambiente devem ser repensadas no intuito de que este meio ambiente possa ser preservado, e quiçá melhorado, para as gerações futuras.

Outro feito relevante atribuído aos líquens, e a este dar-se-á maior importância, pois sobre ele versa esta dissertação, refere-se à capacidade destes fixar-se em um substrato completamente inorgânico como rochas *mater*, e iniciar sobre ele o intemperismo biogeofísico e biogeoquímico, ou seja, iniciar a formação dos solos sendo por tal feito, os líquens, de grande importância na sucessão dos seres.

O desenvolvimento do solo requer a atuação de inúmeros fatores correlacionados interagindo durante um longo período, inicialmente sobre a rocha. Dentre estes fatores destacam-se o clima, o relevo, os organismos vivos que, em conjunto, condicionam a rocha a iniciar a formação de um manto de intemperismo.

Desta forma, esta pesquisa identifica contribuições na formação do solo, a partir de um organismo especial (líquen), tendo em vista sua larga utilização pelo homem, seja

na medicina, através de seu uso na fabricação de remédios diversos, seja como bioindicador da qualidade do ar atmosférico, denunciando até a presença de metais pesados, isto é, medem a presença e a evolução da poluição (Takani *et al.*, 2002). Enfim são inúmeros os usos aos quais os líquens são destinados.

A presente dissertação de mestrado faz parte de um projeto de pesquisa maior que busca entender o comportamento de substâncias líquênicas sobre rochas de grupos genéticos e constituição distintas submetidas às condições ambientais da Região Metropolitana do Recife, de modo que a área selecionada para este estudo foi o Distrito de Camela localizado no município de Ipojuca, onde coletou-se o basalto utilizado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância do solo e sua relação com os líquens

Ao solo só foi dada importância após as civilizações mais antigas tomarem conhecimento de que esta porção da crosta terrestre era vital para a manutenção da espécie humana, sobretudo dos povos mais civilizados, que já não eram mais nômades.

Atualmente os solos têm um significado muito mais amplo, não apenas para a ciência que o estuda, mas como um recurso finito de produção de alimentos para o mundo. A população mundial aumenta em escala exponencial, ao passo que as terras agricultáveis permanecem as mesmas, desde o início das civilizações, com perspectivas de redução em virtude de práticas agrícolas inadequadas.

Então o problema a resolver torna-se cada vez mais grave e de difícil solução. Por isso, não apenas estratégias no sentido de descobrir novas tecnologias são necessárias, mais pesquisas de base fundamentais à perpetuação da qualidade dos solos.

As rochas *mater*, quando afloram na superfície terrestre, iniciam o processo de pedogênese (formação dos solos), a partir de ação de elementos físicos, químicos e biológicos. Os líquens são pioneiros na colonização de rochas por seres vivos e constituem participantes ativos nesses conjuntos de ações sobre a rocha que tomam por substrato. Este pioneirismo só é possível graças às características de funcionamento dos líquens que, não precisam diretamente de um substrato para sobreviver, captam tudo que necessitam para sua nutrição e hidratação dos elementos dispersos no ar atmosférico além disso possuem capacidade de fotossintetizar, pois um dos seus componentes, a alga, é clorofilada, e, portanto habilitada para tal (Seaward, 1977; Hale, 1983; Nash, 1996). Desta forma, o substrato tem como principal função proporcionar a fixação do líquen.

A qualidade e pureza do ar atmosférico são cruciais à sobrevivência dos líquens, que por isso são bioindicadores e biomonitores de poluição, como já mencionado. Além disso, algumas espécies têm preferência por alguns substratos rochosos, podendo ser tomados como indicadores de tipos de minerais e rochas (Seaward, 1977; Nash, 1996).

A ação dos líquens na formação dos solos pode adquirir papel de destaque, já que estes seres contribuem para a degradação da rocha, junto a outros fatores intempéricos (mecânicos, químicos e biológicos) como vento, variação de temperatura, chuvas, ação dos seres vivos (vegetação, animais, etc.). Neste caso, ressaltam-se os líquens, através da ação de suas substâncias, para a formação de solos, pois à medida que vão decompondo a rocha e constituindo algum substrato orgânico, permitem a

instalação de outros seres que requerem umidade e nutrientes, a exemplo dos musgos, e vegetais fanerogâmicos. Assim, os líquens são também muito importantes na sucessão ecológica de seres.

Takani *et al.* (2002) dizem que os líquens há algum tempo vêm sendo utilizados na detecção da presença de metais pesados no solo, bem como a evolução deste processo de degradação ambiental. Estes autores demonstraram que a análise de líquens, em vários lugares, mostra que eles acumularam ^{137}Cs , ^{106}Ru , ^{125}Sb , entre outros metais pesados produzidos pela ativação de Chernobyl.

Atenção à capacidade do líquen de sobreviver às intempéries, habitando substratos rochosos, desde as mais áridas e frias e/ou quentes regiões do globo terrestre, é relatada já há alguns séculos.

Linnaeus (1762, apud Smith, 1921) descreve a sucessão das plantas referindo que “*líquens crustosos são os primeiros na origem da vegetação... Quando as rochas emergem dos mares elas são polidas pela força das ondas, onde tipo algum de planta pode nelas fixar-se, isto mais especialmente próximo à praia. Rapidamente, na verdade, minúsculos líquens crustosos começam a cobrir estas rochas áridas, e sustentados por minúsculas partículas de solo trazidas a eles através da chuva e pela atmosfera. Estes líquens, ao envelhecerem tornam-se uma camada de humus, onde novos líquens introduzem seus rizóides para sustentação. Neste momento vários musgos, como o Hypnum, Bryum e Polytrichum, chegam e encontram um local apropriado e alimento. No momento da morte desses musgos, há quantidade de solo suficiente para que plantas herbáceas e arbustivas estabeleçam-se e mantenham sua existência*”. Observações similares foram feitas por Goeppert (1860, apud Smith, 1921), entretanto com líquens típicos de telhados, como a *Lecanora saxicola*. Considerou, ainda, como destruidores específicos de rocha algumas espécies foliáceas, como *Parmelia saxatilis*, *P. stygia* e *P. encausta*. Espécies de *Gyrophora* e *Sphaerophorus* têm o mesmo poder desintegrador, mas a superfície da rocha pode perder sua coesão até a profundidade de 5 a 10cm. Espécies crustosas como *Lecanora popolytropia*, *Candelariella vitellina*, dentre outras, têm poder de ação de um solvente, enquanto *L. atra* e *Acarospora smaragdula* tornam a rocha tão frágil que se pode partí-la com um canivete.

Guembel (1856, apud Smith, 1921), observou a ação de *Lecanora ventosa* sobre rochas graníticas, ora pela excreção do seu CO_2 que acidifica seu substrato, ora pela ação mecânica de suas hifas e rizinas. Complementou o autor que rochas expostas à

ação do tempo não tinham sua superfície tão desintegrada quanto as mesmas cobertas por líquens.

Salter (1856, apud Smith, 1921) foi o primeiro a concluir que o ácido oxálico é o principal agente de origem biológica envolvido na desintegração da rocha. Ele refere que a substância age em quase todas as classes de minerais halogênicos, ou mesmo em material composto de sílica como vidro pulverizado.

Bachmann (1913, apud Smith, 1921) refere que o granito, por exemplo, pode ser reduzido por líquens a uma massa granular amarela semelhante à argila, em período relativamente curto de tempo; este autor concluiu que, a distribuição do líquen sobre a rocha é direcionada pelo teor de umidade e pelas superfícies que lhe dê ponto de apoio. Quando testou rochas calcárias descobriu que as que possuíam líquens em sua superfície conseguiam reter e absorver mais a água, contribuindo para a instalação de vegetais de maior porte.

Em regiões tropicais as algas gelatinosas azuis instalam-se em primeiro lugar, após os líquens. Três anos após a erupção do Krakatoa, Treub (1888, apud Smith, 1921) encontrou camadas verde escuras dessas algas entre as pedras-pomes e cinzas vulcânicas, bem como nas rochas roladas pelas encostas das montanhas, considerando que eram da mesma época que os líquens.

Por serem tão resistentes, e crescerem de forma muito lenta, os líquens possuem longevidade incomparável. Daí serem também usados na determinação da idade de monumentos arqueológicos e/ou históricos, quando recursos de ^{14}C não são disponíveis. Esta técnica não é, obviamente, a mais eficiente, entretanto possibilita uma estimativa de tempo (Llano, 1951; Feige & Kremer, 1979).

Sabendo-se a taxa de crescimento de determinadas espécies liquênicas é possível estimar a antiguidade de uma rocha, ou a idade de um monumento histórico.

Os líquens ocupam qualquer substrato; habitam de madeiras queimadas, em decomposição a troncos vivos, folhas, muros, telhados, solos, rochas, etc. Até vidros provenientes de lixos deixados por “turistas ecológicos” no meio de bosques e trilhas são substratos para líquens (Marcelli, comunicação pessoal, apud Pereira 1997). Apesar disso, muitas espécies têm preferência por substratos específicos. O *Stereocaulon alpinum* é um líquen terrícola; *Cladonia cornuta* é típica de solos ácidos; *Lichina pygmae* ocorre em paredões rochosos ou rochas à beira mar na região mediterrânea, dentre outros exemplos.

Por serem específicos, obrigatórios ou não, indicam não só o ambiente em que vivem, como também os minerais e rochas que usam como substrato.

2.2 Relação do líquen com o substrato rochoso

A decomposição de minerais e rochas pelos líquens se dá, basicamente, de duas formas: a biogeofísica e a biogeoquímica. Na primeira, a degradação física sugere dois mecanismos importantes: a) a penetração das rizinas no substrato, com o movimento de expansão/contração; b) em segundo lugar tem sido afirmado que o umedecimento/ressecamento dos líquens produzem alterações mecânicas mais importantes do que a decomposição química causada pelas substâncias líquênicas. Explicações iniciais acerca da decomposição das rochas, e outras superfícies se dão através de efeitos mecânicos de penetração da hifa, alternando seu estado intumescido quando úmida, e contráctil quando seca.

A invasão das fendas das rochas pelas hifas dos líquens, demonstrada por diversos trabalhos de (Ascaso, 1976) leva a supor que estes seres, tomam nutrientes de seu substrato.

A decomposição biogeoquímica pode ser realizada a partir da acidificação da água pelo CO₂ proveniente da elaboração, pelos líquens, de compostos bioquímicos hidrossolúveis, ou pela produção do ácido oxálico. Estes dois últimos processos são considerados os mais importantes.

A habilidade dos líquens de decompor rochas se dá, essencialmente, pela atividade do micobionte (do fungo) de certas espécies, principalmente o *Rhizorcarpon geographicum* e espécies do gênero *Umbilicaria*.

Os mecanismos de adaptação que permitem estas espécies habitar rochas “nuas”, e perpetuação em ambientes inóspitos a outras formas de vida incluem resistência à secura do ar e temperatura extremas, longevidade e taxa de crescimento comensurada com a baixa liberação de nutrientes da rocha não intemperizada.

Outro mecanismo de adaptação dos líquens é a capacidade de penetração e digestão de suas substâncias. Pouca informação se tem acerca da profundidade alcançada na penetração. Degelius (1962, apud Seaward, 1977) reporta 19mm para *Verrucaria marmorea*; Seaward (1977) apenas 10mm para *Baeomyces rufus*, em uma

clivagem de xisto. Syers (1964, apud Seaward, 1977) encontrou uma rizina líquênica a 16mm em uma rocha calcária.

Talos endolíticos ocorrem, principalmente, em líquens calcícolas. Por outro lado, espécies calcífugas exploram linhas de pouca resistência de granitos ou xistos onde crescem.

2.3 Sobre as substâncias líquênicas e quelação

As substâncias líquênicas são, na maioria, de natureza fenólica, antigamente designadas como “ácidos líquênicos” (Culberson *et al.*, 1977). Como já amplamente referido estas estão envolvidas nos mecanismos de decomposição de rochas-máter, através da quelação.

A quelação se trata de uma reação química onde uma substância, no caso a líquênica, tem a capacidade de captar íons de outra (proveniente da rocha, neste exemplo). Jones (1988) refere a capacidade quelante das substâncias líquênicas, que podem solubilizar cátions de substratos minerais, com ênfase aos ácidos estítico e fisódico (Fahlset, 1994), que são particularmente ativos na decomposição de rochas. Por outro lado, Brown & Beckett (1985) consideram proteínas localizadas na parede e membrana celular do micobionte, e o ácido oxálico (Wilson, 1992) como os mais importantes agentes de decomposição mineral (Bigarella *et al.*, 1996). Silva *et al.* (2002) demonstraram que a atranorina e o ácido fumaprotocetrarico têm ação na degradação de rochas de naturezas diferentes como o calcário e o granito, assim como Costa *et al.* (2001) demonstraram que há interação/ quelação entre o ácido úsnico e as mesmas rochas acima referidas:

O estágio inicial de decomposição de minerais primários por líquens, essencialmente, envolve o ataque da solução “ácida” (da substância líquênica) em locais vulneráveis, nos quais os elementos constituintes da rocha são completamente removidos.

Muitos líquens crustosos produzem o ácido oxálico em abundância, assim como uma grande variedade de substâncias fenólicas, que reagem com os minerais das rochas, para formar complexos (metálicos ou não). Líquens incrustados em minérios de Fe e Mn formam oxalatos destes elementos, o que confirma uma relação próxima entre eles e o substrato rochoso. Bigarella *et al.* (1996) reportam a interação de líquens com o Mg

contido na pedra-sabão utilizada por Aleijadinho em suas obras expostas em Congonhas (MG). Segundo Feige & Kremer (1979) e Vicente (comunicação pessoal apud Pereira, 1997), fatos de ataque de líquens a monumentos históricos na Europa são frequentemente reportados, e um tratamento adequado é requerido para interrupção do processo.

Ascaso *et al.* (1982) estudaram a ação de líquens sobre calcário sob o talo de *Caloplaca callopisma* quando a rocha formou oxalato de cálcio monohidratado, e em alguns casos verificaram-se altos teores de oxalato de ferro. A interação desta rocha com o líquen não resultou na produção do oxalato de magnésio, como era de se esperar. Isto levou os pesquisadores a concluir que este composto, na forma dihidratada, não é formado sob condições naturais.

A atividade química que provoca decomposição da rocha foi inicialmente atribuída ao CO₂ proveniente da respiração do fungo, e que se encontra dissolvido no interior do talo liquênico. Este postulado não foi ainda conclusivo a nível experimental. Especulações iniciais sobre o assunto indicam ser o ácido oxálico responsável pelo processo referido, o que pode ser verdadeiro para as espécies calcícolas. Wade (1965) observou que talos de *Caloplaca* crescidos em substratos calcários têm, freqüentemente, uma aparência pruinosa, devida ao depósito de cristais de oxalato de cálcio. Destacou também que espécies calcícolas obrigatórias, como *Caloplaca heppiana*, *Aspicilia calcarea* e *Rhizocarpon umbilicatum*, são muito mais ricas neste tipo de sal do que as não obrigatórias. Isto sugere que o envolvimento do metabolismo liquênico com o oxalato de cálcio confere uma adaptação para o crescimento em substratos calcários. Por outro lado, rochas calcárias macias podem ser também protegidas da erosão pelo talo liquênico (Pentecoste & Fletchen, 1974). Um pequeno grupo, por conseguinte, está ligado a rochas ricas em ferro. Daí metabolizarem e excretarem óxidos desses elementos. Isto inclui *Acarospora sinopica*, *Rhizocarpon oederi*, *Lecidea atrata* e *L. silacea* (Brodo, 1974).

Ascaso *et al.* (1976) demonstraram a capacidade de reação de quatro substâncias liquênicas com rochas ricas em Si, usando o ácido oxálico como referência. A partir dos resultados concluíram que a capacidade quelante das substâncias liquênicas não está diretamente relacionada à sua solubilidade em água, pois compostos com ação diferenciada apresentaram hidrossolubilidades similares. Por outro lado, a modificação no pH, principalmente os mais baixos, propiciaram uma maior capacidade de formar complexos entre as substâncias liquênicas e íons inorgânicos dos minerais e rochas.

Estes mesmos autores constataram que, fragmentos de talo líquênico incubados com amostras de minerais e rochas são mais efetivos na indução de transformação desse material do que combinações ou soluções das substâncias líquênicas extraídas do material vivo (líquen).

As alterações químicas induzem também a mudanças morfológicas em minerais e rochas. Por exemplo, os feldspatos potássicos podem ser mais facilmente alterados que os cálcicos, enquanto a biotita é um mineral bastante alterável (Ascaso, 1985).

A gênese de minerais em laboratório pode ser demonstrada. *Rhizorcarpon geographicum* é capaz de transformar feldspato em halosita. Este fato foi verificado *in natura* (Ascaso, 1985).

A interação entre o talo líquênico e a superfície rochosa tem sido também estudada através da difração por raios X e microscopia eletrônica. No contato de *Parmelia conspersa* com seu substrato de granito foi detectada a presença de cristais de caulinita, halosita e sílica amorfa. O líquen *Umbilicaria pustulata* não gera minerais na natureza como o faz em laboratório. Neste caso, a montmorilonita é produzida. Estes resultados demonstraram que líquens característicos de um determinado tipo de rocha são capazes de modificá-la *in vitro* tão bem quanto *in vivo* (Ascaso, 1985).

A importância da interação líquen/rocha para a formação de solos primitivos, a partir de minerais alterados, levou Galvan *et al.* (1981) a estudarem a capacidade dos líquens na alteração de rochas metamórficas. Os autores concluíram que na interface talo/rocha havia retenção de quartzo menor do que na rocha. As micas foram retidas sob o talo líquênico, enclausuradas entre as hifas, e também encontradas em líquens aderidos à rocha, em superfície reduzida. O teor de retenção então depende da compactação da rocha e/ou o teor de minerais de mica na rocha-mater.

Os feldspatos são também alterados pelos líquens. O efeito de *Pertusaria corallina* sobre o basalto, que consiste basicamente de plagioclásio, foi da sua alteração pelo ácido oxálico (Jones *et al.*, 1980).

Face aos estudos amplamente relatados, é possível concluir que os líquens que utilizam determinado substrato rochoso de forma específica são capazes de modificá-lo tanto *in vivo* como *in vitro* (Ascaso, 1985). Por outro lado, quando não há especificidade líquen/substrato, os processos de alteração morfológica (decomposição), transformação mineral, e ação mecânica podem diferir quando observado na natureza, ou quando submetido a ensaios laboratoriais.

2. 4 Hipóteses de trabalho

Face aos dados levantados na literatura acerca da interação de líquens e suas substâncias, com rochas de distintos materiais, foi possível estabelecer as seguintes hipóteses:

O ácido úsnico exerce ação degradadora sobre o basalto.

Justificativa. Relatos da literatura e ensaios com material rochoso de distintas naturezas revelaram o ácido úsnico como substância de alta capacidade quelante.

O aumento da temperatura aumentará o teor de cátions retirados do material rochoso.

Justificativa. Sabe-se que a cada 10°C nem sempre a velocidade de algumas reações dobra. Por isso, o intemperismo nos trópicos é cerca de nove vezes maior do que nas áreas boreais, e três vezes maior que nas regiões temperadas. Isto, aliado às condições de umidade, favorece a formação de solos profundos e bastante transformados quimicamente.

A avaliação da ação do líquen in natura sobre o material rochoso fornecerá subsídios a uma maior compreensão dos fenômenos que ocorrem sob condições naturais

Justificativa. Ensaio laboratoriais permitem a avaliação dos fenômenos sob condições controladas, com pequeno número de variáveis que influam na interpretação dos resultados. Testes com substâncias isoladas e purificadas evidenciam as etapas químicas do intemperismo; o uso do líquen poderá elucidar as reações de um material biológico vivo sobre elementos abióticos (basalto, neste caso).

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 A crosta terrestre e o basalto

A crosta terrestre é formada por rochas, cujos constituintes são minerais, esparsos metais nativos e sedimentos, estes últimos derivados das rochas pela ação do intemperismo. São as rochas, juntamente com os fósseis, os elementos que os geólogos usam para decifrar os fenômenos geológicos atuais e do passado (Leinz & Amaral, 1978).

Mineral corresponde a um elemento ou composto químico, via de regra resultante de processos inorgânicos, de composição química definida e naturalmente encontrado na crosta da Terra. São, em geral, sólidos e apenas o mercúrio se apresenta no estado líquido em condições normais de temperatura e de pressão (Bigarella *et al.*, 1996).

Rocha é um agregado natural formado de um ou mais constituintes minerais (inclusive vidro vulcânico e matéria orgânica), constituindo parte essencial da litosfera. As rochas correm em extensões consideráveis na crosta terrestre. São elas nitidamente individualizadas, porque os minerais se agregam obedecendo a leis físicas, químicas ou físico-químicas, a depender das condições em que se forma a rocha (Leinz & Amaral, 1978).

De acordo com sua origem distinguem-se três grandes grupos de rochas ígneas ou magmáticas, sedimentares e metamórficas. As rochas magmáticas provêm da consolidação do magma e são, por isto, de origem primária. Delas se derivam, por processos vários, as rochas sedimentares e metamórficas. A textura de uma rocha magmática expressa as condições geológicas em que se formou, enquanto que a natureza mineralógica dos cristais indica a composição química.

A condição geológica que interfere na textura das rochas ígneas obedece ao seguinte: intrusivas, plutônicas ou abissais formam-se quando o magma se consolida dentro da crosta terrestre a vários quilômetros de profundidade. O resfriamento ocorre de forma tal que dá possibilidade dos cristais desenvolverem-se, formando uma textura equigranular fanerítica (aparente, visível) pelo fato dos minerais serem bem formados e de tamanho grande. Por outro lado, em outras condições, o magma pode extravasar alcançando a superfície, formando rochas extrusivas ou efusivas.

Entre estes dois grupos, intrusivas e extrusivas, ocorrem as rochas hipabissais, as quais formam-se em condições geológicas quase superficiais, e normalmente em forma

de dique ou sil. Possuem textura microcristalina ou afanítica podendo possuir fenocristais (cristais bem formados) no seio da matriz.

A granulação dessas rochas magmáticas é bem variável podendo ter os minerais medindo desde milímetros a decímetros. Quanto aos minerais, estes não são distinguíveis a olho nu. Por isso, a textura é chamada de afanítica (não visível). Pode ser equigranular ou porfirítica, pois o tamanho dos cristais depende da velocidade da cristalização e da viscosidade do magma.

3.2 Características Gerais da Área de Estudo

A Região Metropolitana do Recife (RMR) está localizada na porção oriental do Estado de Pernambuco, com uma área de 2.989 km,² o que representa, aproximadamente, 3,0% da área desse Estado. Dela fazem parte os Municípios de Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Moreno, São Lourenço da Mata, Olinda, Paulista, Araçoiaba, Itamaracá, Igarassu, Itapissuma, Abreu e Lima, Jaboatão do Guararapes, Ipojuca além do Recife (Figura 2).

O forte e rápido processo de urbanização que a RMR vem experimentando é resultante também da intensa migração (campo-cidade), acarretando expansão de sua área e o alargamento do cinturão marginal. Como consequência deste crescimento desordenado áreas que deveriam ser preservadas, ou utilizadas com ressalvas, como os mangues (que são violentamente sufocados pelos aterros) e morros (que sofrem com o desmatamento e os cortes para construção), são utilizadas de forma inadequada chegando ao desequilíbrio ambiental, pelo aumento progressivo da poluição dos recursos hídricos e atmosféricos, dentre outros. Com isso, são mais freqüentes os desmoronamentos o que, nas últimas chuvas, foi traduzido em muitas mortes, como um dos exemplos do uso inadequado dos recursos naturais.

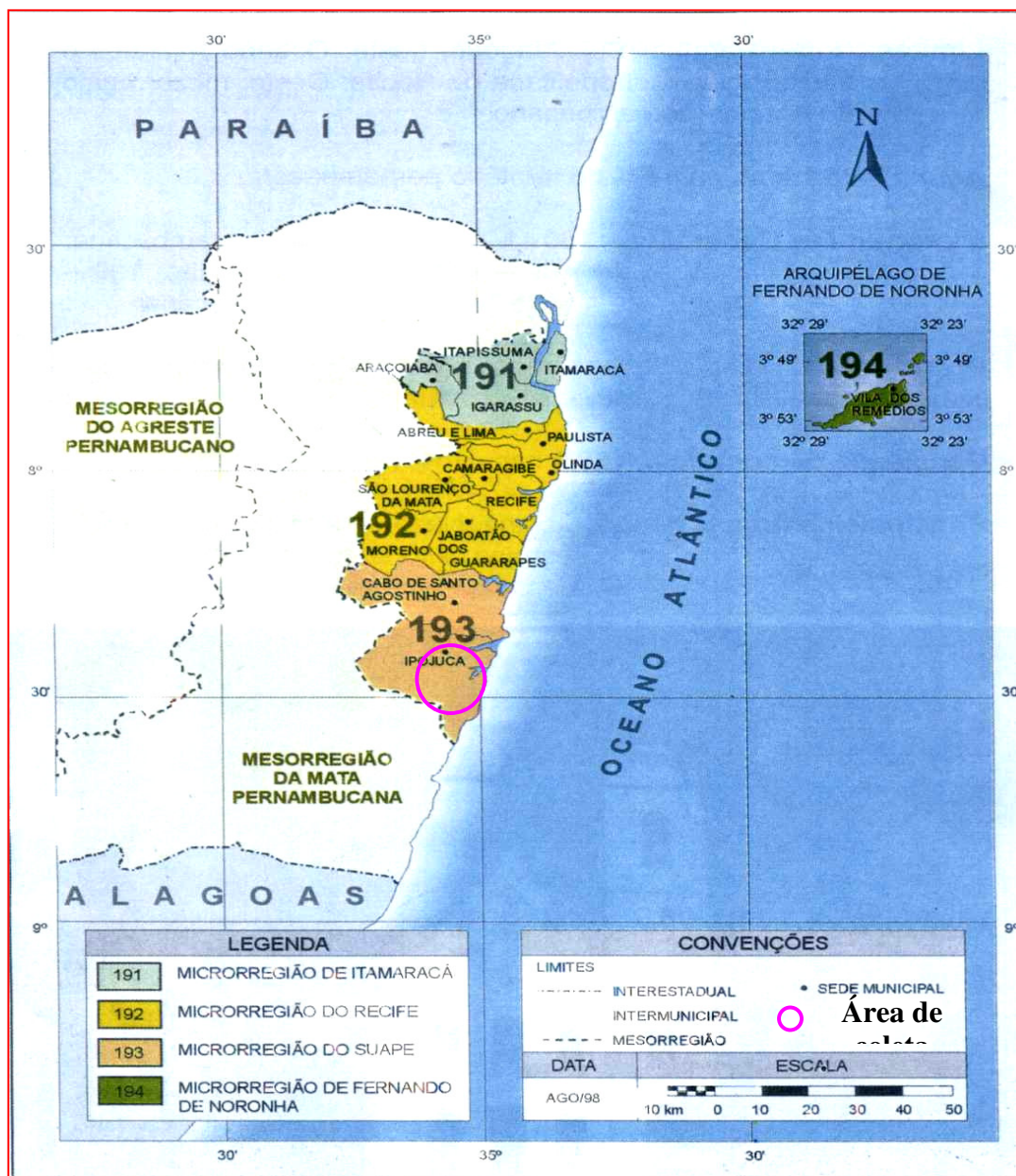


Figura 02: Mapa da Mesorregião Metropolitana do Recife, com indicativo de localização do município de Ipojuca. Fonte: Correia de Andrade *et al.*, Atlas Escolar Pernambuco (2003).

No tocante a geomorfologia da RMR são identificadas três unidades principais sensivelmente diferenciadas: a planície fluvio-marinha, os tabuleiros sedimentares e as elevações do complexo cristalino (Jatobá, 1998). A primeira delas é a mais extensa e assenta 89% do total do Recife. É caracterizada por terras baixas e inundáveis as quais, ao longo dos anos, já sofreram várias modificações representadas por aterros e drenagens. Embora o ponto culminante, com altitude de 424 metros, esteja situado na

Serra do Urucu, município do Cabo de Santo Agostinho, não se deve considerar que a RMR tenha relevo acentuado, pois as cotas mais elevadas se restringem a uma reduzida parcela de terrenos localizados a Sudoeste, nos limites dos municípios do Cabo de Santo Agostinho e de Vitória de Santo Antão.

Na paisagem morfológica predominam dois tipos: os Tabuleiros do Grupo Barreiras (de maior extensão ao norte com altitudes de até 150 metros) e as formas Colinosas de Complexo Cristalino. A estas representações associam-se duas outras de menor expressão: a Planície Costeira e os maciços orográficos do Sudoeste, melhor representados pela Serra do Cotovelo e do Urucu.

Ao norte do Recife, os Tabuleiros Sedimentares apresentam trechos íntegros e extensos. Contudo, também existem formas irregulares e montanhosas com perigo de desmoronamento, onde os solos são profundos com drenagem e fertilidades variáveis.

Limitando as áreas de tabuleiros, encontra-se o relevo dos patamares cristalinos com aspecto de “mar de morros”, resultante de superfícies de erosão. Aparecem intercalados por alguns maciços e alinhamentos escarpados mais elevados.

O substrato da Região Metropolitana, na parte sul, corresponde a terrenos formados pelo Grupo Pernambuco, subdividido em Formação Cabo, um conglomerado composto por blocos arredondados e seixos de rochas do embasamento e, um grupo de rochas alcalinas representadas por vulcanitos variados, destacando-se o granito do Cabo de Santo Agostinho; rochas do Complexo Cristalino e depósitos do Grupo Barreiras. Na porção oeste predominam rochas do Complexo Cristalino e, ao norte, depósitos sedimentares do Grupo Barreiras.

O uso do solo a partir da colonização pelos portugueses, foi inicialmente efetivado com a extração do pau-brasil, logo depois com a implantação do sistema *Plantation* de exploração (baseado na tríade: cana-de-açúcar, mão-de-obra escrava e grandes extensões). Assim também se deu a antiga e atual forma de uso do espaço na RMR, com a destruição de grande parte da floresta nativa, restando apenas fragmentos da floresta primitiva que recobria a Zona da Mata, tornando clara a escassez de áreas verdes. Nesses espaços a vegetação é, em geral, do tipo capoeira, isto é, do tipo secundário de fraco valor econômico. É localizada, principalmente, nos municípios de Igarassu, Jaboatão dos Guararapes e Cabo de Santo Agostinho. Ocorrem também na Região espécies nativas de praias, restingas e mangues.

O Núcleo Urbano Central do Recife ao norte, nas cercanias de Paulista, Abreu e Lima, para o oeste em Camaragibe e São Lourenço da Mata, e ao sul em direção a

Jaboatão dos Guararapes a RMR apresenta-se bem urbanizado com pouco verde. Do município de Recife para o norte predominam os coqueiros, os pomares, as culturas alimentícias nos vales e terrenos cristalinos e a cana de açúcar como cultura predominante. Ao sul de Recife, a partir do Cabo de Santo Agostinho, a cana de açúcar cede lugar apenas nos topos das colinas, onde aparecem manchas de vegetação florestal.

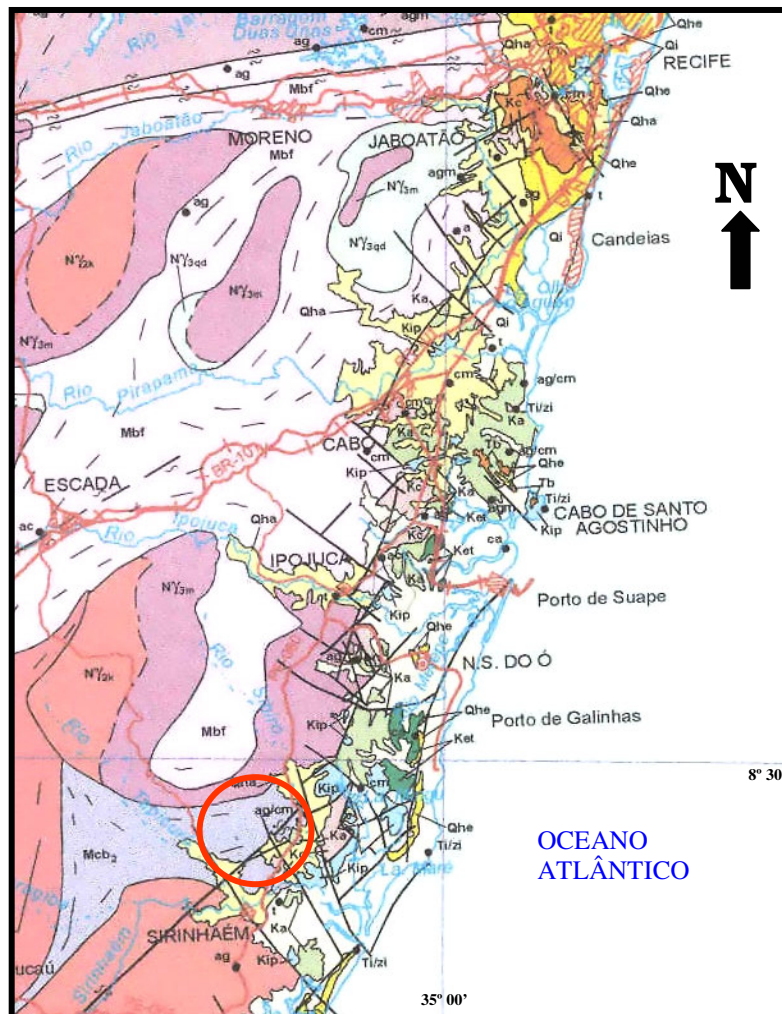
A bacia do rio Capibaribe constitui o principal sistema hidrográfico da RMR. Procede do agreste e percorre a área através dos municípios de São Lourenço da Mata e Recife.

A rede de drenagem é representada, ao norte, por cursos de água, dentre os quais Monjope e Botafogo em Igarassu, e Paratibe em Paulista. Em Jaboatão dos Guararapes destacam-se os rios Moreno e Jaboatão, e no Cabo de Santo Agostinho os rios Pirapama e Gurjaú.

O clima da RMR é, segundo a classificação de Köppen, o As' pseudotropical úmido caracterizado como quente e úmido com chuvas de inverno antecipadas no outono; a temperatura média anual de 25°C, com precipitação média anual de 1.800mm. A massa de ar predominante na área é a Tépidia Calaariana, originária do Atlântico Sul, nas imediações do deserto de Kalahari, África (Andrade & Lins, 1992).

3.2 Descrição Geológica da Área de ocorrência de basalto

A Bacia de Pernambuco está limitada ao norte pelo Lineamento Pernambuco ao sul pelo Alto estrutural Maragogi-Barreiros. A oeste limita-se pelas rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino do Maciço Pernambuco-Alagoas e a leste com o oceano Atlântico (Figura 03). A sedimentação na bacia inicia-se no Aptiano (120 milhões de anos) até o Quaternário. Ocorrem, ainda, rochas ígneas de idade Cretácica. Estratigraficamente a Bacia Pernambuco é formada pela Formação Cabo, Formação Estiva, Suíte Ipojuca, Formação Algodoads, Formação Barreiras e os sedimentos do Quaternário costeiro (Lima-Filho, 1998).



Fonte: Mapa Geológico de Pernambuco, 2001

Figura 03: Mapa Geológico de Pernambuco, com indicativo da área de ocorrência e coleta de basalto.

LEGENDA

-  Área de coleta de material
-  Suítes Magmáticas com monzonitos e granodioritos
-  Sedimentos Aluvionares
-  Complexo Cabrobó
-  Formação Algodoads: conglomerados com seixos de rochas vulcânicas, arcóseo com seixos de quartzo e de tufo vulcânico, matriz argilosa .
-  Falha ou zona de cisalhamento
-  Curso d'água permanente
-  Curso d'água intermitente
-  Estrada pavimentada

E: 1/500.000

A Formação Cabo ocorre na porção oeste da Bacia Pernambuco, em contato com o embasamento cristalino através de falhas normais geradas durante a estruturação da bacia. Conglomerados polimíticos e polimodais de caráter sintectônico são os constituintes principais desta formação. Ocorrem, de modo geral, sob a forma de morros arredondados.

As rochas ígneas da Bacia Pernambuco formam a Suíte Ipojuca. Os principais litotipos são riolitos, traquitos, basaltos, o granito do promontório de Santo Agostinho e os depósitos piroclásticos. Os riolitos são representantes do vulcanismo mais ácido e de menor densidade da bacia ocorrendo, geralmente, como diques. As rochas basálticas cortam toda a sequência sedimentar e formam um extenso derrame por toda bacia.

A Formação Algodoads é constituída por um conglomerado com seixos de tufo e rochas vulcânicas, com dimensões médias de 5 cm a 10cm, dispersos na matriz arcoseana grossa, composta por feldspato e quartzo. Em geral, possui coloração avermelhada a amarelada. Passa gradativamente para um arenito maciço grosso, com seixos de quartzo angulosos e feldspatos argilizados. A matriz é argiloarenosa, apresentando cores variadas (branca, amarela e vermelha). É comum encontrar nesta fácies estratificação cruzada acanalada. Quando se observam os grãos de quartzo no microscópio, verifica-se que são de fonte vulcânica.

Esta formação também é composta por arcóseos creme a cinza, com seixos de quartzo esfumado e angulosos, dispersos na matriz. O arcóseo possui granulação média a grossa, contendo seixos dispersos de rochas vulcânicas (riolitos, basaltos e ignimbritos), quartzo e feldspato. O tamanho dos seixos varia, chegando a atingir 10cm.

A principal diferença dessa unidade para a parte inferior da Formação Cabo, é a presença de rochas vulcânicas da suíte Ipojuca (Figura 03).

A Formação Barreiras aflora na bacia de forma descontínua, principalmente entre os promontórios formados pelo Cabo de Santo Agostinho e o traquito da Ponta das Pedras Pretas sendo, em geral, tectonizada e podendo ser notada através da geomorfologia (morros basculhados). Podem ocorrer no atual nível de base (porção nordeste da área), ou ocupando as cotas mais altas (porção sudeste), sotoposta à sedimentação cretácea ali existente. Nas proximidades do Granito do Cabo de Santo Agostinho, pode ser observado um perfil típico, representativo dessa sedimentação na área.

3.4 Descrição da rocha utilizada (Basalto)

O nome basalto foi utilizado pela primeira vez por Agrícola no Século XVI para denominar rochas de coloração escura encontradas na Alemanha. As rochas basálticas são de origem vulcânica, possuem textura afanítica e teor em sílica da ordem de 50%. Os principais minerais formadores do basalto são: plagioclásio cálcico, piroxênios, olivinas, anfibólios e minerais opacos (óxidos e hidróxidos de ferro).

Para realizar os trabalhos experimentais foi utilizada amostra de basalto da Suíte Ipojuca da Bacia de Pernambuco coletada três quilômetros após a entrada do distrito de Camela, em Ipojuca, à margem direita no sentido Recife / Ipojuca (Figura 04).



Figura 04: Afloramento do Basalto- área da coleta em Camela – Ipojuca.

Em afloramento, o basalto apresenta uma capa de alteração, proveniente de intemperismo químico. Possui uma textura afanítica e é constituído por plagioclásio, anfibólio, biotita e óxido de ferro. Alguns basaltos apresentam pronunciada sideritização. O anfibólio e a biotita geralmente encontram-se parcialmente alterados e cloritizados (Figura 05).



Figura 05: Parte bem degradada do afloramento de basalto, onde foram encontrados alguns liquens. (Ipojuca – PE)

4. MANUSCRITO A SER SUBMETIDO À PUBLICAÇÃO

**AÇÃO DO ÁCIDO ÚSNICO DE *CLADONIA
SUBSTELLATA* VAINIO (LÍQUEN) SOBRE
AMOSTRAS DE BASALTO DA REGIÃO
METROPOLITANA DO RECIFE**

Débora Lúcia Correia Ramos Costa, Eugênia C. Pereira, Edmilson Lima, Nicácio Henrique da Silva, Lucila Ester Prado Borges.

REVISTA ACTA BOTÂNICA BRASÍLICA

AÇÃO DO ÁCIDO ÚSNICO DE *CLADONIA SUBSTELLATA* VAINIO (LÍQUEN) SOBRE AMOSTRAS DE BASALTO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

Débora Lúcia Correia Ramos Costa¹;

Eugênia C. Pereira^{2*}

Edmilson Lima³

Nicácio Henrique da Silva⁴

Lucila Ester Prado Borges⁵

RESUMO – (Ação do ácido úsnico de *Cladonia substellata* Vainio –líquen- sobre amostras de basalto da Região Metropolitana do Recife). Neste trabalho objetivou-se verificar a degradação do basalto, material originário do Latossolo Vermelho Escuro ou terra roxa, sob ação do talo in natura de *Cladonia substellata* Vainio e do ácido úsnico (USN) dela extraído. Amostras da rocha foram coletadas em Ipojuca, Região Metropolitana do Recife (RMR), Estado de Pernambuco e o líquen em tabuleiros arenosos (cerrados) de Mamanguape, Estado da Paraíba. Foram conduzidos três tipos de ensaios: a rocha submetida ao USN (1mg/mL) por seis meses à temperatura ambiente ($28^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$); outra sob influência do aumento da temperatura (40°C) por ação de 15 dias; outra rocha submetida ao talo in natura por três meses. Em todos os casos foram coletadas periodicamente alíquotas da solução de ácido úsnico (24h, 48h, 72h, 7, 14, 21, 28 dias, até 6 meses - dependendo do experimento), todas extraídas com solventes orgânicos, assim como as amostras do talo in natura e material rochoso colocado abaixo dele. Esses extratos foram submetidos a Cromatografia em Camada Delgada (CCD) e a Difractometria de Raios X. Os resultados indicaram que em todas as simulações houve ação quelante do ácido úsnico o que variou foram a intensidade e rapidez com que se deu esta reação de quelação (degradação/ transformação da rocha pela ação do ácido úsnico). Logo nas primeiras 24h todos os experimentos começaram a sofrer alteração sendo verificada ação mais rápida nos experimentos sob ação do aumento da temperatura. O talo in natura, por possuir menor concentração da substância testada, demonstrou ação mais lenta, não mostrando alteração detectável por difratometria.

Palavras Chave - ácido úsnico; basalto, solos; quelação; intemperismo

ABSTRACT – (Action of usnic acid from *Cladonia substellata* Vainio (lichen) on basalt samples of Metropolitan Recife Region. The main objective of this paper was to verify the weathering of basalt, known as original material for Dark Red Latosol, or ‘terra roxa’(verificar se o nome está correto ou se existe terra roxa em inglês) formation, under *in natura* thallus of *Cladonia substellata* Vainio and usnic acid (USN) obtained from this species. Rock samples were collected in Ipojuca, Metropolitan Recife Region (MRR), Pernambuco State, Brazil, and the lichen one on sandy soil of tabuleiro (savannah like vegetation) of Mamanguape County, Paraíba State (Brazil). Three different assays were carried out: the rock submitted to usnic acid (1mg/mL) during six months, at room temperature ($28^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$); the second under influence of temperature increasing (40°C), during 15 days; and other submitted to *in natura* thallus during three months. In all cases periodic aliquots were subtracted from the usnic acid solution (24h, 48h, 72h, 7, 14, 21, 28 days, until 6 months – depending on the experiment), all extracted with organic solvents, as well as the *in natura* thallus samples and rocky material placed under it. Those extracts were analyzed through Thin Layer Chromatography (TLC) and **X-ray diffraction** X Ray Diffractometry. The results indicated that in all simulations usnic acid act as chelating substance. The detected variation was the intensity and velocity of chelating reaction (rock weathering/transformation through usnic acid action). After the initial 24h, all experiments started to show alterations, being possible to verify a fastest action in the assays under action of temperature increasing. The *in natura* thallus, due to its lower concentration of

tested substance, exhibited slower action, showing none detectable alteration through **diffraction diffractometry** test.

Key Words - usnic acid; basalt; soil; chelation; weathering

¹Curso de Mestrado em Geografia; ²Departamento de Ciências Geográficas, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. deboramos-mes@bol.com.br fmf@elogica.com.br

³Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. delima@ufpe.br

⁴Departamento de Bioquímica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. nhsilva@uol.com.br

⁵Departamento de Engenharia de Minas, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

* autor a ser endereçado. Parte de dissertação de Mestrado em Geografia/UFPE.

Introdução

Os líquens produzem substâncias resultantes de seu metabolismo secundário as quais fornecem subsídios à sobrevivência deste grupo biológico em condições ambientais das mais diversas. Tradicionalmente aos líquens são atribuído o papel de formadores de solos, pois são seres pioneiros na colonização de rochas mater, que ao aflorarem na superfície terrestre, iniciam seu processo de pedogênese (formação de solos), a partir da ação de elementos físicos, químicos e biológicos (Seaward, 1977; Hale, 1983; Nash, 1996; Pereira, 1997). Assim, muito se tem a ressaltar com relação à sua importância na sucessão de seres. Estes vão se desenvolvendo a medida que os líquens decompõem a rocha e criam um substrato orgânico, isto é, um solo suficientemente desenvolvido à instalação de organismos mais exigentes.

A essa habilidade de habitar substratos totalmente inorgânicos soma-se a eficácia das substâncias líquênicas de degradar a rocha, e as estruturas de rizinas de proceder o intemperismo físico por penetração e movimentos de expansão e contração (Seaward, 1977, Nash, 1996).

No presente trabalho foi analisada a ação do ácido úsnico extraído de *Cladonia substellata* Vainio, na degradação de basalto coletado na Região Metropolitana do Recife (NE do Brasil), o que contribuiu para o conhecimento da micota liquenizada regional, além do acompanhamento das etapas de degradação, e formação primária de solos de naturezas variadas. O trabalho contribui com o conhecimento da interação rocha / líquens na formação dos solos.

Material e métodos

- *Coleta e acondicionamento do material*

a) Líquens

Amostras de *Cladonia substellata* Vainio, cerca de 500g, foram coletadas sobre solos arenosos de tabuleiros costeiros (cerrado) do município de Mamanguape, PB, para a extração, isolamento e purificação do ácido úsnico e experimento com talo *in natura*. O material foi seco à temperatura ambiente ($25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$) e acondicionado em caixas de papelão.

b) Rocha

Para realizar os trabalhos experimentais foi utilizada amostra de basalto coletadas na Suíte Ipojuca da Bacia de Pernambuco cuja área de ocorrência dista três quilômetros do distrito de Camela, no município de Ipojuca. Em afloramento apresenta uma capa de alteração, proveniente de intemperismo químico. Possui uma textura afanítica e é constituída por plagioclásio, anfibólio, biotita e óxido de ferro. Alguns basaltos apresentam pronunciada sideritização. O anfibólio e a biotita geralmente encontram-se parcialmente alterados e cloritizados (Figuras 1 e 2).



Figura 01: Aspecto do basalto coletado em Ipojuca – PE.

As amostras de basalto foram divididas em três partes principais. A primeira para catalogação, a segunda foi triturada mecanicamente para os testes realizados, a terceira foi avaliada inteira.



Figura 02: Amostra do basalto coletada na Região Metropolitana do Recife. Esquerda rocha inteira, direita material triturado para montagem dos experimentos.

- *Isolamento e purificação do ácido úsnico*

O ácido úsnico, foi isolado a partir de 500g de talo de *Cladonia substellata* Vainio macerado em almofariz. O material acima tratado foi submetido à extração em soxhlet a temperatura constante de 40°C, durante 36 horas, utilizando éter etílico como solvente. O material filtrado foi evaporado a vácuo e cristalizado com benzeno e ácido acético. Os cristais obtidos foram diluídos em clorofórmio, precipitados com três volumes de etanol gelado, filtrados e recristalizados, conforme Pereira (1998).

- *Montagem dos experimentos*

- a) *Basalto versus Ácido Úsnico*

As amostras de basalto trituradas foram incubadas à temperatura ambiente ($25^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$) em Becker de 500mL, contendo 300mL de solução aquosa do ácido úsnico, a 1mg/mL. O ácido oxálico foi utilizado como substância de referência. Destas amostras foram retiradas alíquotas de 10mL às 24h, 48h, 72h, e posteriormente, em intervalos de sete dias no período de um mês. Em seguida foram retiradas amostras mensais durante mais cinco meses. De cada amostra foram extraídas duas alíquotas com solventes orgânicos que foram congelados para posterior análise.

b) Basalto *versus* ácido úsnico, com o aumento da temperatura

O material rochoso foi submetido ao ácido úsnico utilizando-se mantas de aquecimento a 40°C por 12h diárias. Alíquotas serão retiradas às 24h, 48h, 72h, 7 e 15 dias para extração orgânica e análise química

c) Basalto sob talo *in natura* de *Cladonia substellata*

Amostras da mesma rocha foram submetidas ao talo líquênico *in natura*, sendo este umedecido três vezes por semana, por borrifação do líquen com água deionizada (10mL). Neste caso, as alíquotas (do talo e da rocha) foram coletadas por três meses. Em todos os casos realizou-se a extração orgânica, seguida de CCD e Difratometria de Raios X.

- *Processamento das alíquotas*

Para o processamento das alíquotas, estas foram descongeladas e extraídas com duas mesclas distintas de solventes: a primeira com éter/acetato de etila (65:35, v/v), e a segunda com clorofórmio/acetonitrila (60:40, v/v), conforme Pereira et al. 1999.

Os extratos orgânicos foram evaporados à temperatura ambiente (25°C ± 3°C), e as frações aquosas restantes foram concentradas à metade em banho Maria a 100°C.

- *Ensaio de cromatografia em camada delgada (CCD)*

Os extratos orgânicos foram submetidos à cromatografia ascendente em camada delgada, desenvolvida no sistema A de solventes (tolueno/ dioxano/ ácido acético 180:45:5 v/v), segundo Culberson (1972). Foram utilizadas placas de sílica gel F Merck, utilizando como padrão o ácido úsnico Merck. Após a evaporação do solvente a placa cromatográfica foi visualizada sob luz UV (longa e curta) para demarcação das bandas evidenciadas. Em seguida, esta foi pulverizada com H₂SO₄ a 10%, e aquecida a 100°C por 1h, para reação de coloração das bandas, e cálculo dos valores de R_f.

- *Difratometria de Raio-X*

Foram realizadas análises difratométricas utilizando-se o DRX- D5000, marca Siemens, radiação de Cuká, com passo de 0,02° / seg, no intervalo 2θ de 8 a 50°.

Resultados e discussão

Em todos os experimentos realizados sobre a ação do ácido úsnico, sobre o basalto, durante as primeiras 72 horas percebeu-se o início da reação entre a substância líquênica e a rocha através da liberação de gases. É possível que se trate do CO₂ resultante da acidificação do substrato promovida pelo ácido úsnico. Guembel (1856, apud Smith, 1921), observou a ação da *Lecanora ventosa* sobre rochas graníticas pela excreção de seu CO₂ acidificando o substrato, bem como na ação mecânica de suas hifas e rizinas. Segundo este mesmo autor, as rochas expostas à ação do tempo não são tão rapidamente degradadas quando comparadas às cobertas por líquens.

Análises mais recentes realizadas por Costa et al (2000) comprovam a propriedade quelante do ácido úsnico quando posto a interagir com o granito e com o calcário.

O ácido úsnico tem características únicas, formando um grupo específico entre as substâncias líquênicas, e é uma das mais bem estudadas na química dos líquens. Sua estrutura consta de uma unidade aromática dihidroxilada, de caráter fenólico (anel A), e a ela ligada uma função cetônica, e um grupo metila. O anel B, cíclico de seis carbonos com insaturação, contém uma metila e três grupos cetônicos. O caráter hidrófobo da substância se dá por possuir quatro grupos cetônicos e um anel furano unindo os anéis A e B (Figura 3). Seus cristais, de coloração amarela característica, variam de forma, de acordo com o solvente utilizado na recristalização. Por exemplo, apresenta forma de pena, quando evaporado rapidamente em acetona ou é prismático por cristalização gradual em benzeno. O ácido úsnico ocorre na natureza nas formas D e L, e o ponto de fusão dos seus cristais é por volta de 203°C; entretanto, na forma DL-úsnico, seu ponto de fusão baixa para 194°C (Asahina & Shibata, 1954).

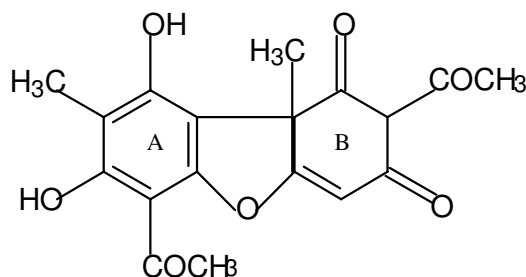


Figura 3: Modelo estrutural do ácido úsnico

A estrutura deste ácido possibilita a redução a álcool das funções cetônicas, localizadas nos anéis A e B. As hidroxilas resultantes podem complexar com os íons do basalto, o que também pode ocorrer nas hidroxilas fenólicas.

Logo no início da realização dos experimentos foi observado que as paredes dos beakers ficaram levemente alaranjadas. Isto pode ser atribuído à reação do Fe com o fenol liquênico ou à degradação/ transformação da rocha. Outra possibilidade pode ser abordada, desde que o Al pode complexar com o Fe, além da possibilidade já mencionada de ligar-se à OH.

Para averiguar a degradação da substância liquênica, ao interagir com o basalto, foi procedida a CCD dos extratos orgânicos (Figura 4). Através dela foi possível observar que a atuação do ácido úsnico se inicia logo nas primeiras 24h, pois parte desta substância já aparece reduzida, com o Rf de 86,7 neste período. Gradativamente o ácido úsnico vai sendo reduzido. Tal fato foi também observado por Pereira (1998), que demonstrou por CCD, ser a banda de *C. substellata* com Rf superior ao do ácido úsnico (85) esta substância na sua forma reduzida. A partir do sétimo dia, é também possível observar bandas formadas com valores de Rf inferiores ao padrão que podem ser produtos de degradação deste fenol, como o floroglucinol e/ou o β metil orcinol carboxilato.

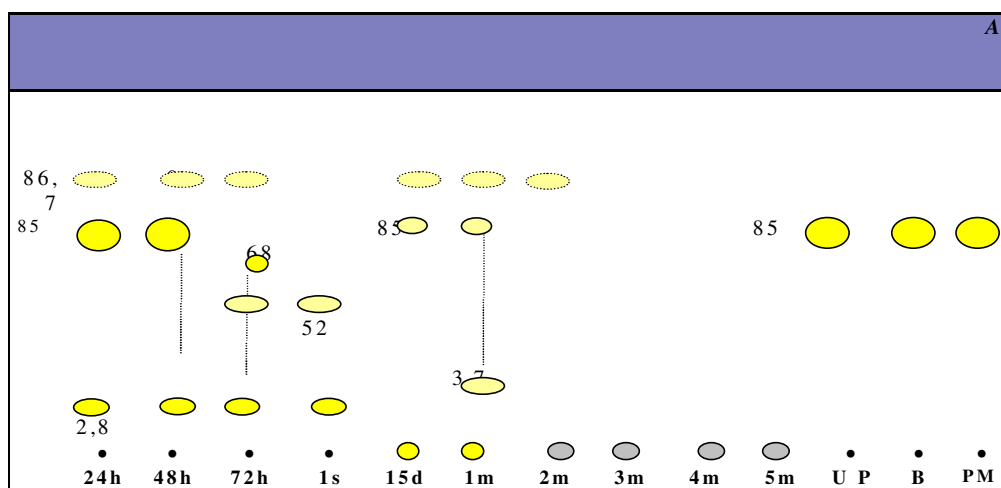


Figura 4: Cromatograma em camada delgada dos extratos orgânicos e amostras de basalto submetidas ao ácido úsnico, desenvolvido em sistema A de solventes (tolueno/ dioxano/ ácido acético, 185:45:5, v/v). Legenda: UP- Ácido Úsnico purificado de *Cladonia substellata*; B- Ácido Úsnico Extrato bruto *Cladonia substellata*; PM- Ácido Úsnico Padrão Merck; Tempo de Incubação das amostras h (horas), s (semanas), d (dias), m (meses).

Quando submetidas à ação da temperatura elevada as amostras de basalto demonstraram comportamento semelhante ao do experimento mantido à temperatura ambiente. No entanto, conforme demonstra a figura 5, com uma semana de experimento já não mais se detectou a substância na sua forma inicial, o que sugere ter sido o aquecimento um fator de aceleração no processo de quelação. Estes dados podem ser ratificados de acordo com (Buckman, 1979), o qual afirma que a cada 10°C a velocidade da reação dobra. Por isso, o intemperismo nas regiões tropicais é três vezes mais rápido do que nas regiões temperadas e nove vezes maior do que nas subpolares.

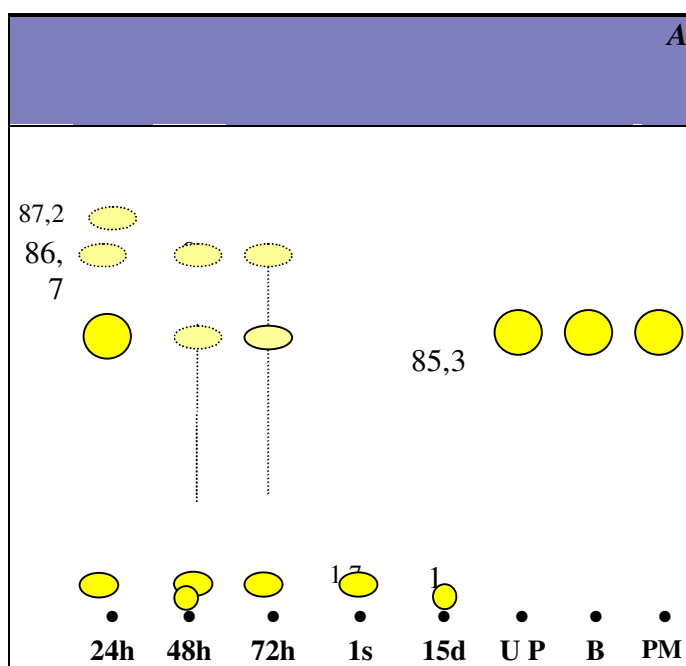


Figura 5: Cromatograma em camada delgada dos extratos orgânicos de amostras de basalto submetidas ao ácido úsnico mantido a temperatura de 40°C, desenvolvido em sistema A de solventes (tolueno/ dioxano/ ácido acético, 185:45:5, v/v).

Legenda: UP– Ácido Úsnico purificado de *Cladonia substellata*; B- Ácido Úsnico Extrato bruto *Cladonia substellata*; PM- Ácido Úsnico Padrão Merck; Tempo de Incubação das amostras h (horas), s (semanas), d (dias).

Quando o experimento foi conduzido com o talo *in natura*, foi possível observar que o líquen vivo também age sobre a rocha, dado confirmado pela ocorrência dos produtos de degradação do ácido úsnico (Figura 6). No entanto, a reação se dá de forma

mais lenta, pois ao término do experimento ainda era possível encontrar o USN nas amostras e nenhum sinal de sua forma reduzida. Por outro lado, tratando-se de um experimento *in vivo*, é possível que a *C. substellata* tenha permanecido com suas atividades metabólicas usuais, lançando para o substrato quantidades de USN suficientes para que fossem detectadas nos ensaios cromatográficos. Isto possibilita deduzir que este experimento foi o mais aproximado das condições naturais de pedogênese, pois o tratamento com o ácido úsnico purificado reflete a ação da substância em maior concentração que a lançada pelo talo *in natura*. Em contrapartida, a influência da temperatura associa esta à substância pura em maior concentração do que no talo vivo, o que enfatiza o processo de quelatação.

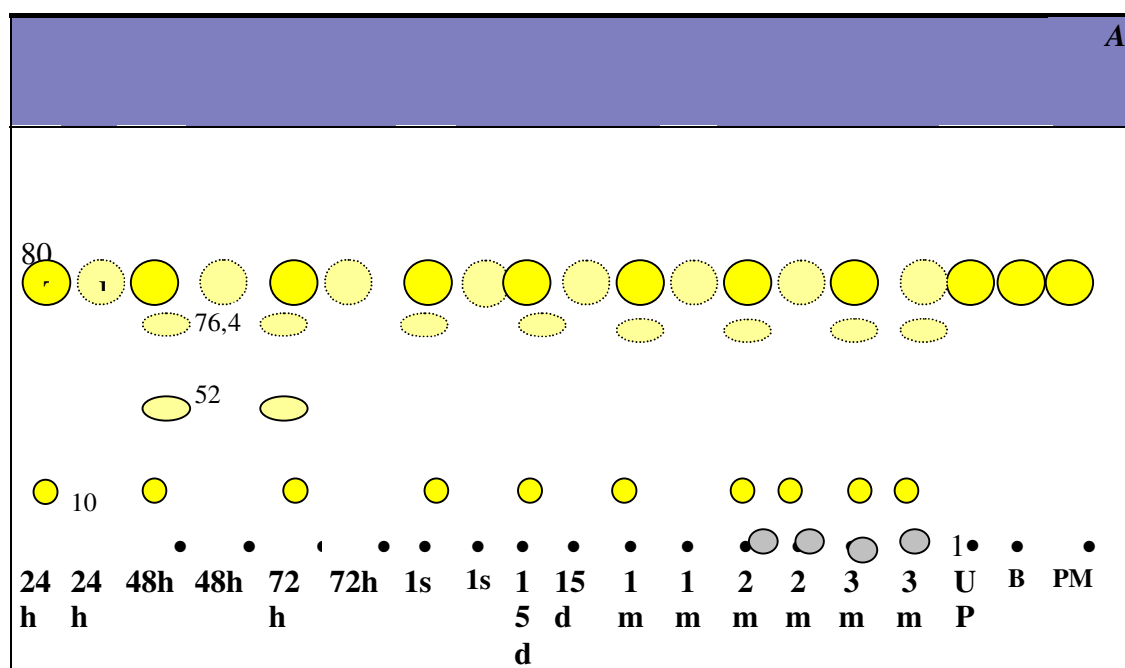


Figura 6: Cromatograma em camada delgada dos extratos orgânicos de amostras de basalto e das amostras do talo *in natura* de *Cladonia substellata*, desenvolvido em sistema A de solventes (tolueno/ dioxano/ ácido acético, 185:45:5, v/v).

Legenda: UP– Ácido Úsnico purificado de *Cladonia substellata*; B- Ácido Úsnico Extrato bruto *Cladonia substellata*; PM- Ácido Úsnico Padrão Merck; Tempo de Incubação das amostras h (horas), s (semanas), d (dias), m (meses).

O método de difração é fundamentado no fenômeno de dispersão de ondas, quando estas atravessam vãos, ou interceptam obstáculos com dimensões aproximadas do comprimento de onda. Assim, os raios X, cujos comprimentos de onda variam de 10^2 a 10^{-3} nm, são usados na técnica de análise de minerais, pois os afastamentos entre seus

átomos são da ordem de 10^{-1}nm ($1 \bullet$). Estudos revelam que embora os raios-X sejam de fato difratados pelos cristais, atuam como se fossem refletidos de planos no interior do cristal. Contudo, diferentemente da reflexão da luz, os raios X não são refletidos continuamente de qualquer plano do cristal, à medida que varia seu ângulo de incidência. Neste trabalho, as modificações foram interpretadas em comparação com os registros dos espaçamentos interplanares, pesquisados em dados mineralógicos disponíveis em literatura (JCPDS - Joint Committee on Powder Diffraction Standards), identificam-se as substâncias cristalinas presentes.

Assim, o difratograma revela a estrutura cristalina dos minerais que compõem a amostra. Em comparação com os registros dos espaçamentos interplanares, pesquisados em dados mineralógicos disponíveis em literatura, identificam-se as substâncias cristalinas presentes. Neste aspecto os difratogramas seguintes (figuras 7-10) revelam que houve uma discreta alteração na composição inicial do basalto induzida pelo ácido úsnico. O efeito é mais evidente nas amostras de seis meses e nas de 15 dias com temperatura elevada, como foi demonstrado nos ensaios de CCD. No experimento do basalto com o talo *in natura* não houve, pela difratometria de raios X, alteração relevante, fato também observado nos ensaios recém referidos.

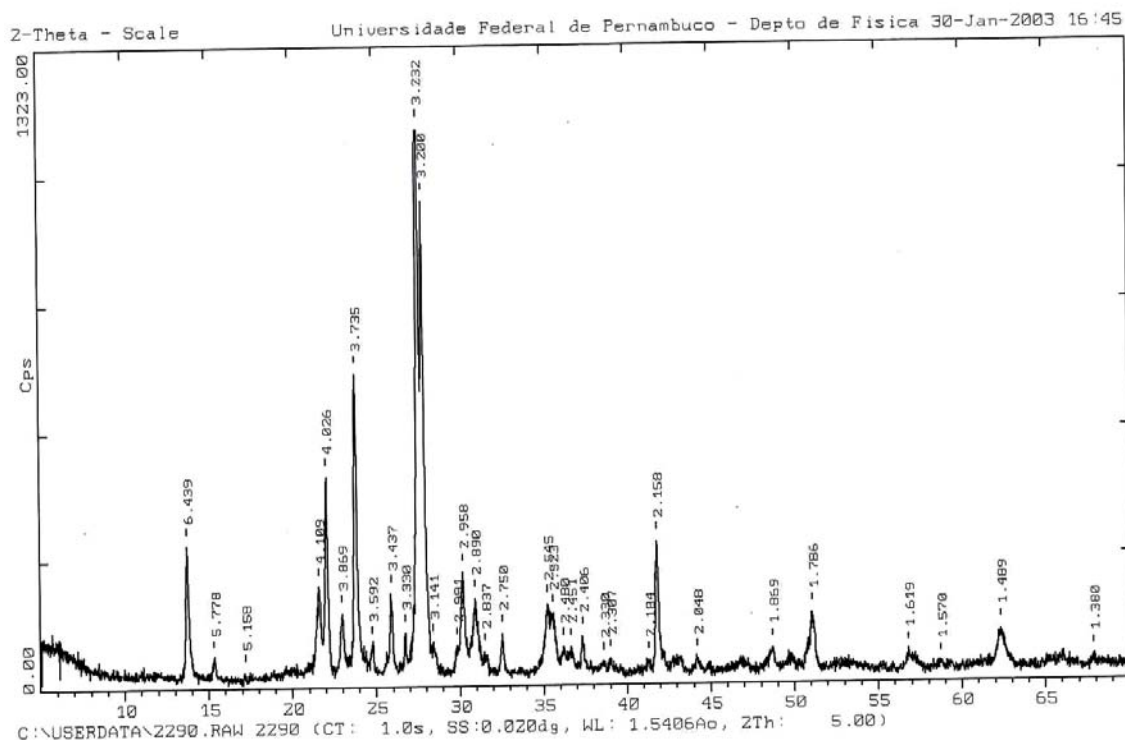


Figura 07: Difratoograma basalto antes de ser submetido aos experimentos.

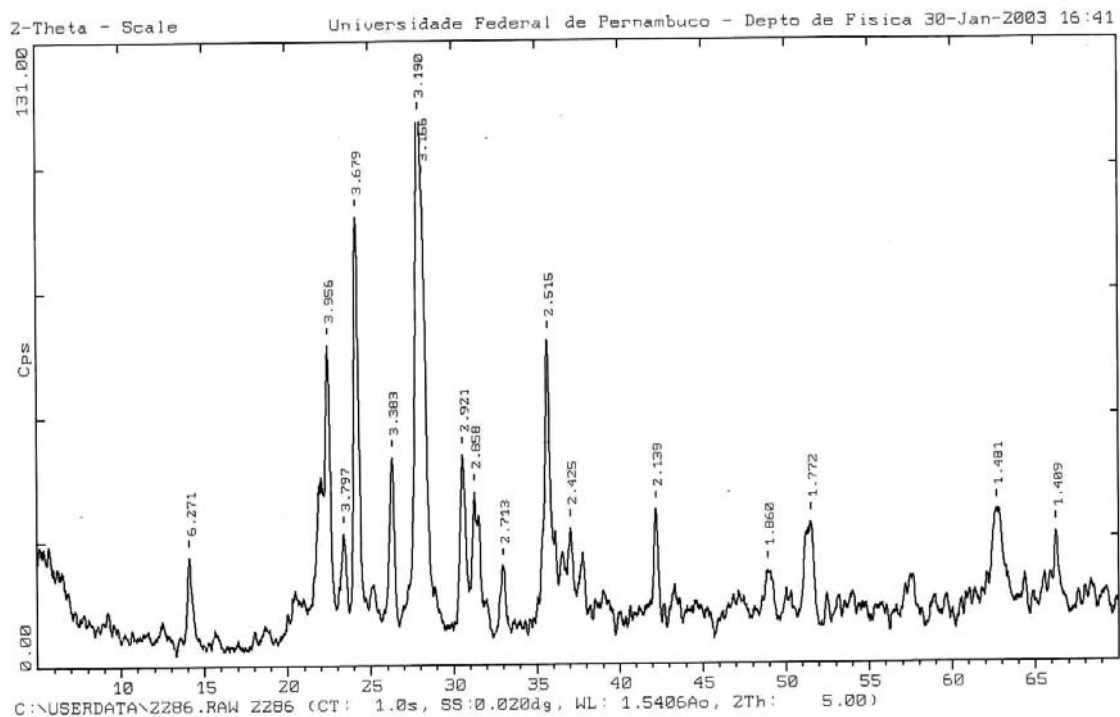


Figura 08: Difratometria do basalto submetido ao ácido úsnico por 15 dias à temperatura de 40°C.

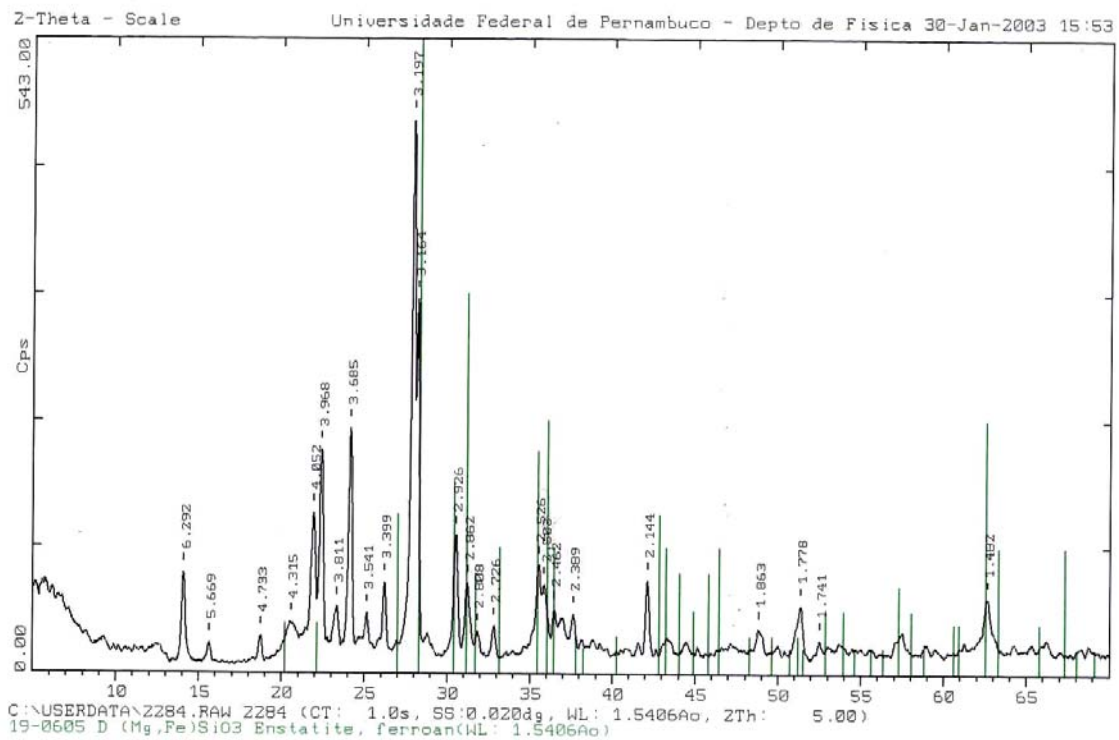


Figura 09: Difratoograma do basalto submetido ao ácido úsnico por 6 meses.

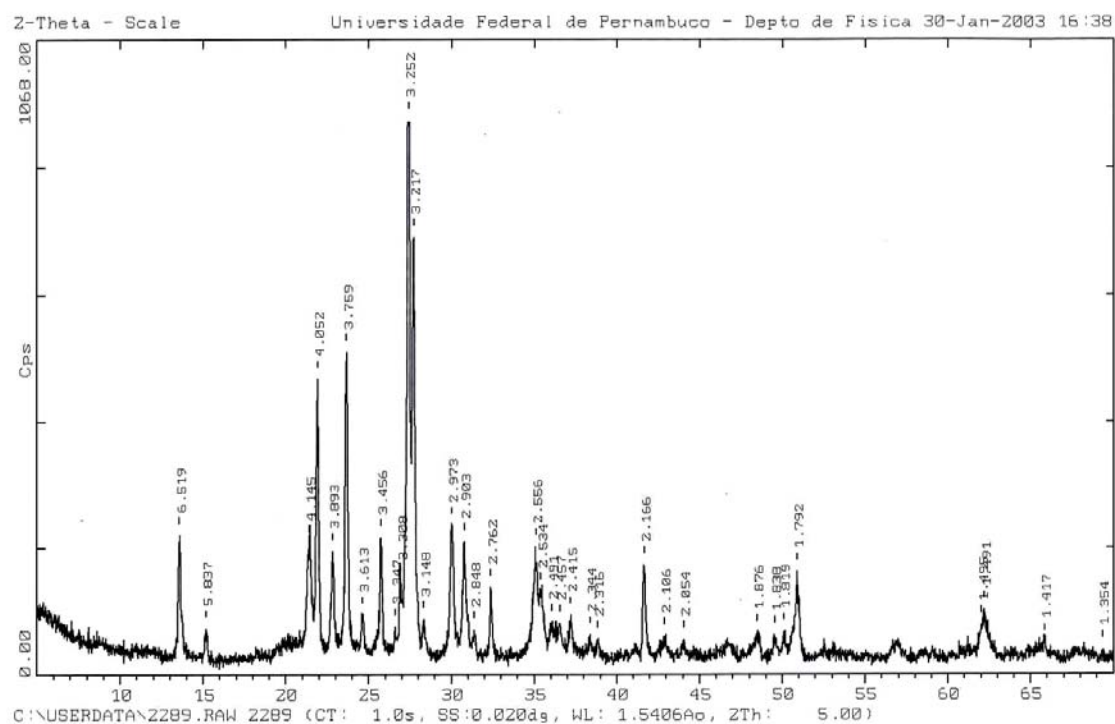


Figura 10: Difratoograma do basalto submetido ao talo *in natura*.

Outras substâncias líquênicas foram avaliadas no trabalho realizado por Silva *et al.* (2002) onde foram avaliados. O ácido fumarprotocetrárico e a atranorina demonstraram ser capazes de interagir com o granito e dois tipos de calcário: (dolomítico e o biodetrítico). O calcário dolomítico foi a rocha mais facilmente atacada pelas substâncias líquênicas. A intensidade das reações se dá, principalmente, nas microfissuras da rocha, locais por onde a solução do ácido penetra dando início ao processo de reação. O calcário biodetrítico/biogênico apresentou uma suave reação, visto que não possui minerais como Fe e K em sua composição mineralógica. Por outro lado, quando submetido a aquecimento (40°C), apresenta uma reação mais acelerada. Da mesma forma, o granito quando submetido à atranorina também reage de forma parcial. Contudo, pode-se afirmar que a reação desenvolvida produz elementos complexados.

Conclusão

Os testes realizados em CCD e **Difratometria de Raios-X** demonstraram a capacidade quelante do ácido úsnico, que comprova a sua contribuição na degradação biogeoquímica da rocha *mater* e sua importância na sucessão dos seres. A capacidade

quelante do ácido úsnico, em sua interação com o basalto foi maior quando levada em consideração a temperatura.

Dos experimentos realizados, todos demonstraram ação nas primeiras 24h. No entanto, a rocha associada ao USN + temperatura elevada foi degradada em maior velocidade, cerca de quatro vezes mais; o talo *in natura*, por possuir a substância em menor concentração e estar à temperatura ambiente, demonstrou ação mais lenta, não demonstrando transformação dos minerais do basalto, segundo análises por Difratomia de Raios-X. No entanto, parece este experimento ser o mais similar às condições ambientais. Acasso *et al* (1976) constataram que fragmentos do talo liquênico incubados com amostra de minerais e rochas são mais efetivos na indução de transformação desse material do que combinações ou soluções das substâncias liquênicas extraídas do material vivo. Neste trabalho, verificou-se que a temperatura elevada e o tempo de exposição foram mais importantes, o que pode ser justificado baseando-se na literatura (Acasso, 1985), é possível dizer que os líquens que utilizam determinado substrato rochoso de forma específica são capazes de modificá-lo tanto *in vivo* como *in vitro*. Por outro lado, quando não há especificidade líquen / substrato, os processos de alteração morfológica (decomposição), transformação mineral, e a ação mecânica podem diferir quando observado na natureza, ou quando submetido a ensaios laboratoriais.

Isto leva a concluir que as substâncias liquênicas, de forma geral, agem com eficácia sobre rochas de composição mineralógica distinta. No entanto, os mecanismos de ação variam, em função das características mineralógicas da rocha avaliada.

Agradecimentos

Ao Mestrado em Geografia da UFPE e ao CNPq pela bolsa de IC e de Mestrado. Dois dos autores ***E.S. Lima*** e ***E. C. Pereira*** são bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Referências Bibliográficas

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

- ASCASO, C.; GALVAN, J.; ORTEGA, C. 1976 The pedogenic action of *Parmelia conspersa*, *Rhizorcapon geographicum* and *Umbilizaria pustulata*. **Lichenologist**, **8**:151-171.
- BACHMANN, F. M. 1913 The origin and development of the apothecium in *Collema pulposum*. **Arch. Zellforsch.**, **4**: 369-430.
- CHEN, Jie, et al 2000 Weathering of rocks induced by lichen colonization- a review. **Catena** **39**, pp 121-146.
- COSTA, D. L. C. R.; PEREIRA, E. C. G., 2000 Ação do Ácido Úsnico sobre rochas da Região Metropolitana do Recife
- CULBERSON, C. F. (1972) Improved conditions and new data for the identification of lichen products by standardized thin layer-chromatographic method. **J. Chromatog.**, **72**: 113 – 125.
- GUEMBEL, C. W. (1856) Mittheilungen über die neue Färber-flechte *Lecanora ventosa* Ach. **Denkschr. K. Akad. Wiss. Math. – Natur. Cl. Wien**, **XI Abth. 2**, pp. 23-40.
- HALE, M. E. (1983) **The Biology of Lichens**. 3ed. London. Edward Arnold Pub. 90p.
- NASH III, T. H. (1996) **Lichen Biology**. Cambridge University Press, Cambridge, USA, 1ed. 303p.
- PEREIRA, E. C.; NASCIMENTO, S. C.; LIMA R. M. C.; SILVA, N. H.; VICENTE, C.; LEGAZ, M. E. (1994) Analysis of *Usnea fasciata* crude extracts with antineoplastic activity. **Tokai Journal of Experimental and Clinical Medicine**, **19** (12): 47 – 52.
- PEREIRA, E. C. (1997) Líquens como agentes do intemperismo. **Revista de Geografia**, **13** (1/2): 47-61.
- PEREIRA, E. C. (1998) **Produção de metabólitos por espécies de Cladoniaceae (líquen), a partir de imobilização celular**. Tese de doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Programa de Pós Graduação em Botânica. 240p.
- PEREIRA, E. C.; (1999) Production of lichen metabolites by immobilized cells of *Cladonia clathrata* Ahti & Xavier – Filho. **Phyton** (Horn, Austria), **39**: 79 – 80.
- SEAWARD, M. R. D. (1997) **Lichen Ecology**, London, Academic Press. 550p.

SILVA, A. de M. (2002). **Quelação de rochas calcárias e graníticas a partir de substâncias liquênicas**. Monografia (graduação)-Departamento de Geografia da Universidade Federal de Pernambuco 80p.

SMITH, A. L. (1921) **Lichens**. Seaward, M. R. D.; Tansley, A. G. Eds. Cambridge University Press. London. 464p.

5. CONCLUSÃO GERAL

A partir da interação que o ácido úsnico manteve com os substratos inorgânicos durante os meses em que os experimentos foram monitorados, pode-se afirmar que o líquen *Cladonia substellata* Vainio, contribui biogeoquimicamente no lento e complexo processo de formação do solo.

Dáí, foi também possível concluir que:

O ácido úsnico inicia seu processo de quelação desde as primeiras horas de incubação com a rocha.

Em todos os testes de CCD, dos experimentos realizados com o ácido úsnico purificado, este foi detectado na sua forma reduzida, e/ou como produto de degradação (floroglucinol ou β metil orcinol carboxilato).

Que a adição da temperatura como parâmetro de avaliação comprova o aumento da velocidade das reações de quelação.

O talo *in natura* atua de forma mais lenta, reproduzindo de maneira mais aproximada o processo sob condições ambientais.

As técnicas de cromatografia e de difratometria empregadas no trabalho são adequadas à proposta inicial, pois indicam modificação na estrutura do ácido úsnico (CCD), bem como alteração do basalto(difratometria de raio X). Contudo, à medida que algumas respostas vieram outras questões foram levantadas e para encontrar suas explicações esta pesquisa continuará com outras etapas de investigação. Para isto, estão sendo encaminhadas as amostras orgânicas e aquosas para a realização das análises em ICP/AES que darão respostas quantitativas e qualitativas em relação aos íons mais facilmente quelados nas amostras analisadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHTI, T. STENROOS, S.; XAVIER-FILHO, L. The lichen family Cladoniaceae in Paraíba, Pernambuco and Sergipe, northeast Brazil. *Tropical Biology*, v. 7, p. 55-70, 1993.

ALBUQUERQUE, J. J. de. Ação química do intemperismo em rochas ígneas silicatadas. Monografia – Departamento de Química Fundamental da Universidade Federal de Pernambuco, Recife-Pe, 2003. 23p.

ANDRADE, M. C. de; et al. *Atlas Escolar de Pernambuco*. Recife: Grafset, 2003 - 112p.

ANDRADE, G. O.; LINS, R. C. Os climas do Nordeste. Recife: Editora – UFPE, 1992.

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

ASCASO, C.; GALVAN, J. Studies on the pedogenic action of lichen acids. *Pedobiologia*, n. 16, p. 321-331, 1976.

ASCASO, C. Structural aspects of lichens invading their substrata. In: Vicente, C.; Brown, D. H.; Legaz, M. E (ed.) *Surface Physiology of lichens*. Madrid: Ed. Universidad Complutense de Madrid, p. 87-113, 1985.

ASCASO, C.; GALVAN, J.; ORTEGA, C. The pedogenic action of *Parmelia conspersa*, *Rhizorcapon geographicum* and *Umbilizaria pustulata*. *Lichenologist*, n. 8, p. 151-171, 1976.

ASCASO, C.; GALVAN, J.; RODRIGUES, C. The weathering of calcareous rocks by lichens. *Pedobiologia*, n. 24, p. 219-229, 1982.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS, E. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Vol. 2. Editora UFSC, Florianópolis-SC, 1996. 876 p.

BRASIL. DNPM. Mapa Geológico do Estado de Pernambuco. Organizado por José Robinson Alcoforado Dantas. Recife, DNPM, 2001. 112 p.

BRASIL, SUDENE. Recursos naturais do nordeste: investigações e potencial (sumário das atividades). 3ª ed., Recife, SUDENE– DRN, 1979. p. 79-81.

BRODO, I. M. Substrate ecology. In: Ahmadjian, V.; Legaz, M. E. (ed) *The lichens*. N. York: Academic Press, p. 401-439, 1974.

BROWN, D. W.; BECKETT, R. P. Minerals and lichens: acquisition, localisation and effect. In: Vicente, C.; Brown, D. H.; Legaz, M. E. (ed) *Surface Physiology of lichens*. Madrid: Ed. Universidad Complutense de Madrid, p. 127-149, 1985.

BUCKMAN, H. O.; BRADY, N. C. *Natureza e propriedade dos solos: compêndio universitário sobre edafologia*. Revisto por Nyle C. Brady. Trad. de Antônio B. N. Figueiredo Filho, 5 ed., Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1979. p. 287-313.

COSTA, D. L. C. R. *Ação do ácido úsnico sobre rochas da Região Metropolitana do Recife*. Monografia de Bacharelado em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2001. 63 p.

COSTA, D. L. C.; MOTA FILHO, F. O.; SILVA, N. H.; LIMA, E. S.; PEREIRA, E. C. Ação do ácido úsnico de *Cladonia substellata* Vainio (líquen) sobre amostras de granito da Região Metropolitana do Recife. In: *ACTAS DO VI CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA*. FARO, PORTUGAL, ISBN 972-9341-33-8, vol. 1, p. 375-379, 2001.

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

CULBERSON, C. F.; CULBERSON, W. L.; JOHNSON, A. *Second Supplement to Chemical and Botanical Guide of Lichen Products*. St. Louis: The American Bryological and Lichenological Society, 1977. 400 p.

DEGELIUS, G. Über von Kalk und Dolomitgestein durch Algen und Flechten. Eine Übersicht. In: Hedvall, J. A. (ed). *Chemie im Dienst der Archäologie Bautechnik Denkmalpflege.*, Lund., p. 156-162, 1962.

FAHLSET, D. Secondary biochemistry of lichens. *Symbiosis*, n. 16, p. 117-165, 1994.

GALVAN, J.; RODRIGUEZ, C.; ASCASO, C. The pedogenic action of lichens in metamorphic rocks. *Pedobiologia*, n. 21, p. 60-73, 1981.

GUEMBEL, C. W. Mittheilungen über die neue Färber-flechte *Lecanora ventosa* Ach. *Denkschr. K. Akad. Wiss. Math. – Natur. Cl. Wien*, XI Abth. 2, p. 23-40, 1856.

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

JATOBÁ, L.; LINS, R. C. Introdução à Geomorfologia. 2 ed. Revista e ampliada, Recife: Bagago, 1998. 150 p.

JONES, D.; WILSON, M. J.; TAIT, J. M. Weathering of a basalt by *Pertusaria corallina*. *Lichenologist*, n. 12, p. 277-289, 1980.

JONES, D. Lichens and pedogenesis. In: M. Galun (ed). *Handbook of lichenology*. Vol III, Boca Raton: CRC Press, FL, p. 109-124, 1988.

KÖPPEN, W. Sistema Geográfico dos Climas. Notas e Comunicação de Geografia. Série B – texto didático, nº 13,. Recife: UFPE/DCG-NAPA, 1993.

LIMA FILHO, M.F. Análise estatigráfica e estrutural da bacia de Pernambuco, 1998. 139f. Tese (doutorado) –Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. do. *Geologia Geral*. São Paulo, Ed. Nacional, 1962.

LINNAEUS, C. *Economia Naturae*. I. J. Bibeig (ed), Upsala, *Amoenitates Academicae*, Holmiae, ed. 2, II, p. 1-52, 1762.

LLANO, G.A. Economic uses of lichens. *Smithsonian Institution Publ.*, n. 4040, p. 385–422, 1951.

MARGULIS, L.; SCHWARTZ, K. *Cinco Reinos*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2001. 497 p.

NASH III, T. H. *Lichen Biology*. Cambridge University Press, Cambridge, USA, 1ed., 1996. 303 p.

PENTECOST, A.; FLETCHER, P. Turfa: an interesting lichen substrate. *Lichenologist*, n. 6, p. 100-101, 1974.

PEREIRA, E. C. Produção de metabólitos por espécies de *Cladoniaceae* (líquen), a partir de imobilização celular. 1998. 240f. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

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

SILVA, A. de M. Quelação de rochas calcárias e graníticas a partir de substâncias líquênicas. Monografia (Departamento de Geografia UFPE), Recife, 2002.

SMITH, A. L. Lichens. In: Seaward, M. R. D.; Tansley, A. G. (ed). London: Cambridge University Press, 1921. 464 p.

SYERS, J. K. A study of soil formation on coniferous limestone with particular reference to lichens as pedogenic agents. Ph.D. Thesis, University of Durhan, 1964.

TAKANI, M.; YAJIMA, T; MASUDA, H; YAMAUCHI, O. Spectroscopic and structural characterization of copper (II) and Palladium (II) complexes of a lichen substance usnic acid and its derivatives. Possible forms of environmetal metals retained in lichens. Journal of Inorganic Biochemistry, n.91, p.139-150, 2002.

WADE, A. E. The genus *Caloplaca* Th. Fr. in the British Isles. Lichenologist, n. 3, p. 1-28, 1965.

WILSON, M. J. Interactions between saxicolous lichens and rocks; a review of developments in the past decade. In: Second International Licjenological Symposium Abstracts. I. Karnefelt ed., Dept. of Systematic Botany, Lund, p. 101, 1992.

7. ANEXOS

Tabela 01:

Padrão obtido do JCPDS	Amostras					
Aegerina	Basalto	Rocha + úsnico talo in natura 3meses	Rocha + úsnico 6 meses	Rocha + oxálico 6meses	Rocha+ úsnico 15dias c/ temp.	Rocha+ oxálico 15 dias c/ temp.
6,38	6,439	6,271	6,294	-	6,519	6,255
2,907	2,890	2,903	2,926	2,896	2,921	2,923
2,984	2,991	2,973	-	-	-	-
4,410	4,109	4,145	4,733	3,915	-	4,031
2,116	2,158	2,106	2,144	-	2,136	2,141
2,478	2,480	2,491	2,461	-	-	2,500

Tabela 02:

Padrão obtido do JCPDS	Amostras					
Albita	Basalto	Rocha + úsnico talo in natura 3meses	Rocha + úsnico 6 meses	Rocha + oxálico 6meses	Rocha+ úsnico 15dias c/ temp.	Rocha+ oxálico 15 dias c/ temp.
3,196	3,200	3,217	3,196	3,167	3,190	3,188
3,780	3,735	3,759	3,808	-	3,797	3,082
6,39	6,439	-	-	-	6,271	-
6,684	-	6,519	-	-	-	-
4,03	4,026	4,052	4,050	-	3,956	4,031
3,663	3,592	3,613	3,684	3,638	3,679	3,670
2,933	2,958	2,903	2,926	2,896	3,921	2,923

ISSN 0102-33-06

ACTA BOTANICA BRASILICA



VOL. 17(2): 171-324 ABR-JUN/2003

INSTRUCTIONS TO AUTHORS OF PAPERS TO BE SUBMITTED TO THE ACTA BOTANICA BRASÍLICA

1. Acta Botânica Brasílica (Acta bot. bras.) publishes in Portuguese, Spanish and English, original papers and short communication.
 2. The articles should be concise with at the most 30 typed pages (equivalent to 15 printed pages) including illustrations and tables. Four copies of the paper should also be included with the 3.5" diskette, for revision by the Editorial board. Their format must be in Times New Roman, size 12, 1.5 spacing between lines on letter sized paper, with all margins 1.5 cm, using the Word processing package Microsoft Word for Windows, version 6 or above. All pages should be numbered consecutively. Longer papers might be accepted but the extra-cost should be sponsored by the authors.
 3. Latin or Greek words in the title or text, such as *in vivo*, *in vitro*, *in loco*, *et al.*, should be in italics.
 4. The title should be written in capital letters and centralized.
 5. The names of the authors should have the first letter only capitalized, below the title, and justified to the right. References to footnotes should be in Arabic numerals, after the authors names, indicating the complete address and data and information about the work (part of a thesis, congress presentation, etc.), where necessary, after the title. The footnote should be separated from the main text by a horizontal line.
 6. The manuscript format should contain:
 - **RESUMO AND ABSTRACT:** Use capitalized letters and bold for these subtitles). It should occupy a single paragraph with about 200 words, followed by up to five keywords. It should be a concise summary in Portuguese, of the objectives, material and methods, results and conclusions. One should not cite bibliographic references, or information not found in the manuscript. A short title should come before the summary. The same rules apply to the abstract, written in English and followed by the keywords. The English abstract is obligatory and should follow the same rules.
 - **Introduction:** It should have the first letter only capitalized, in bold, justified to the left and give a clear and concise view of: a) revision of studies relevant to the objective of the work; b) issues that lead the author to conduct the research; c) objectives.
 - **Material and Methods:** It should have the first letter only capitalized, in bold, justified to the left and should contain brief descriptions of the work, enough to permit the research to be repeated, and any techniques published should be cited and not described.
 - **Results and discussion:** It should have the first letter only capitalized, in bold, justified to the left and could contain tables and figures (charts, photographs, drawings, maps and illustrations) only when essentially needed to understand the text. Depending on the work, results and discussion can be joined or presented separately. Tables and Figures should be numbered in independent series, in Arabic numerals placed at the bottom right and should be presented on separate sheets at the end of the text (original plus three copies). The Figures should be no more than twice the size that in press. The area available for them, including the legend is 15 cm wide and 21 cm high. They could be drawn in Indian ink or from a Windows program, with a scale placed at the left side of the figure. Botanical illustrations should be draw in Indian ink on tracing paper or cardboard. Numbers and letters should be sufficiently large to be easily legible when reduced. Letters should be placed below and to the right of the drawing. Photographs should be on glossy black and white paper. **Color photos can be accepted by the Editorial Board but the authors should sponsor the costs.**
- Tables and Figures must be referred to in the text in abbreviated form (singular) with the initial letter in capitals (Fig., Tab.). Abbreviations and symbols, when used for the first time, should be preceded by their meaning in full. eg.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Measures should be abbreviated. eg: 1.1 cm; 2.4 µm. Only numbers from one to ten should be written in full unless it is a

unit of measure or is in combination with other numbers. eg.: four trees; 2.0 mm; 1-4µm; 125 vouchers.

For taxonomic and flora work only the botanical vouchers examined which are representative of the taxon in question should be cited in the following order:

COUNTRY (capitalized and bold). State (bold): Municipality, date (the month in roman numerals), phenology (where possible), collectors name and number (italics), and the herbarium code. Eg: **BRASIL, São Paulo:** Santo André, 3/XI/1997, fl. fr., *Milanez 435* (SP).

In the case of more than 3 collectors cite the first followed by *et al.* Ex: Silva *et al.*

Character keys should be indented and the author names of the taxa should not appear. The taxa in the keys when cited in the text, should be numbered in alphabetic order. Example:

1. Terrestrial plants
 2. Folhas orbiculares, mais de 10cm diâm. 4. *S. orbicularis*
 2. Folhas sagitadas, menos de 8cm compr. 6. *S. sagittalis*
1. Aquatic plants
 3. Nervuras paralelas
 4. Flores brancas 1. *S. albicans*
 4. Flores roxas 5. *S. purpurea*
 3. Nervuras furcadas
 5. Frutos oblongos 2. *S. furcata*
 5. Frutos esféricos 3. *S. nanuzae*

The taxonomic treatment should use italics and bold together only for valid names. Basonyms and synonymes should be in italics only. Authors of the scientific names should be abbreviated, according to the current taxonomic list of the group (eg. Brummit & Powell, 1992, for plant names).

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

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

Cabralia zelezensis Anisio, Hoehnea 33(2): 65. 1995.

Fig. 1-12.

Subtitles within Materials and Methods and Results should be written with the initial letter in capitals, followed by a dash and the text in the same line. Eg. Study area – localized

Results and discussion should include the conclusions.

- **Acknowledgements** (with the initial letter in capitals, bold, and left justified): should be succinct.

- **Bibliographic references**

- Within the text: first author, then date. eg. Silva (1997), Silva & Santos (1997), Silva *et al.* (1997) or Silva (1993; 1995), Santos (1995; 1997) or Silva 1975; Santos, 1996; Oliveira 1997).

- At the end of the article: the initial letter in capitals, and left justified; in alphabetical and chronological order of the authors; the names of journals and book titles should be written in bold and in full. Examples: Silva (1997), Silva & Santos (1997), Silva *et al.* (1997) or Silva (1993; 1995), Santos (1995; 1997) or (Silva 1975; Santos 1996; Oliveira 1997).

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

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

Silva, A. 1996. **A família Urticaceae no Estado de São Paulo.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Paraná, Londrina.

Silva, A. 1997. O gênero *Pipoca* L. no Brasil. **Acta Botanica Brasílica 2(1): 25-43.**

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

Congress summaries will not be accepted as bibliographic references. Citations of dissertations and theses should be avoided where possible. For more details consult the most recent volumes of the journal or the internet link www.botanica.org.br.