



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

JULIANE BARBOSA SALES DA SILVA

**INTERAÇÃO E DINÂMICA DE SUBSTÂNCIAS PRODUZIDAS POR *Cladonia
substellata* (LÍQUEN) COM NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS DE TABULEIROS
COSTEIROS DO NORDESTE**

**Recife
2018**

JULIANE BARBOSA SALES DA SILVA

INTERAÇÃO E DINÂMICA DE SUBSTÂNCIAS PRODUZIDAS POR *Cladonia substellata* (LÍQUEN) COM NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS DE TABULEIROS COSTEIROS DO NORDESTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Geografia.

Área de concentração: Regionalização e análise regional

Orientadora: Profa. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira

Coorientadora: Talitha Lucena de Vasconcelos

Recife

2018

Catálogo na fonte
Bibliotecário Rodrigo Fernando Galvão de Siqueira, CRB4-1689

S586f Silva, Juliane Barbosa Sales da.
Interação e dinâmica de substâncias produzidas por *Cladonia substellata*
(líquen) com Neossolos Quartzarênicos de tabuleiros costeiros do Nordeste /
Juliane Barbosa Sales da Silva. – 2018.
103f. : il.; 30 cm.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira.
Coorientadora: Prof^ª Dr^ª. Talitha Lucena de Vasconcelos
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH.
Programa de Pós-graduação em Geografia, Recife, 2018.
Inclui referências.

1. Geografia. 2. Impacto ambiental - Avaliação. 3. Plantas açucareiras -
Cultivo. 4. Líquens. I. Pereira, Eugênia Cristina Gonçalves (Orientadora). II.
Vasconcelos, Talitha Lucena de (Coorientadora). III. Título.

910 CDD (22. ed.)

UFPE (BCFCH2019-023)

JULIANE BARBOSA SALES DA SILVA

INTERAÇÃO E DINÂMICA DE SUBSTÂNCIAS PRODUZIDAS POR *Cladonia substellata* (LÍQUEN) COM NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS DE TABULEIROS COSTEIROS DO NORDESTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Geografia.

Aprovada em: 13/03/2018.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira (Orientadora – Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Fernando de Oliveira Mota Filho (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Maria de Lourdes Lacerda Buril (Examinadora Externa)

Dedico a Deus que
me auxilia e guia sempre e
aos meus familiares!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a princípio a Deus que tem me guiado e acompanhado ao longo da minha vida, estando presente em todos os momentos me dando força e auxiliando não apenas nos dias bons, mas também durante as dificuldades.

Agradeço à minha família, em especial à Eliane Sales (mãe), Iranildo Barbosa (Pai), Iranildo Sales (irmão) e meu amor Ismael Botelho (namorado), pelo apoio, incentivo e carinho ao longo da minha vida pessoal e acadêmica, tenho muito a agradecer a vocês.

À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) onde pude me desenvolver intelectualmente e pela disponibilização dos laboratórios onde foram realizadas as pesquisas, sendo eles: o Laboratório de Química de Produtos Naturais no Centro de Biociências, e o Laboratório de Geografia Ambiental no Centro de Filosofia e Ciências Humanas.

À CAPES – Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo financiamento da pesquisa.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco onde pude realizar as análises microbiológicas do solo no Departamento de Agronomia, com agradecimento especial às professoras Dra. Caroline Etienne e Giselle Fracetto.

À minha orientadora Dra. Eugênia Pereira pelo apoio, incentivo e paciência dedicados a mim e a pesquisa, além da transposição de seus conhecimentos acerca da biogeografia, me acompanhando desde o período de graduação ao longo das minhas duas iniciações científicas, monitoria e agora durante o período de pós-graduação.

À Co-orientadora Dra. Talitha Lucena pelo auxílio no desenvolvimento das pesquisas desde o período de graduação quando ingressei no Núcleo de Estudos do Meio Ambiente – NEMA/LAGEAM e tive minhas primeiras experiências no campo acadêmico, assim como durante o período de pós-graduação.

À Profa. MSc Andrezza Karla pelo empenho e a ajuda em todos os momentos, onde sempre pude contar com ela no desenrolar das pesquisas, montagem de experimento, revisões de literatura, assim como no dia-a-dia da UFPE.

Ao Prof. Dr. Nicácio Henrique da Silva pela colaboração no Laboratório de Química de Produtos Naturais.

Aos meus amigos que sempre estiveram presentes ao longo da graduação me dando apoio, nos momentos felizes e tristes, nas excursões, nos trabalhos duros de campo, no lazer, enfim fazendo parte do início da minha vida acadêmica na UFPE, e tenho certeza que a

amizade perdurará por muitos anos. Obrigada: Alcione Santana, Ana Cristina, Bruno Fonseca, Franciele Eunice, João Antônio, Luciana Mayla, Rennan Cabral e Taynã Lins.

Aos colegas do LAGEAM - Laboratório de Geografia Ambiental, Beatriz Teixeira, Bruno Silva, Deyvson Natanael, Iwelton Madson, Margarida Silva, Savyo Aguilar e ao demais componentes.

Ao técnico laboratorista Sr. João Virgínio, que me auxiliou no ambiente laboratorial sempre com entusiasmo e alegria desde meu período de iniciação científica e agora durante a pós-graduação.

“Ao Senhor Deus pertencem o mundo e tudo o que nele existe; a terra e todos os seres vivos que nela vivem são dele.” (Bíblia Sagrada, Salmos 24:1, 2000, p. 378).

RESUMO

A degradação da paisagem natural em ambientes de Mata Atlântica nas áreas de Tabuleiros Costeiros do Nordeste ocasionou diversos impactos a sua biota. Dentre os diversos organismos capazes de indicar a interação entre elementos bióticos e abióticos desse ecossistema, os líquens têm importante destaque no seu funcionamento, sobretudo na dinâmica dos solos e ciclagem de nutrientes. Deste modo, objetivou-se determinar a interação de substâncias do líquen *Cladonia substellata* com Neossolos Quartzarênicos, utilizando colunas de solo e simulando episódios de chuva ou de déficit hídrico. Amostras de líquen e de solo foram coletadas no município de Mamanguape- PB para montagem de experimentos em cúpulas ao longo de seis meses e, em colunas para se determinar a capacidade de percolação ou interação das substâncias com tais solos. A adição de água em maior teor (50 mL) no início e decorrer do experimento serviu para simular episódios de chuva; menor teor de água semanalmente (2 mL) simulou o déficit hídrico da região. Dessa forma, quatro tratamentos com cinco réplicas foram desenvolvidos: T1) solo simulando déficit hídrico sobreposto pelo talo de *C. substellata*; T2) solo submetido a episódio de chuva sobreposto pelo talo de *C. substellata*; T3) solo simulando déficit hídrico incorporado com o extrato orgânico de *C. substellata*; T4) solo submetido a episódio de chuva incorporado com o extrato orgânico de *C. substellata*. Realizaram-se coletas de solo e líquen aos 90, 180, 270 e 365 dias e foram determinados pigmentos e fenóis do líquen e, os percolados para o solo; análise de fertilidade, presença de hidroxilas livres além de quantificação de microrganismos presentes na biota do solo. Os resultados apontaram que *C. substellata* conseguiu produzir e percolar com maior eficiência suas substâncias em condição de episódios de chuva, tanto em experimentos com o talo, como os realizados em coluna, ou com adição do extrato orgânico. As amostras líquênicas demonstraram funcionamento de suas células, mediante teores crescentes das clorofilas, em todos os tratamentos, entretanto pouco se modificou na composição elementar dos solos, exceto pelo pH. A população microbiana foi bastante variada, diminuindo em tratamentos com o extrato orgânico. Com isso, conclui-se que extratos e talo de *C. substellata* são capazes de influenciar na química e biota de Neossolos Quartzarênicos, melhorando suas propriedades.

Palavras-chave: Monocultura açucareira. Impacto ambiental. Microbiota. Ácido úsnico. Substâncias líquênicas.

ABSTRACT

The degradation of the natural landscape in Atlantic Forest environments in the coastal board areas of the Brazilian Northeast caused several impacts on its biota. Among the several organisms capable of indicating the interaction between biotic and a biotic elements of this ecosystem, lichens have an important role in its functioning, especially in soil dynamics and nutrient cycling. In this way, the objective was to determine the interaction of compounds from the lichen *Cladonia substellata* with *Quartzarenic Neosols*, using soil columns and simulating episodes of rainfall or water deficit. Lichen and soil samples were collected in the county of Mamanguape-PB to set up experiments in dome over six months, and in columns to determine the percolation or interaction capacity of the substances with these soils. The addition of water at a higher content (50 mL) at the beginning and during the experiment served to simulate rainfall episodes; lower water content weekly (2 mL) simulated the water deficit of the region. Thus, four treatments with five replicates were developed: T1) soil simulating water deficit under the thallus of *C. substellata*; T2) soil submitted to rain episode under the thallus of *C. substellata*; T3) soil simulating water deficit incorporated with the organic extract of *C. substellata*; T4) soil submitted to an episode of rain incorporated with the organic extract of *C. substellata*. Soil and lichen collections were carried out at 90 and 180, 270 and 365 days, and were determined both pigments and lichen phenolics percolated to the soil; analyses of soil fertility, presence of free hydroxyls, besides quantification of microorganisms present in the biota ground. The results showed that *C. substellata* could produce and percolate with more efficiency its substances under the addition of episodes of rain, as in experiments with thallus, as those one in columns, or with addition of organic extract. Lichen samples showed cell functioning, by increasing of chlorophyll content in all treatments, thus few was modified in the elementary composition of soils, except in pH. The microbial population was varied, diminishing in treatments with organic extract. This way, it was concluded that extract and thallus of *C. substellata* are capable of influence in the chemistry and biota of *Quartzarenic Neosols*, enhancing their properties.

Key words: Sugar caneplantation. Environmental impact. Microbiota. Usnic acid. Lichen substances.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Mapa de localização da área de coleta de <i>Cladonia substellata</i> (líquen) e de Neossolos Quartzarênicos, Mamanguape – PB, Brasil.....	41
Figura 02 - <i>Cladonia substellata</i> em ambiente natural (A) e em ambiente laboratorial (B).....	42
Figura 03 - Evaporação do solvente por rotaevaporador.....	44
Figura 04 - Processamento de amostras de Neossolos Quartzarênicos em ambiente laboratorial.....	45
Figura 05 - Determinação da capacidade de saturação de Neossolo Quartzarênico. (A) Colunas com solo recebendo água deionizada até saturação; (B, C) vista superior da adição da água; (D) Início do encharcamento do solo com indicador de altura e volume da amostra no interior da coluna.....	46
Figura 06 - Experimento com talos de <i>Cladonia substellata</i> sobreposta a Neossolos Quartzarênicos em cúpulas de vidro.....	47
Figura 07 - Amostras de Neossolos Quartzarênicos submetidas ao Cloreto de Ferro III.....	47
Figura 08 - Tratamentos com Neossolo Quartzarênico sobreposto por talo de <i>Cladonia substellata</i> (A, B); ou pelo extrato orgânico de seu talo (C; D).....	48
Figura 09 - Aplicação de solventes orgânicos em amostras de Neossolos Quartzarênicos e talos de <i>Cladonia substellata</i> (líquen).....	49
Figura 10 - Coleta e processo metodológico para análises microbiológicas.....	50
Figura 11 - Meios de Cultura para bactérias, fungos e actinomicetos.....	51
Figura 12 - Autoclave para Esterilização dos meios de cultura.....	52
Figura 13 - Aplicação das alíquotas de soluções de Neossolos Quartzarênicos em câmara de fluxo contínuo.....	52
Figura 14 - Curva de calibração do ácido úsnico (USN).....	55
Figura 15 - Determinação dos teores de ácido úsnico presente em talos de <i>C. substellata</i> contidos em cubas, ao longo de seis meses.....	56
Figura 16 - Determinação dos teores de ácido úsnico presente em amostras de	

Neossolos Quartzarênicos em cubas de tratamento com talos de <i>C. substellata</i>	56
Figura 17 - Determinação dos teores de fenóis totais por análises de Cloreto de Ferro III presentes em Neossolo Quartzarênico sobreposto por talos de <i>Cladonia substellata</i>	57
Figura 18 - Teores de clorofilas a, b, c e d presentes em amostras do líquen <i>Cladonia substellata</i> sobrepostas a Neossolos Quartzarênicos durante seis meses.....	58
Figura 19 - Teores de feofitina em amostras de <i>Cladonia substellata</i> submetidas a Neossolos Quartzarênicos.....	58
Figura 20 - Teores de clorofilas a presentes em amostras do líquen <i>Cladonia substellata</i> sobrepostas a Neossolos Quartzarênicos durante período experimental.....	61
Figura 21 - Teores de clorofilas b presentes em amostras do líquen <i>Cladonia substellata</i> sobrepostas a Neossolos Quartzarênicos durante período experimental.....	62
Figura 22 - Teores de clorofilas c presentes em amostras do líquen <i>Cladonia substellata</i> sobrepostas a Neossolos Quartzarênicos durante período experimental.....	63
Figura 23 - Teores de clorofilas d presentes em amostras do líquen <i>Cladonia substellata</i> sobrepostas a Neossolos Quartzarênicos durante período experimental.....	63
Figura 24 - Teores de clorofilas totais presentes em amostras do líquen <i>Cladonia substellata</i> sobrepostas a Neossolos Quartzarênicos durante período experimental.....	64
Figura 25 - Teores de feofitina A em amostras de <i>Cladonia substellata</i> submetidas a amostras de Neossolos Quartzarênicos.....	65
Figura 26 - Teores de feofitina B em amostras de <i>Cladonia substellata</i> submetidas a amostras de Neossolos Quartzarênicos.....	66
Figura 27 - Quantificação de ácido úsnico presente em talos de <i>Cladonia substellata</i> sobrepostos a Neossolos Quartzarênicos em condições experimentais..	67
Figura 28 - Quantificação de fenóis de <i>Cladonia substellata</i> percolados a Neossolos Quartzarênicos em condições experimentais.....	68
Figura 29 -Quantificação de hidroxilas livres presentes em	

Neossolos Quartzarênicos durante período experimental.....	70
Figura 30 - Quantificação de bactérias presentes em solos submetidos a condições experimentais.....	82
Figura 31 - Quantificação de actinomicetos presentes em solos submetidos a condições experimentais.....	87
Figura 32 - Quantificação de fungos presentes em solos submetidos a condições experimentais.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Meio de cultura para bactérias e actinomicetos.....	50
Tabela 02 - Meio de cultura para actinomicetos.....	51
Tabela 03 - Meio de cultura para fungos.....	51
Tabela 04 - Análises de fertilidade de Neossolos Quartzarênicos submetidos ou não a tratamentos experimentais.....	72
Tabela 05 - Quantificação de populações formadoras de bactérias presentes nas análises microbiológicas em Neossolos Quartzarênicos durante período experimental.....	79
Tabela 06 - Quantificação de Actinomicetos em Neossolos Quartzarênicos submetidos a talos e/ou extratos orgânicos de <i>C. substellata</i> nas análises microbiológicas durante período experimental.....	84
Tabela 07 - Quantificação de fungos presentes nas análises microbiológicas em Neossolos Quartzarênicos durante período experimental.....	90

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	HIPÓTESE E METAS.....	20
2.1	Hipóteses.....	20
2.2	Metas.....	20
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
3.1	Ocupação do território brasileiro e a degradação ambiental através da introdução da monocultura açucareira.....	21
3.2	Impactos Gerados pela introdução da monocultura açucareira em áreas de tabuleiros costeiros do Nordeste.....	24
3.3	A importância da ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais.....	28
3.4	Líquens: características e propriedades.....	30
3.5	<i>Cladonia substellata</i>	31
3.6	Abordagens sobre interações ocorridas nos solos e sua influência com o uso de substâncias liquênicas	33
3.7	Neossolos Quartzarênicos.....	35
3.8	Microbiologia dos solos e a influência dos microrganismos como indicador de fertilidade.....	36
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
4.1	Abordagem Teórico Metodológica.....	40
4.2	Caracterização da área de estudo.....	40
4.3	Coleta e processamento das amostras do líquen <i>Cladonia substellata</i>	42
4.3.1	Processamento das amostras de líquen.....	43
4.3.2	Processamento das amostras de líquen.....	43
4.3.3	Obtenção de extratos orgânicos do líquen <i>Cladonia substellata</i> por sistema de esgotamento.....	43
4.3.4	Determinação do teor de ácido úsnico nos extratos orgânicos.....	44
4.4	Coleta e processamento das amostras de Neossolos Quartzarênicos.....	44
4.5	Montagem dos experimentos.....	45
4.5.2	Determinação do teor de fenóis percolados para Neossolos Quartzarênicos	46

4.5.3	Determinação de hidroxilas livres nas amostras de solo.....	47
4.5.4	Determinação da modificação química de Neossolos Quartzarênicos por talos de <i>Cladonia substellata</i> ou seus extratos orgânicos.....	47
4.6	Análises Microbiológicas.....	48
4.7	Análises e tratamento dos dados	49
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
5.1	Influência do Líquen <i>Cladonia substellata</i> como Modificador Químico de Neossolos Quartzarênicos.....	54
5.1.1	Ensaio para determinação capacidade de saturação por água de Neossolo Quartzarênico.....	54
5.1.2	Determinação do teor de ácido úsnico em talos de <i>Cladonia substellata</i> e deste percolado para o solo.....	54
5.1.3	Dinâmica de percolação do ácido úsnico de <i>C. substellata</i> para Neossolos Quartzarênicos.....	59
5.2	População microbiana de Neossolos Quartzarênicos submetidos aos talos e/ou extratos de <i>Cladonia substellata</i>	75
5.2.1	Quantificação de bactérias presentes em amostras de Neossolos Quartzarênicos submetidas a tratamentos experimentais.....	75
5.2.2	Caracterização das colônias formadoras de bactérias presente em amostras de Neossolos Quartzarênicos sob tratamentos experimentais.....	80
5.2.3	Quantificações de Actinomicetos presentes em amostras de Neossolos Quartzarênicos submetidas a tratamentos experimentais.....	82
5.2.4	Caracterização das colônias formadoras de Actinomicetos presente em amostras de Neossolos Quartzarênicos sobre tratamentos experimentais.....	85
5.2.5	Quantificação de Fungos presentes em amostras de Neossolos Quartzarênicos submetidas a tratamentos experimentais.....	87
6	CONCLUSÕES.....	92
	REFERÊNCIAS.....	95

INTRODUÇÃO

A biodiversidade brasileira sempre foi destaque no cenário mundial. O rico sistema biótico apresentado na longa extensão de terras se tornou um marco para a desbravação do território, como foi ocasionado ao longo da planície costeira.

Nesta área se localiza a Floresta Atlântica caracterizada por ser um dos *hotspots* mundiais em biodiversidade, bordeando costa do país, apresentando um mosaico de vegetação em função das variações físicas do ambiente, como relevo, solo e os padrões de precipitação, contendo uma ampla diversidade biológica (SANTOS,2010). Esses componentes de sua biota interagem com os elementos físicos do ambiente, proporcionando sua sobrevivência, definindo a estrutura da paisagem e os elementos nelas contidos.

A consequente necessidade do uso desses espaços físicos, desde o período Colonial, desencadeou uma quebra na estrutura da paisagem natural e degradou o ciclo biótico da Mata Atlântica nordestina. Em seus primórdios, houve a derrubada de mata nativa para tráfico de madeira para a Coroa e, posteriormente a devastação em larga escala para introdução da monocultura da cana-de-açúcar. Esses fatos conjugados resultaram em um desmatamento desordenado, gerando perdas consecutivas de cobertura vegetal ao longo da história (FREYRE, 2004).

A monocultura açucareira adentrou o território nacional comprimindo áreas da floresta nativa e a degradação da cobertura vegetal, em grande parte da faixa litorânea, desencadeando a denudação dos solos e ameaçando a manutenção de espécies nativas, responsáveis pelo fornecimento e manutenção de nutrientes no substrato.

Freyre (2004) também apontou que a introdução da monocultura da cana-de-açúcar gerou a perda de grandes faixas de cobertura arbórea que compunham o plano de heterogeneidade biológica da floresta, rompendo o equilíbrio dinâmico do ecossistema da mata.

Sabe-se que durante o século XVIII os campos de cana-de-açúcar teriam ocupado cerca de 120.000 km², desde a costa do Recife até o Espírito Santo (RÊGO; HOEFLICH, 2001). Do território original da Floresta Atlântica, que correspondia a 16 % do espaço territorial brasileiro, sabe-se hoje que existem apenas 7,91 % de sua cobertura original de mata, em virtude dessa ocupação de terras, arbitrariamente, para fins econômicos, sociais e políticos (IBF, 2016).

Entre os anos de 2015 e 2016 os danos a este ecossistema foram ainda mais alarmantes. Dados da Fundação SOS Mata Atlântica e do Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais (INPE) apontaram que nesses últimos anos 290 km² de floresta foram destruídos, correspondendo a um crescimento de 57% em relação ao ano anterior, tendo nos Estados da Bahia e de Minas Gerais os maiores registros de destruição (INPE, 2017).

Os danos gerados nesta área foram sentidos, sobretudo, no substrato dos solos, onde a diminuição de componentes da biota influenciou em processos biológicos naturais, dentre eles, o processo de ciclagem de nutrientes.

A ciclagem de nutrientes realizada por ecossistemas florestais é caracterizada, assim, por processos onde o solo absorve os compostos orgânicos percolados pelas camadas superficiais, que são fornecidos pelo acúmulo de componentes provenientes das plantas, da fotossíntese que elas realizam, bem como da lavagem do córtex dos vegetais e fornecidos pela decomposição de animais (ANDRADE *et al*, 1999).

A retirada desta camada superficial diminuiu, portanto, a quantidade de nutrientes fornecida ao solo e, assim repassados aos vegetais a ele sobrepostos, caracterizando ruptura no processo de ciclagem de nutrientes.

Essa suspensão desencadeou atualmente danos ainda maiores, sobretudo aos componentes químicos e biológicos desse solo, pois solos de ecossistemas florestais são tipicamente pobres em suas características nutricionais e ricos em minerais como o quartzo, fato esse que reafirma a importância dos compostos orgânicos sobrepostos ao solo, no auxílio e na translocação de nutrientes fornecendo atributos para aumento de sua fertilidade (Ib-USP, 2009).

Esses fatos somados promovem impactos ambientais ao substrato em virtude dessa retirada progressiva de cobertura vegetal, em tempos pretéritos e sobretudo como reflexo dos impactos ambientais ocorridos hoje, constituem um fator desencadeador da acentuação da diminuição dos nutrientes percolados aos solos de ecossistemas florestais da Mata Atlântica, inclusive a nordestina.

Portanto, a capacidade nutricional desenvolvida entre solo-planta foi empobrecida devido à exploração dos recursos naturais da Mata Atlântica, gerando efeitos danosos e uma degradação ambiental acentuada.

Com isso, atualmente formas antrópicas de enriquecimento foram implantadas e o uso de agroquímicos de forma exacerbada, sobretudo posteriores à segunda metade do século XX, desencadearam um grau ainda mais elevado de esgotamento das terras, como consequência dessa ocupação e exploração desordenada.

Esses fatos conjugados promoveram diminuições consecutivas de espécies endêmicas da Mata Atlântica nordestina, como foi observado em relação aos líquens, sobretudo os da

família Cladoniaceae, abundantes em seus remanescentes vegetais.

Líquens são resultantes de uma associação simbiótica entre um fungo e uma alga (AHMADJIAN, 1993), e exercem papel importante dentro dos ecossistemas, participando do ciclo de nutrientes, e promovendo uma maior síntese de compostos bioativos que percolam e influem diretamente nas características químicas e biológicas do solo (SILVA, 2007; VASCONCELOS, 2007; BARBOSA, 2009).

Dentre os compostos conhecidos dos líquens, sabe-se que o ácido úsnico, principal substância produzida pela espécie *Cladonia substellata*. Ela ocorre em tabuleiros costeiros e está sofrendo diminuições consideráveis visto o constante desgaste desse ecossistema associado à mata Atlântica, que vem sendo pressionado por atividades humanas, reduzindo o espaço para a distribuição da espécie.

Dentre os papéis que os líquens desenvolvem nos ecossistemas têm-se a participação ativa em processos de pedogênese, pois segundo Pereira (2012) são os primeiros a se alojarem em rochas aflorantes na superfície terrestre e assim realizarem processos de degradação para formação de solos.

Sabe-se ainda que as substâncias encontradas na espécie líquênica *C. substellata* participam de processos de modificação química de solos impactados do semiárido nordestino, atuando na diminuição da salinização provocada por seu manejo inadequado (SILVA, 2015).

Vale destacar também a ação da *C. verticillaris*, líquen da família Cladoniaceae, modificação química de Neossolos Quartzarênicos, onde ocorre naturalmente, modificando suas partículas e com elas interagindo, bem como melhorando suas propriedades químicas (VASCONCELOS, 2009; VASCONCELOS et al., 2013; 2015).

Logo, muitos questionamentos podem surgir a partir das relações dos organismos componentes desses Tabuleiros Costeiros com o ambiente físico. No tocante aos líquens, sabe-se que nessas áreas são reportadas cerca de 22 espécies da família Cladoniaceae, dentre elas são abundantes na área de tufo de *C. substellata*, considerada há décadas em perigo de extinção (AHTI et al., 1993).

Desse modo, os líquens e sua interação com o processo de ciclagem de nutrientes mostram sua importância para preservação deste ecossistema. Nesse contexto, seu papel é caracterizado pela percolação e transporte de substâncias essenciais ao solo e aos vegetais sobrepostos a ele, auxiliando na manutenção da biodiversidade local. Assim, estudos que visem a utilização destes remanescentes de forma sustentável e de mecanismos de melhoramento das áreas impactadas são de suma importância para preservação da

biodiversidade.

Com isso, esta pesquisa mostra relevância visto que da Mata Atlântica nordestina vem perdendo atualmente porções crescentes de remanescentes vegetais, em virtude da expansão urbana e agrícola acarretando compressões e desmatamento em larga escala. Sabendo-se disso e da importância da preservação dos ecossistemas florestais, a manutenção destas áreas e os mecanismos de melhoramento dos impactos gerados assumem papel primordial em áreas com alto índice de espécies ameaçadas de extinção.

Por isso, a manutenção destas áreas torna-se de suma importância, em virtude do tamanho da biodiversidade local ser dependente desses elementos bióticos em equilíbrio, mantendo a permanência de espécies nativas.

Assim, o estudo acerca dos mecanismos de ação entre organismos e o ambiente, justifica a realização deste trabalho, visto que poderão contribuir para um melhor manejo desses ambientes, bem como ações para sua preservação, como uma alerta aos danos ambientais acarretados em escala local, regional, nacional e mundial.

A pesquisa mostra seu carácter promissor acerca da importância do mecanismo de melhoramento das áreas impactadas da Mata Atlântica nordestina, tendo como objetivo geral avaliar, em condições de laboratório, a interação do líquen *Cladonia substellata* com seu solo de ocorrência através de sua provável capacidade de modificação química e da biota microbiana, considerando-se as chuvas sazonais ocorrentes em tabuleiros costeiros do nordeste brasileiro.

Para tal traçaram-se como objetivos específicos determinar a interação de substâncias de *C. substellata*, bem como de seu extrato orgânico, com Neossolos Quartzarênicos, utilizando colunas de solo e simulando episódios de chuva, ou de déficit hídrico; determinar a modificação química de solos submetidos a condições experimentais, por ação do talo liquênico ou extrato incorporado; determinar a população microbiana de solos submetidos a condições experimentais, por ação do talo liquênico ou extrato incorporado.

Com isso, pode ser dito que a problemática da pesquisa trata-se da expansão da monocultura da cana-de-açúcar, em Tabuleiros Costeiros do Nordeste, que comprimem cada vez mais essas áreas tão especiais, inseridas em uma matriz florestal, aonde espécies pertencentes a uma biota particular encontram-se ameaçadas de desaparecerem.

2. HIPÓTESES E METAS

2.1 Hipóteses

Nesta pesquisa algumas hipóteses podem ser colocadas, como:

- A partir da percolação do ácido úsnico, substância produzida pelo líquen *C. substellata*, Neossolos Quartzarênicos de Tabuleiros Costeiros do Nordeste poderá apresentar modificações químicas sob condições experimentais e, melhorarem o processo dinâmico da ciclagem de nutrientes.
- A população microbiana presente em Neossolos Quartzarênicos será afetada pela percolação de substâncias bioativas do líquen *C. substellata*.
- A variação sazonal das chuvas poderá influenciar na percolação de substâncias produzidas pelo líquen *C. substellata*, bem como na produção de pigmentos fotossintéticos e seus fenóis.

2.2 Metas

- ✓ Determinar as condições ótimas de umidade, tempo, quantidade de talos ou concentração de substâncias de *C. substellata* capazes de produzir modificações químicas em Neossolo Quartzarênico.
- ✓ Divulgar os resultados encontrados na Dissertação com a produção: de dois artigos científicos nos periódicos *Applied Geography* e/ou *CATENA*.
- ✓ Produzir dois resumos para apresentação em congresso da área.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3. 1 Ocupação do território brasileiro e a degradação ambiental através da introdução da monocultura açucareira

O espaço se tornou centro de disputas e apropriação desordenada desde os primórdios das grandes civilizações. As expedições à procura de novas terras no período colonial ampliaram a busca por outras formas de exploração de recursos naturais, subsidiando as cruzadas marítimas e fornecendo a transferência de riquezas para a Europa.

Pela primeira vez, um amplo sistema produtivo e econômico foi criado, sob o qual o domínio do capital europeu foi aplicado nos grandes espaços do território tropical brasileiro, dando início à primeira globalização, onde o uso da terra para fins econômicos, políticos e sociais tornou o meio um sistema de disputas, no qual valores financeiros eram postos em choque frente a valores ambientais (PÁDUA, 2004).

Essa disputa entre valores econômicos e a dominação em larga escala dos recursos naturais presentes no Brasil Colônia, levaram a um grau de esgotamento da biodiversidade nativa, pois considerava-se que os benefícios econômicos encontrados nas terras “recém-descobertas” seriam infinitos, degradando o meio ambiente e marcando o território por disputas que geraram consequências presentes ainda hoje, como aponta Pádua (2004), em trabalho sobre a ocupação do território nacional e os impactos ambientais dela oriundos.

“As disputas pela ocupação do território brasileiro foram marcadas pela destruição ecológica, nascendo de um projeto de exploração ou, melhor dizendo, de um arquipélago de projetos de exploração ambiental. Onde a longa faixa da cobertura florestal costeira nordestina foi destruída em larga escala pelo tráfico de madeira para a Coroa. A derivação do nome dado ao território recém-descoberto já designaria o alto teor destrutivo que as colônias luso europeias aplicaram na nossa região, na medida em que o pau-brasil foi o primeiro elemento da rica natureza passível de exploração pelo mercantilismo (PÁDUA, 2004, p. 3)”.

Essa ocupação territorial foi facilitada devido às características biogeográficas que o Brasil apresentava, fossem elas sua ampla extensão territorial, diversidade da sua biota, sua ampla costa que permitiu o aporte de grandes embarcações, e a densa quantidade de mão de obra barata e de fácil dominação, promovendo de forma preponderante a ocupação nacional (FREYRE, 2004).

Essa dominação do espaço pelo colonialismo Português, Espanhol e Holandês foi iniciada por volta do século XVI, assinalada pela competição comercial, pelo transporte de especiarias e pela modificação arbitrária da paisagem, modificação esta que reprimiu espécies

nativas, degradou manguezais e impactou biomas nativos, dentre os quais, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga (FURTADO, 2003).

Freyre (2004) descreveu em trecho de seu trabalho a ocupação territorial do Nordeste brasileiro nos tempos coloniais e a ambição pelo desbravamento e posse das terras pelo colonialismo, assim como a destruição da mata para introdução de uma cultura exterior, onde aponta que:

“ a floresta tropical, no interesse quase exclusivo da metrópole faustosa, era um obstáculo enorme a ser vencido pela colonização agrária do Nordeste, de modo que, o colonizador europeu venceu-o de tão sublime maneira que acabou destruindo drasticamente o ecossistema pertencente” (p. 88).

A exploração econômica nas terras brasileiras demandou a transposição de famílias da Corte e de recursos financeiros. Por esses motivos houve a necessidade da introdução de uma cultura que fornecesse lucros à Coroa e justificasse a ocupação local, cabendo a Portugal procurar um subsídio que não fosse a simples exploração de metais preciosos e o tráfico de madeira e especiarias (FURTADO, 2003).

Com isto, a introdução da monocultura açucareira se mostrou a mais apta cultura, dadas as condições ambientais da região. Visto sua fácil adaptabilidade às condições climáticas nordestinas, ao solo massapê, argiloso e rico em matéria orgânica, a longa extensão territorial e sua proximidade com o litoral, facilitava-se o escoamento da produção, garantindo assim o retorno de recursos gastos pela ocupação colonial.

Freyre (2004) considerava as bases da formação social do Brasil na monocultura da cana-de-açúcar, além das características econômicas presentes hoje nas terras nordestinas, onde afirma que:

“a formação da sociedade brasileira foi caracterizada pelo tipo mais puro de aristocracia, caracterizada pela sedentariedade, pela endogamia profunda, pela especialização regional de condições de vida, de habitação, de dieta e pelas relações sociais” (p. 121).

Resolvido o problema da introdução de uma cultura que transpusesse retornos da América Tropical à Coroa, a sua longa faixa costeira de terras férteis precisaria de grande quantidade de mão de obra barata. Esta deveria ser resistente e de fácil adaptabilidade ao trabalho árduo, e que substituísse a já explorada mão de obra indígena, defasada devido à mortandade em virtude das moléstias que impactaram demograficamente o Brasil Colônia.

Dessa forma, a captura de negros na África foi a forma de exploração presente e de maior impacto no período colonial, de menores gastos financeiros e, que se mostrou mais adaptável ao sistema escravocrata.

Mesmo diante das dificuldades iniciais de introdução da monocultura açucareira, o Brasil se mostrou o maior de produtor de derivados da cana-de-açúcar, produzindo quantidades suficientes para subsidiar a expansão regional do cultivo e ainda repassar grande quantidade de recursos a Coroa.

O açúcar monopolizado no território nacional por Portugal e Holanda trouxe um desenvolvimento econômico muito rápido, sobretudo às cidades de maior produção no Nordeste, Salvador e Olinda, gerando uma multiplicação no número de engenhos, feitorias e refinarias (MACHADO, 2012), o autor destaca ainda:

“Considera-se que no período do Brasil Império de (1500-1822) a renda obtida pelo comércio do açúcar tenha atingido quase duas vezes à do ouro e quase cinco vezes à de todos os outros produtos agrícolas juntos” (MACHADO, 2012, p. 3).

Da mesma maneira que ocorreu a ascensão da produção e o desenvolvimento financeiro local, a quantidade de áreas impactadas para sustentar o modo intensivo de ampliação da monocultura açucareira gerou danos quase que irreversíveis ao bioma Mata Atlântica, destruindo partes da grande variação ecológica pertencente, rompendo o equilíbrio ecológico dependente dessa variedade, tema mais uma vez deixado em destaque nas obras de Freyre, onde menciona que:

“fazendo com que uma planta única e no momento valorizado mais do que as outras crescesse sobre uma região inteira, impactando diversos ecossistemas” (FREYRE, 2004, p. 80).

Pádua (2004) aponta, ainda, que a queima da floresta, por exemplo, se caracterizou por uma das principais formas de plantio durante o Brasil Colônia, datando desde século o período inicial de destruição e de fortes impactos aos biomas brasileiros, conforme trecho de seu texto:

“constituiu-se praticamente o único método de plantio adotado no Brasil até o final do século XIX, onde ao invés de adubar o solo para manter as suas propriedades químicas e biológicas e conservar sua fertilidade, optou-se por queimar, progressivamente, novas áreas da floresta tropical, uma vez que a riqueza mineral das suas cinzas garantia boas colheitas por dois ou três anos, após este período a terra passava a ficar degradada e ocupada por ervas daninhas”(p. 05).

Com isso, a ocupação do território brasileiro foi caracterizada por essa gama de processos de exploração, sejam eles ambientais ou sociais, nos quais a competição comercial, tendo, sobretudo na monocultura da cana-de-açúcar, uma das principais responsáveis, tanto pela devastação da Mata Atlântica quanto pelo trabalho escravo, como aponta Freyre:

“A formação da civilização brasileira teve suas bases no monopólio açucareiro, criando-se uma sociedade de estrutura agrária, onde a principal economia por um longo tempo foi a cana de açúcar, de técnica de produção escravocrata, com a transposição de negros capturados na África, e híbrida pela miscigenação de índios, negros e europeus em sua composição (FREYRE, 2006, p. 65)”.

3.2 Impactos gerados pela introdução da monocultura açucareira em áreas de Tabuleiros Costeiros do Nordeste

A introdução da monocultura açucareira se deu inicialmente sobre as áreas distribuídas pelas porções com solos massapê devido as suas características que facilitavam o cultivo. Com o aprimoramento da agricultura as zonas de cultivo de cana-de-açúcar foram se expandindo aos Tabuleiros Costeiros Nordestinos, sobretudo nas manchas de cerrado edáfico.

Essa expansão da monocultura se deu também no município de Mamanguape (Paraíba), sendo está influenciada pela ampliação das técnicas para o monocultivo. Hoje a produção da cana-de-açúcar no estado paraibano tem cenário de destaque, sendo a cultura mais produzida, segundo dados da Produção Agrícola Municipal (PAM) 2013 (G1, 2014).

Devido ao uso intensivo do solo desde o início da implantação dessa cultura até os dias atuais com o aperfeiçoamento das técnicas, danos foram sendo acumulados ao substrato ao longo dos anos. Desse modo a área encontra-se impactada, tanto no âmbito da cobertura vegetal quanto em relação às espécies e microrganismos nela presentes.

O melhoramento do solo por meio de aditivos químicos incrementados na região além do uso intensivo das terras são evidenciadas as causas dos danos ocorridos na área, através de uma visão ambiental,

Os órgãos públicos que visam a manutenção de áreas florestais muitas vezes priorizam a fiscalização dos danos causados pelo monocultivo da cana-de-açúcar e seus derivados, bem como a atmosfera e recursos hídricos, deixando a desejar os danos ocorridos no solo.

Melo (2011) refere estudos de danos ambientais provocados por resíduos agroindustriais em usinas pernambucanas, relatou que a fiscalização realizada priorizou, sobretudo, os poluentes atmosféricos e hídricos. Dessa forma, ao solo se vem dando pouca importância, quando comparado aos outros compartimentos do ecossistema.

Sabe-se que nesse compartimento ambiental há ocorrência de vida e uma dinâmica de ciclos orgânicos e inorgânicos, que sustentam os ecossistemas, como é reportada a presença de grande variedade e biomassa de espécies de microrganismos. Dessa forma, danos aos solos em ecossistemas naturais podem ser intensificadores dos impactos ambientais, como aqui

referidos para o caso específico dos Neossolos Quartzarênicos estudados em manchas de cerrado edáfico (Tabuleiros Costeiros e/ou de Interior), inseridas no domínio da Mata Atlântica.

Com isso, a cronologia da ocupação costeira nordestina se deu através da retirada de matérias primas locais e, posteriormente devido à expansão dos campos de cana-de-açúcar ao longo da costa litorânea em áreas de tabuleiros de costa, sobretudo em áreas facilitadoras do escoamento da produção. O fruto de ocupações arbitrárias, que tinham por objetivo o transporte de especiarias locais e derivados da monocultura açucareira, foi a devastação em larga escala tendo por finalidade o desenvolvimento econômico das colônias luso europeias que aportaram no país.

Estas ocupações se deslocaram, prioritariamente, ao longo de todo o bioma da Mata Atlântica, com sucessivas compressões de áreas vegetadas e desmatamentos para introdução de faixas mais extensas da cultura do açúcar, prática bastante difundida na época.

Além da devastação para introdução da monocultura açucareira na Paraíba, notam-se também danos ambientais em virtude de ocupações para fins sociais como construção de moradias. Como exemplo, pode ser citado o município de Cabedelo, também localizado em área de Tabuleiros Costeiros no litoral paraibano. Essa localidade encontra-se em alto grau de destruição e desmatamentos, com impactos que atingiram a biota da Mata Nacional da Restinga de Cabedelo, área de preservação remanescente da Mata Atlântica paraibana (SILVA, 2016).

Essas ações de desmatamento e uso intensivo das terras caracterizam outros tipos de danos ambientais, danos esses que foram sentidos nesse ecossistema e causaram impactos acentuados tanto à cobertura vegetal subjacente a essas manchas florestais, como ao solo, em virtude da retirada de suprimento exógeno do substrato, sendo eles os elementos bióticos capazes de se decompor.

O desgaste do substrato ocasionado por essas formas de compressão antrópica iniciadas no período colonial e presentes hoje mostram que a retirada da cobertura vegetal gerou danos não só ao índice de vegetação, mas também, na redução de espécies nativas do bioma (IBIO, 2017).

A fonte de nutrientes diretamente ligada a manutenção dessas áreas, como forma de equilíbrio dos habitats, esteve fortemente impactada em virtude das espécies primordiais a manutenção da cadeia ambiental terem seu habitat destruído. Estas, contribuíam para a decomposição dos subsídios fundamentais para transpor os nutrientes, destacando-se as espécies de microrganismos.

A importância na manutenção do número de espécies de microrganismos estaria diretamente ligada ao mecanismo de ciclagem de nutrientes, tendo sua importância em processos decompositores, que pode ser intensificada por substâncias produzidas por demais componentes da biota (SILVA, 2013).

Os remanescentes vegetais nessas áreas de mata contribuemativamente para a biota do solo, seja como produção de folhagens, fornecendo serrapilheira importante componente para decomposição e suprimento de nutrientes, seja como produtoras de metabólitos que percolam e infiltram diretamente nas camadas mais internas do solo, como fica evidenciado em manchas verdes encontradas nesses remanescentes vegetais (SELLE, 2007).

Para tanto, essas sucessivas quebras na estrutura da paisagem natural para fins já citados, alteram predominantemente um ecossistema. No caso estudado temos em destaque a monocultura da cana-de-açúcar, que teve seu ápice nos primeiros anos de colonização do Brasil. O estado da Paraíba não se diferiu dos demais estados que têm Tabuleiros Costeiros, ao longo da costa Nordeste, onde sua ocupação e exploração de recursos naturais datam de um século posterior ao descobrimento das terras brasileiras (MOREIRA, 2003).

Moreira e Tarjino (2003) afirma ainda em trechos do seu trabalho tratado acerca da estruturação do território estadual paraibano durante o período colonial, que:

“A conquista do território paraibano pelos portugueses só ocorreu quase um século após o descobrimento do Brasil. O marco inicial desse processo foi a fundação da cidade de Felipéia de Nossa Senhora das Neves (1585), posteriormente chamada de Frederica (1634), de Parahyba (1654) e, finalmente, de João Pessoa (1930)”(p. 83)

“O segundo município criado foi o de Mamanguape em 1635, situado na várzea do rio do mesmo nome. A partir desse núcleo e seguindo o rio, origina-se uma frente de ocupação, estendendo-se do litoral norte do estado em direção ao interior até alcançar trechos do Agreste Baixo, do Agreste Alto da Paraíba e o Brejo Paraibano (ANDRADE, 1997). Computando-se a área de todos os municípios dele desmembrados, tem-se uma superfície 5.071,0 km². “(p. 85).

A introdução do cultivo da cana-de-açúcar se deu ao longo das várzeas dos rios na costa do Estado, segundo dados do levantamento histórico do IBGE. Os primeiros engenhos na região foram implantados inicialmente durante os séculos XVI e XVII, com destaque para a exploração do município pelos holandeses (IBGE, 2016).

Hoje a economia paraibana ainda encontra suas raízes destinadas ao cultivo da cana-de-açúcar, porém com diminuição no índice de produção para a safra referente ao ano de 2015/2016, onde foi reduzida em quase uma tonelada, segundo dados da União dos Produtpres de Bioenergia - UDOP (UDOP, 2017).

Com a evolução do tempo o cultivo e as formas de produção tornaram-se mais especializadas, havendo a introdução não só de maquinários que facilitaram a coleta e escoamento da produção, mas também de fertilizantes e aditivos químicos que visaram o melhoramento genético das terras, que já possuíam um elevado grau de pobreza devido ao desgaste excessivo ao longo dos anos.

Além disso, as características físico-químicas e mineralógicas dos tabuleiros da costa do Nordeste, sobretudo os localizados no município de Mamanguape-PB, apresentam elevado grau de porosidade e pouca adesão da água, somado às características arenosas de suas terras (Neossolos Quartzarênicos) que dificultam o aumento nutricional e a elevação de suas propriedades químicas.

Os aditivos químicos vieram como formas de implemento às terras já pobres e de baixo índice produtivo, porém sua introdução tornou-se uma nova forma de impacto ao solo e aos microrganismos presentes no substrato, além de serem fonte de danos à saúde do ser humano.

Sabe-se que durante a revolução verde, datada das décadas de 70 e 80, foram introduzidas as primeiras formas de complementação para o solo assim como o melhoramento genético de sementes. Esses aditivos causaram degeneração acentuada, visto que as terras eram utilizadas de forma exacerbada e não se priorizaram meios de rotação de culturas.

Além disso, os incentivos governamentais a empresas e indústrias que visaram o enriquecimento das terras foram altamente impulsionados e os benefícios ao aumento da produção se tornaram alarmantes.

O Brasil foi um dos principais privilegiados com esta revolução, pois possuía uma vasta extensão de terras cultiváveis, destinadas por muitos anos à monocultura da cana-de-açúcar e café. Por isso, este período se destacou pela inauguração, em 1991, da EMBRAPA que impulsionou o desenvolvimento agroindustrial no país, assim como trouxe o conhecimento técnico-científico (EMBRAPA, 2016).

A intensificação da agricultura se tornou evidente, e o uso de técnicas agrícolas, somado ao uso intensivo da terra, a redução do custo do manejo e a necessidade, cada vez maior, do aumento da produção agrícola geraram, no meio ambiente, em particular aos solos, uma degradação sem precedentes, que agravam os malefícios em pequena, média e larga escala (Silva, 2015).

Dentre os grupos biológicos que sofreram com essa compressão da paisagem natural podemos citar os líquens, abundantes nas áreas de Tabuleiros da costa do Nordeste, e

essenciais ao mecanismo de ciclagem de nutrientes. Suas substâncias, via de regra, são percoladas ao substrato.

Estudos realizados pelo grupo de liquenólogos da Universidade Federal de Pernambuco já verificaram sua real eficiência no processo de formação dos solos, atuando como decompositores de rochas, desenvolvedores dos solos, além de serem bons indicadores da qualidade do ambiente e como biorremediadores de impactos ambientais.

Na região do semiárido pernambucano foram estudadas amostras de solos com efetivo processo de degradação pelo uso extensivo das terras, como a salinização encontrada no município de Cabrobó, importante produtor de arroz e cebola (SILVA, 2014). Desde então resultados satisfatórios foram obtidos, a depender da espécie empregada como biorremediador de solos salinizados. Com isso, diferentes estratégias vêm sendo estudadas como a adição de amostras de líquens sobre tais solos, bem como de seu extrato orgânico, como forma de modificar quimicamente solos impactados pelo cultivo local.

3.3 A importância da ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais

A consequente necessidade do uso dos espaços físicos para desenvolvimento econômico, desde os tempos coloniais, levou à degradação ambiental da Mata Atlântica. Dessa forma, danos à biodiversidade foram ocasionados em virtude da floresta Atlântica brasileira apresentar uma gama de matérias primas e condições favoráveis a sua exploração.

Nos biomas são encontrados os componentes bióticos, que interagem com os fatores físicos propiciando sua sobrevivência: elementos do clima, relevo e solo. Eles definem a estrutura da paisagem e os elementos nela contidos. A quebra nesse ciclo biológico interfere nas características físicas do ambiente gerando um desequilíbrio, que intervém no processo da ciclagem de nutrientes (SELLE, 2007).

Essa ciclagem é realizada a partir de processos nos quais os nutrientes oriundos do meio ambiente são quebrados e transformados em energia, sobretudo pela ação de elementos naturais capazes de desempenhar essa função. Dentre eles podemos citar os microrganismos, fundamentais à transformação de matérias oriundas dos meios externos ao solo em nutrientes utilizados pelo sistema solo-planta.

Assim, a ciclagem de nutrientes é o processo pelo qual o solo transporta os nutrientes fornecidos pelas plantas e demais organismos vivos, e em interação com sua transformação química, torna-os disponíveis para absorção pelos macro e microrganismos.

O processo ocorre de forma natural, a partir do ciclo externo (geoquímico) e ciclo interno (biológico), podendo ocorrer de diferentes maneiras nos ecossistemas: sob forma de nutrientes oriundos do ar, pela lavagem da cobertura vegetal pela chuva, pelo intemperismo da rocha matriz, pela fixação biológica do nitrogênio, pela decomposição e pela forma antrópica de fertilização artificial (SELLE, 2007).

A deficiência nutritiva em áreas florestais ocorre devido à sua exploração, ou seja, pela retirada de faixas de cobertura vegetal, e assim diminuição de espécies locais, sejam elas de animais ou vegetais, ocasionando a saída de nutrientes contidos na biomassa arbórea, que é proporcional à quantidade de fitomassa retirada, e oriundos de processos decompositores de animais (SELLE, 2007).

Selle *et al.* (2007) apontaram ainda importância dos estudos relacionados à ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, para manutenção e provável recuperação de ambientes degradados, como o caso da Floresta Atlântica:

A ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais tem sido amplamente estudada com o intuito de se obter maior conhecimento da dinâmica dos nutrientes nestes ambientes, não só para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas, mas também buscando informações para o estabelecimento de práticas de manejo florestal para recuperação de áreas degradadas e manutenção da produtividade de sítios degradados em recuperação (p. 1).

Por isso, meios de conservação de cobertura vegetal são de suma importância para manutenção da ciclagem de nutrientes. A quebra nesses ciclos naturais gera um déficit nutritivo que ocasiona danos ao solo, aos vegetais sobrepostos a ele e aos microrganismos presentes em sua estrutura, que são de total importância para o ciclo biológico.

A absorção destes nutrientes pelo mecanismo biológico pode ocorrer de diversas maneiras, como através da fotossíntese que permite a transformação da energia solar em biomassa pela planta e repassada ao solo, e através do acúmulo de processos decompositores da serapilheira convertidos em matéria orgânica. O acúmulo de matéria seca e da fitomassa também é um processo natural abordado em estudo realizado pela EMBRAPA onde o autor relata que, ANDRADE (1999):

“Através da captura da energia solar pela fotossíntese e da absorção de água e nutrientes, os elementos e compostos inorgânicos vão sendo incorporados a fitomassa, passando da forma inorgânica para a forma orgânica. A eficiência desse processo depende de características genéticas da planta, de sua idade, das condições edafoclimáticas locais e das formas de manejo adotadas, ocorrendo uma grande variação entre espécies arbóreas na produção de biomassa e na relação raiz/parte aérea (p 5)”.

Outro processo importante de deposição de nutrientes no solo é o seucarreamento através da lavagem superficial de vegetais presentes na Floresta. O fenômeno da precipitação traz elementos químicos que são transformados no contato com o dossel das árvores ou do córtex, dependendo sobretudo de sua variação genética. Estudos realizados pela EMBRAPA (1997), mostraram que determinadas concentrações de elementos presentes na água da chuva em florestas tropicais úmidas revelaram taxas elevadas de K, Ca e Na, sendo incrementados posteriormente após a lavagem das árvores, extraindo elementos como, Mg, Fe e um aumento no número de Ca e K.

3.4 Líquens: características e propriedades

Os líquens são encontrados ao longo da superfície terrestre sendo atuantes em diversos ambientes. De polo a polo, eles são distribuídos nos mais diferentes substratos, sejam eles, alojados em cortex de árvores, no solo, em muros de edificações antrópicas, em materiais depositados no meio ambiente entre outros (SEAWARD, 1977; HALE, 1983).

Resultantes de uma simbiose entre um fungo e uma alga e/ou uma cianobactéria, onde ambas as espécies são beneficiadas (HAWKSWORTH, 1988), os líquens participam de processos variados na cobertura terrestre. Atuam como bioindicadores e biomonitores da qualidade do ar (PEREIRA, 2014), além de atuarem como biorremediadores de salinidade em Luvisolos de áreas em processo de desertificação do Nordeste Brasileiro (SILVA, 2015).

Dessa forma, podem estar atrelados a estudos agrários realizados por geógrafos, biólogos e profissionais da área de agronomia no conhecimento e melhoramento das técnicas de cultivo, assim como na correção de excessos ou falta de nutrientes do solo. Podem também ajudar a compreender a dinâmica ambiental e, contribuir para um melhor manejo e conservação dos solos e dos ecossistemas.

As substâncias líquênicas atuam como um mecanismo de defesa do talo contra agressões externas. Estes podem aumentar significativamente sua produção. Em laboratório, alguns fatores foram testados, como a adição da radiação (SILVA et al., 2011), ou adição de sais nitrogenados, a exemplo da ureia (BARBOSA, 2009).

Honda e Villegas (1998) relatam sobre a química dos líquens, falando dos principais produtos e processos encontrados nesses organismos, onde:

“Os produtos intracelulares (carboidratos, carotenóides e vitaminas, aminoácidos e proteínas) estão ligados na parede celular e ao protoplasto. São frequentemente solúveis em água e podem ser extraídos com água quente. Esses compostos ocorrem não somente em líquens, mas em fungos e algas de vida livre e em plantas superiores. (p. 110)”

Os produtos extracelulares, oufenóis liquênicos, são responsáveis pela interação do líquen com o material rochoso e/ou com o solo, promovendo a formação de quelatos (BARBOSA, 2009). Outros produtos não extracelulares, como oxalato de cálcio e proteínas, que também interagem com o substrato (NASH, 2008; VASCONCELOS et al., 2016).

Nesse contexto, líquens da família *Cladoniaceae* exercem importante papel na estrutura e funcionamento desses habitats, promovendo a ciclagem de nutrientes modificação química do solo e interferência em sua microbiota (SILVA, 2007; VASCONCELOS 2007; 2009; VASCONCELOS et al., 2013).

Sabendo-se disso, Barbosa (2009) estudou a relação do líquen *C. substellata* com o milonito e sua capacidade degradadora na formação dos solos. Identificou, ao longo de todo o experimento, a presença do ácido úsnico, principal substância produzida pela espécie na rocha subjacente.

Vasconcelos et al. (2013) verificaram que a espécie liquênica *C. verticillaris* conseguiu percolar suas substâncias para o solo de Tabuleiros Costeiros do Nordeste e ser um modificador químico a 5 cm de profundidade. O ácido fumarprotocetrárico (FUM) e o ácido protocetrárico (PRO), presentes no líquen participaram ativamente da ciclagem de nutrientes, mostrando a importância desse processo biológico na manutenção dos ecossistemas florestais, sendo ele um provável atenuador dos impactos antrópicos.

Araújo (2014) também estudou a relação do líquen *C. substellata* na modificação química de Luvisolos em processo de desertificação em Pernambuco aliado a radiação gama e, verificou sua estreita relação com o solo promovendo modificações consideráveis em sua química.

Silva (2015) estudou a interação do líquen *C. substellata* aliado à radiação UV como biorremediador de solos salinos em área semiárida de Pernambuco, verificando sua interação com o solo subjacente e apresentando modificação química, sobretudo posterior a radiação.

Com isso, pode ser dito que as substâncias liquênicas agem desde o processo de degradação das rochas, a processo de formação de solos e assim atuam no processo de prováveis modificações de impactos ambientais, sejam elas químicas ou microbiológicas.

3.5 *Cladonia substellata*

De uso corrente em pesquisas acadêmicas que visam tanto a manutenção de hábitats, como também biorremediação de solos, sejam eles, salinizados ou impactados quimicamente, a espécie liquênica *Cladonia substellata* tornou-se um importante aliado no campo científico.

Pesquisas comprovam sua eficiência para diversas áreas de pesquisa dentre elas: modificação química de Luvisolos em processo de salinização (SILVA, 2015), efeito do ácido úsnico substância encontrada em predominância em *C. substellata* sobre o sistema embrionário de ratas (SILVA, 2014), produção de metabólitos através da imobilização celular aliado a dose de 10 Gy de radiação GAMA, para produção de antibióticos (SILVA, 2014), além de produção do extrato de *C. substellata* para atividades antimicrobianas frente a *Staphylococcus* spp. E *Microsporum* spp. em estudos com gatos e cães (MOURA *et al.*, 2013).

Monte (2012) estudou os efeitos dos metabólitos da espécie *C. substellata* considerando-os importantes aliados nos estudos das ciências agrárias. Foram identificados resultados satisfatórios acerca da utilização do extrato desse líquen, comprovando que o ácido úsnico de *C. substellata*, agiu como repelente de pragas que atingem as plantações de feijão.

Nascimento *et al.* (1994) realizaram estudo comparativo entre espécies liquênicas, sendo elas: *Cladonia substellata*, *C. crispatula* e *Cladina dendroides*, com a finalidade de testar seu poder inibitório contra células de adenocarcinoma prostático e mamário (humanos). Os resultados apontaram que houve presença bastante expressiva de quantidades do ácido úsnico, composto encontrado em *C. substellata*, em testes cromatográficos, além de essa espécie liquênica ter inibido a proliferação dessas células, se comparadas as demais espécies testadas.

Silva e Marinho *et al.* (2016) pesquisou efeitos de *C. substellata* como atividade antitóxica para produção na indústria farmacêutica. Foram analisadas ratas prenhas inoculadas com o ácido úsnico encapsulado, como forma de diminuir sua toxicidade. Os resultados apontaram que a partir da incubação do ácido úsnico, os efeitos negativos a gestação de ratas foram minimizados, significativamente, e assim sendo o meio de encapsular o ácido úsnico se mostrou uma alternativa eficiente contra sua toxicidade.

Duarte (2002) também verificou a atividade antimicrobiana do ácido úsnico nanoencapsulado frente a *Staphylococcus* spp. Os resultados não foram satisfatórios quando utilizado o ácido na versão encapsulada, tendo na amostra padrão e purificada resultados mais satisfatórios quanto a atividade antimicrobiana.

Em outros estudos acadêmicos com a finalidade de analisar espécies liquênicas voltadas aos meios científicos é encontrada a ação antiespasmódica, espamolítica, histamínica, hipoglicemiante, neuromuscular, anti-inflamatória e analgésica, que são de suma importância (APPA-RAO & PRABHAKAR, 1987; SILVA *et al.*, 1997; MAIA *et al.*, 2002).

Com isso sua utilização é de fundamental importância para os avanços nos estudos científicos em larga escala, no meio agropecuário como biorremediadores de solos impactados pelo uso extensivo de terras, no meio atmosférico como indicadores de qualidade do ar e no medicinal para diminuição das bactérias que possuem uma alta capacidade de propagação e são capazes de desenvolver inúmeras doenças.

Pereira *et al.* (1991; 1996), apontam que a ação antimicrobiana de *C. substellata* é de responsabilidade do ácido úsnico, composto geralmente encontrado em abundância nesta espécie.

Em adição, são realizados estudos que viabilizam a produção dessas substâncias em biorreatores, em condições de laboratório, visando uma produção contínua, bem como o uso em menor escala de talos líquênicos, para manutenção da biodiversidade (VICENTE *et al.*, 1995). No caso do ácido úsnico de *Cladonia substellata*, a produção já se concretizou em sistemas tradicionais de biorreatores (PEREIRA *et al.*, 1995), bem como com o aperfeiçoamento desses aparatos (MARTINS *et al.*, 2017).

Como mencionado anteriormente, agentes exógenos podem induzir a uma maior produção de compostos pelo talo dos líquens, como a radiação (SILVA *et al.*, 2010), o que também influenciou nos talos irradiados e submetidos a bioprodução nesses biorreatores (SILVA, 2014).

Portanto, busca-se um aumento na produção e/ou uma hiperprodução das substâncias líquênicas, sobretudo as encontradas em *C. substellata*, a partir do uso da radiação e outros produtos em seus talos para fins científicos e comerciais visto a gama de estudos beneficiados com a espécie discutida nesse capítulo.

3.6 Abordagens sobre interações ocorridas nos solos e sua influência com o uso de substâncias líquênicas

Os líquens agem desde a formação dos solos participando de processos intempéricos em rochas aflorantes a superfície terrestre (BARBOSA, 2009), como através de atividades químicas, que somadas ajudam a promover quebras nos compostos orgânicos encontrados na estrutura dos solos.

Líquens que possuem rochas ou solos como substrato atuam ativamente em seu ecossistema, fornecendo subsídios que modificam a microbiota. A literatura mostra a atuação de líquens como antimicrobianos, proporcionando relações químicas no solo. Nele, os compostos líquênicos podem atuar ainda como fonte de carbono para a

microbiota, promovendo maior interação com os microrganismos, auxiliando no aumento de sua fertilidade (SILVA, 2007).

Hyvarinen *et al.* (2002) avaliaram a interação que *Cladina stellaris* desempenhava sob tratamentos químicos com fósforo e nitrogênio, tendo a finalidade de identificar quais dos dois compostos conseguiria aumentar, significativamente, a produção do ácido úsnico, encontrado na espécie líquênica citada. Os resultados apontaram que *C. stellaris* conseguiu aumentar os teores de ácido úsnico sob a adição apenas do fósforo e que a soma de fósforo e nitrogênio não apresentou resultados tão satisfatórios quanto os encontrados apenas com o primeiro composto.

Sabendo-se disso, o método para estudos do aumento dos benefícios realizados através da percolação do ácido úsnico foi ampliado. Pesquisa acerca da adição de matéria orgânica se tornou um bom precursor de aumento nutritivo de solos, pois alguns tipos de solos possuem baixo indicativo de nutrientes e minerais em seu corpo somado a um habitat que oferece poucos subsídios para sua nutrição. Nesse contexto, a adição de um composto rico em nutrientes incrementaria a atuação de enzimas e microrganismos capazes de realizar a quebra de compostos de cadeia longa, deixando-o disponíveis às plantas e, com isso, sua nutrição.

Conceição (2005) estudou a adição de matéria orgânica sobre alguns tipos de manejo em solos influenciando em sua qualidade. Foram realizados experimentos com culturas distantes sob tratamentos variados e dois intervalos de tempo propostos, um de 10 anos e outro de 15 anos. Os resultados nos tratamentos sob a interferência em matéria orgânica mostraram foram de fundamental importância para determinar índices de qualidade do solo e, que distintos tipos de manejo no solo geram modificações diferentes alterando sobretudo os níveis de matéria orgânica.

Nesse contexto, estudos que utilizam a adição de compostos líquênicos somado ao aditivo de matéria orgânica têm fornecido o incremento necessário para o aumento da fertilidade dos solos, como também aumenta o potencial produtivo dos solos estudados.

Silva (2016) estudou o uso de matéria orgânica em Neossolos Flúvicos impactados pelo processo de salinização no município pernambucano de Cabrobó, sendo utilizadas três concentrações de matéria orgânica, com 50mg, 100mg e 200mg. Os resultados demonstraram que os níveis de sódio foram minimizados nos tratamentos com adição do chorume e água deionizada, sendo o sódio importante agente de processos de salinização. Níveis de cálcio e magnésio também foram alterados, com aumentos consideráveis em suas taxas, fato este que demonstra com maior veracidade o quão bom para níveis de fertilidade do solo é a matéria orgânica.

Miranda (2011) também estudou a interferência de aditivos orgânicos e químicos como forma de recuperação de solos sobre fortes processos de salinização em semiárido pernambucano. Os resultados encontrados apontaram que a adição de esterco de ovinos, bovinos, gesso e o polímero conseguiram diminuir níveis de Na^+ nos tratamentos estudados. Assim impulsionaram os aumentos de água no solo estudado.

Com isso, sabendo-se desse princípio e da forte influência entre espécies liquênicas e o solo, estima-se que aumentos em níveis de substâncias liquênicas interfiram beneficemente aumentando níveis de fertilidade dos solos.

Estudos adicionais estão sendo realizados no grupo de liquenologia da Universidade Federal de Pernambuco visando identificar a interação de matéria orgânica com talos liquênicos e seus extratos orgânicos. Estas pesquisas visam melhorar ainda mais as condições ambientais, para que solos com altos níveis de degradação sejam remediados e voltem a ser produtivos para as comunidades locais, que têm nas atividades agropastoris sua principal fonte de renda.

3.7 Neossolos Quartzarênicos

Encontrados em áreas cronologicamente novas, na costa do Nordeste, essas manchas arenosas são resultantes do afloramento do arenito da Formação Beberibe em superfície plana a suave ondulada, propiciando a existência de um solo arenoso, onde a água resultante da precipitação se infiltra facilmente devido à porosidade da areia predominante no solo, ficando retida na camada argilosa basal (CPRH, 2003).

Neossolos Quartzarênicos apresentam em sua estrutura elevado grau de dureza por possuírem altas concentrações de quartzo, de pouca adesão a água por apresentarem escassa quantidade de argila, chegando a no máximo 15%, e altas concentrações de areia, estando bastante ligado ao seu material de origem (NETO; SILVA, 2006).

Por serem solos rasos a vegetação predominante é a de cerrados edáficos, onde as árvores são de pequeno porte, facilitando a captação de água. O manejo e preservação da área deve encontrar-se em equilíbrio devido ao alto índice de processos erosivos em virtude do material de origem do solo e de sua porosidade excessiva.

Estudos realizados por Souza e Lobato (2002) publicados na Agência de Informação - EMBRAPA mostraram que quando se trata de meios para produção agrícola este solo necessita de manejos adequados que visem a manutenção de sua integridade e minimizem danos ocasionados pela erosão, onde:

“Por serem muito arenosos, com baixa capacidade de agregação de partículas, condicionada pelos baixos teores de argila e de matéria orgânica, esses solos são muito suscetíveis à erosão. Quando ocupam as cabeceiras de drenagem, em geral, dão origem a grandes voçorocas (p. 03)”.

“Tendo em vista a grande quantidade de areia, nesses solos, sobretudo naqueles em que a areia grossa predomina sobre a fina, há séria limitação quanto à capacidade de armazenamento de água disponível (p. 03)”.

No interior, na porção oeste dos Tabuleiros Costeiros da região Nordeste brasileiro, essas parcelas verdes de Floresta Atlântica são encontradas e há predominância de Neossolos Quartzarênicos. São solos de característica física arenosa e com baixo grau de fertilidade, encontrados, sobretudo, ao longo da área costeira. Fruto de processos de intemperismos físicos e químicos sobre rochas aflorantes, essas manchas de cerrado edáficos ocorrem também em regiões de limites entre brejos de altitude e semiárido e chamados de Tabuleiros de Interior (SANTOS *et al.*, 2014; FONSECA, 2012).

Assim, Neossolos Quartzarênicos de ecossistemas florestais são predominantemente pobres em nutrientes e necessitam de estudos mais aprofundados que visem tanto a manutenção de ecossistemas oriundos deles, como de mecanismos que melhorem sua fertilidade para fins econômicos e comerciais, visto sua utilização em larga escala para monocultivo de cana-de-açúcar. Dessa forma, minimizando maiores danos ao ecossistema local.

3.8 Influência dos microrganismos na indicação de fertilidade dos solos

Os solos, em sua grande extensão ao largo da cobertura terrestre, representam um dos principais elementos para manutenção de vida. Sua estrutura formada de inúmeras capacidades, sejam elas físicas, químicas ou biológicas, estão aptas a desempenhar inúmeras atividades bióticas em sua estrutura.

Essa formação é composta de elementos ativamente interligados, capazes de promover sustento aos componentes exógenos de seu arcabouço participando ativamente da quebra de nutrientes, da decomposição matéria orgânica e do transporte de sais minerais e proteínas para a estrutura vegetal sobrejacente (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Cardoso e Andrade (2016) apontam a importância desta soma de atributos capazes de auxiliar na manutenção de vida presente nos solos, retratando a importância da macro, meso e microfauna na manutenção de vida e como indicadores de qualidade de um habitat.

A macro e a mesofauna têm sua importância pelo transporte e abertura de lacunas no solo facilitando a maior presença de oxigênio, tendo como exemplo as minhocas, cupins,

formigas, aranhas, baratas, aracnídeos dentre outros. Já pela microfauna é reportada a quebra de nutrientes desempenhada por microrganismos presentes na cobertura terrestre e fundamental a sua formação, a exemplo dos fungos, bactérias e actinomicetos (LOURENTE, 2007).

Os microrganismos presentes no solo desempenham inúmeras funções responsáveis pela manutenção de vida presente em habitats distintos, apresentam papéis específicos que caracterizam um ecossistema e, participam ativamente do processo de ciclagem de nutrientes.

Lourente (2007) apontou, ainda, em trecho do seu trabalho que tratou da mesofauna edáfica e atributos químicos, a importância da ciclagem nutricional que estes microrganismos desempenham no substrato, onde:

“A fauna do solo está intimamente associada aos processos de decomposição e de ciclagem de nutrientes, os quais são de fundamental importância para a manutenção da produtividade do ecossistema. E, ao mesmo tempo, agente transformador e reflexo das características químicas, físicas e biológicas dos solos” (p. 01)”.

Cardoso e Andrade (2016) ainda reportam os benefícios da ciclagem de nutrientes representada pelo desenvolvimento vegetal, estando diretamente atrelada aos benefícios trazidos pelos componentes químicos da biota do solo onde, em trecho de seu trabalho que trata a microbiologia de solos aponta que:

“...os benefícios dos microrganismos no desenvolvimento vegetal estão atrelados à fixação biológica do nitrogênio e a formação de micorrizas. (p. 10)”.

O desenvolvimento e o aumento das áreas de plantio de culturas agrícolas demandaram um maior estudo sobre as características biológicas do solo. Sabe-se hoje que não apenas os níveis de nutrientes e minerais são reportados como características da presença de um equilíbrio ambiental, mas que a abrangência e presença de microrganismos definem o quanto preservado está esse habitat (ZILLI, 2003).

Com isso, o quantitativo de populações de microrganismos numa porção de solo está diretamente ligado à presença de organismos vivos capazes de transformar matérias oriundas do ambiente externo em energia e nutrientes capazes de aumentar seu nível de equilíbrio dinâmico. Esse processo faz com que aumente significativamente a ciclagem de nutrientes e a nutrição do solo.

Estudos mais aprofundados vêm tratando da importância da manutenção desta microfauna, neste trabalho considerada como microbiota, visto a maioria dos microrganismos

não estarem enquadrados filogeneticamente no Reino Animal, em diversos ambientes, pois qualquer que seja a interferência pode desencadear diminuições consideráveis em elementos bióticos e abióticos gerando um desequilíbrio e influenciar nos níveis de fertilidade no solo (ANDREOLA; FERNANDES, 2007).

A verificação da qualidade da biota do solo pode ser assim definida como a porcentagem de microrganismos presentes no substrato, como pode ser verificado através da contagem de micróbios definidos por quilômetro quadrado, onde um solo apto e bem nutrido estaria entre 500 kg de microrganismos a cada 0,4 hectares de solo (MACHADO, 2012).

Para tanto, estudos que verificam a presença de bactérias, actinomicetos e fungos no solo, vêm sendo amplamente difundidos, sobretudo em âmbito agroecológico para manejo e manutenção de terras agricultáveis. Dessa forma, a presença dessa microbiota reporta a disponibilidade de nutrientes aliada à capacidade de suprimento dos vegetais sobrepostos ao solo. Assim, esses organismos podem ser considerados como bons indicadores de sua fertilidade.

A quebra e síntese desse material orgânico realizada pelos microrganismos se dá através de processos biológicos capazes de converter suprimento exógeno, seja pela energia solar e a realização de processos fotossintéticos, seja pela decomposição de restos de animais e organismos mortos sobre o substrato. Estas características são apontadas por Cardoso e Andrade. (2016), que dizem:

“dois processos sustentam a vida no planeta: a fotossíntese e a decomposição, que são processos geradores e/ ou consumidores de energia celular assim como de construção e desconstrução de estruturas orgânicas. Esses dois processos, de grande ocorrência nos microrganismos, envolvem um grande número de reações bioquímicas complexas. A maioria dos processos bioquímicos dos microrganismos procariotos (bactérias e arqueas) também ocorre nos microrganismos eucariotos (fungos e protozoários) e nas células dos organismos pluricelulares ou multicelulares, incluindo os seres humanos” (p. 61). ”.

As bactérias, actinomicetos e fungos são os principais responsáveis por essa quebra de matéria orgânica no solo, por numerosas quantidades de microrganismos e capazes de converter material bruto em suprimento ao substrato.

As bactérias, por sua vez, desempenham papel de quebra nutricional, como indicadores da qualidade biológica do solo, decompositores que deixam o solo mais rico e capaz de subsidiar o sustento de vegetais sobrejacentes, além de ser um indicador patológico do solo (DIONÍSIO, 2016).

Para tanto, a manutenção de ecossistemas não apenas preserva a quantidade de espécies nativas sobrepostas ao solo, mas também são mantidos quantitativos de espécies no interior do substrato.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Abordagem Teórico-Metodológica

A pesquisa parte do método de abordagem dedutivo, pois através da razão buscam-se resultados lógicos que comprovem os diversos questionamentos que surgem a partir da hipótese de que o líquen *C. substellata* consegue interagir com seu solo de ocorrência, ser um provável modificador químico e, influenciar na sua microbiota. É de natureza aplicada, visto ser uma investigação de conhecimentos que visem a resolução de problemas a um mediano intervalo de tempo e, com a finalidade de descrever os resultados detectados ao longo da pesquisa, através de uma análise experimental com procedimentos laboratoriais.

Baseia-se, sobretudo, em dados quantitativos para compreensão da dinâmica da degradação ambiental, a partir destes questionamentos prévios, que cujos resultados demonstram os impactos ambientais inferidos na paisagem natural, a partir do ser humano com o meio.

4.2 Caracterização da Área de Estudo

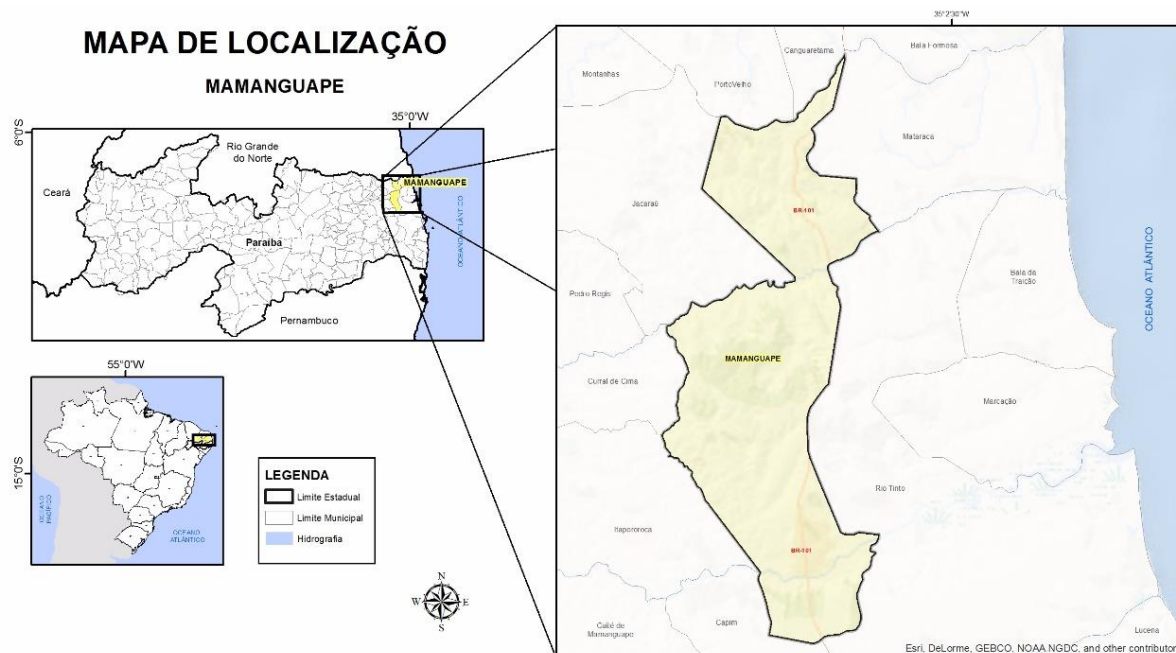
A área de estudo situa-se no Tabuleiro Costeiro no Nordeste do Brasil, localizada especificamente no município de Mamanguape-PB pertencente à mesorregião da Mata Paraibana e na microrregião do litoral norte, com coordenadas latitude 6.696.744 e longitude 35.116.467 W (IBGE, 2016).

O município é considerado como patrimônio histórico por ter sido um dos primeiros colonizados e explorados pela monocultura da cana-de-açúcar e pelo gado, fato este que desencadeou compressões ao meio ambiente (IBGE, 2016).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-2016) o município conta hoje com uma extensão territorial de 340. 482 km, tendo uma população de 44.694 habitantes, limitando-se com os municípios de Capim, Rio Tinto, Itapororoca, Jacaraú, Mataraca, Central de Cima Pedro Régis, Canguaretama e Pedro Velho (Figura 01).

O clima da região é segundo Köppen (1936) As' considerado um clima tropical megatérmico com chuvas de outono e inverno, com temperaturas superiores a 20°C, amplitude térmica baixa, apresentando duas estações distintas, com verão seco e um inverno chuvoso. Segundo a classificação de Strahler (2005) o município sofre ação das massas de ar Equatorial Atlântica e Tropical Atlântica.

Figura 01 - Mapa de localização da área de coleta de *Cladonia substellata* (líquen) e de Neossolos Quartzarênicos, Mamanguape – PB, Brasil



Fonte: Ismael Botelho, 2017

O município de Mamanguape está localizado em área que tem predominância de mata Atlântica, por estar próximo ao litoral norte paraibano apresentando em seus domínios manguezais, restingas e praias que compõem o plano de diversidade da área (RIZZINI, 1997).

Dentre as características geomorfológicas do estado da Paraíba em seu território está presente o conjunto de depressões sertanejas, planaltos da borborema e sertanejos, planícies, além de Tabuleiros Costeiros com formas convexas e Tabuleiros costeiros de formas tabulares. No conjunto de depressões sertanejas estão presentes as depressões de formas: agudas, tabulares e as convexas e o conjunto de depressões de superfícies: erosivas e pediplanas (SECTMA, 2002).

Seus planaltos estão divididos entre planaltos da Borborema, sertanejos e residuais. Contando ainda com planícies fluviais, fluviomarinhas e marinhas. Além das áreas de Tabuleiros Costeiros (SECTMA, 2002).

A vegetação dos Tabuleiros Costeiros caracterizam-se pela presença de pequenas árvores e arbustos, com solo de textura bastante arenosa (MELO, 2013). Esta área por localizar-se próximo ao litoral sofre a influência da maritimidade e salinidade, apresentando solo arenoso, com pouca argila, de grande porosidade e inúmeras partículas de quartzo, fazendo com haja pouca adesão da água, que infiltra e percola com bastante rapidez nas camadas interiores. Isso limita uma maior variedade de nutrientes que subsidiam a

manutenção das plantas e vegetais, cuja fertilidade depende primordialmente da decomposição de materiais sobrepostos ao solo para fornecer o suprimento exógeno de nutrientes (EMBRAPA, 2011).

Com isso, a retirada das camadas superficiais de vegetação, desde os primórdios da ocupação humana costeira do Nordeste, danificou e diminuiu o fornecimento de nutrientes ao substrato. Isso observado ao longo do desenvolvimento histórico da Paraíba, sobretudo no município de Mamanguape onde suas terras foram bastante utilizadas para aumento da produção da monocultura do açúcar.

4.3 Coleta e processamento das amostras do líquen *Cladonia substellata*

Amostras do líquen *Cladonia substellata* Vainio (Figura 02) foram coletadas em áreas de tabuleiros costeiros no município de Mamanguape (PB), depositadas em caixas de papelão e levadas ao Laboratório de Geografia Ambiental localizado na Universidade Federal de Pernambuco (LAGEAM/UFPE) para limpeza, separação e pesagem.

Após limpeza, parte do material foi identificado através de caracteres morfológicos e químicos do talo e um exemplar da espécie foi depositado no Herbário UFP do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco, com número de registro 75.451, sendo o restante das amostras utilizadas para experimento.

Figura 02 - *Cladonia substellata* em ambiente natural (A) e em ambiente laboratorial (B)



Fonte:: Juliane Sales, 2016.

4.3.1 Processamento das amostras de líquen

Para conhecer as condições químicas e fisiológicas das amostras de *C. substellata* em campo, amostras foram avaliadas imediatamente após coleta, sendo esses dados considerados como controle de campo em tempo zero.

Foram analisados os seguintes parâmetros:

4.3.2 Quantificação de pigmentos fotossintéticos em talo de *C. substellata*

Foram determinados os teores de pigmentos fotossintéticos (clorofilas e feofitinas) de *C. substellata*, a partir de 0,5 g de talo imersos em 5 mL de dimetilsufóxido (DMSO) e depositados em tubos, que envolvidos com papel alumínio e conservados em ambiente escuro durante 48 h.

Após filtragem as amostras foram quantificadas em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 630, 647, 664 e 691 nm para detecção de clorofilas a, b, c, d e totais (POMPELLI et al., 2013) e a 536 e 666 nm para identificação de feofitinas a, b, c, d e totais (HILL, 1963).

4.3.3 Obtenção de extratos orgânicos do líquen *Cladonia substellata* por sistema de esgotamento

A partir de 1 g do líquen *in natura* após coleta foram obtidos extratos, a partir de solventes orgânicos. O líquen foi macerado em éter etílico e levado a agitação por 1 h com posterior filtração. Em seguida, o resíduo da extração foi submetido ao clorofórmio, agitado e filtrado, como no solvente anterior e em última extração utilizou-se a acetona.

Os filtrados foram evaporados até secura em rotaevaporador (Figura 03) aquecido por banho Maria a 40 °C. O extrato foi retirado do balão com espátula e repassados a tubos de penicilina para posterior análise.

Os extratos foram diluídos em acetona a 1,0 mg/mL e lidos em espectrofotômetro a 220 nm, 290 nm e 325nm. O teor de ácido úsnico dos extratos foi determinado a partir de cálculo de regressão linear direta, por uso de reta de calibração, conforme descrito no item seguinte.

Figura 03 - Evaporação do solvente por rotaevaporador



Fonte: Juliane Sales, 2016

4.3.4 Determinação do teor de ácido úsnico nos extratos orgânicos

Para quantificação do ácido úsnico (USN) nos extratos foi elaborada uma curva de calibração com esta substância isolada e purificada anteriormente no Laboratório de Produtos Naturais (CB/UFPE) e testada por ensaios espectroscópicos para atestar sua pureza . O USN foi diluído nas concentrações de 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1,0 mg/mL e lido em espectrofotômetro Biochrome 290 nm, cujos dados de absorbância geraram a seguinte equação da reta:

Equação 1 - Equação da reta utilizada para calcular o teor de ácido úsnico de *C. substellata*

$$y = 0,165x + 0,035$$

$$R^2 = 0,986$$

4.4 Coleta e processamento das amostras de Neossolos Quartzarênicos

Amostras de Neossolos Quartzarênicos foram coletadas em áreas de Tabuleiro Costeiro no município de Mamanguape - PB, tomando-se a precaução de não haver líquen a ele sobreposto. Desse modo, foram coletadas amostras de zero a 20 cm de profundidade em diferentes pontos, de forma aleatória, em ziguezague (EMBRAPA, 1997). Foram considerados dez pontos amostrais, e em cada um coletaram-se quatro amostras de solo. Essas, em laboratório, foram reunidas para homogeneização, secas ao ar livre, peneiradas formando uma amostra composta, pesadas e submetidas aos experimentos (Figura 04).

Figura 04 - Processamento de amostras de Neossolos Quartzarênicos em ambiente laboratorial



Fonte: Juliane Sales 2016.

Amostras de solo obtidas no momento de coleta, denominadas **controle de campo, ou amostras em tempo zero**, foram avaliadas quimicamente quanto aos seus valores de pH em água (solo- solução = 1:2,5), H, Al e outros cátions trocáveis – Ca, Mg, K, e Na (EMBRAPA, 1997), para se obter informações do solo antes dos tratamentos com *C. substellata* e seus extratos. As amostras foram avaliadas no Instituto agrônomo de Pernambuco (IPA).

4.5 Montagem dos experimentos

Para realização dos ensaios laboratoriais foram propostos experimentos em três etapas. A primeira consistiu na determinação da capacidade de suporte de água por quilo de Neossolo Quartzarênico; a segunda focou na determinação do teor de ácido úsnico percolado dos talos de *C. substellata* para Neossolo Quartzarênico posicionado abaixo de talos líquênicos; a terceira consistiu na determinação da modificação química desses solos submetidos a talos líquênicos, ou aos seus extratos, utilizando como parâmetros a simulação de episódios de chuva ou de déficit hídrico.

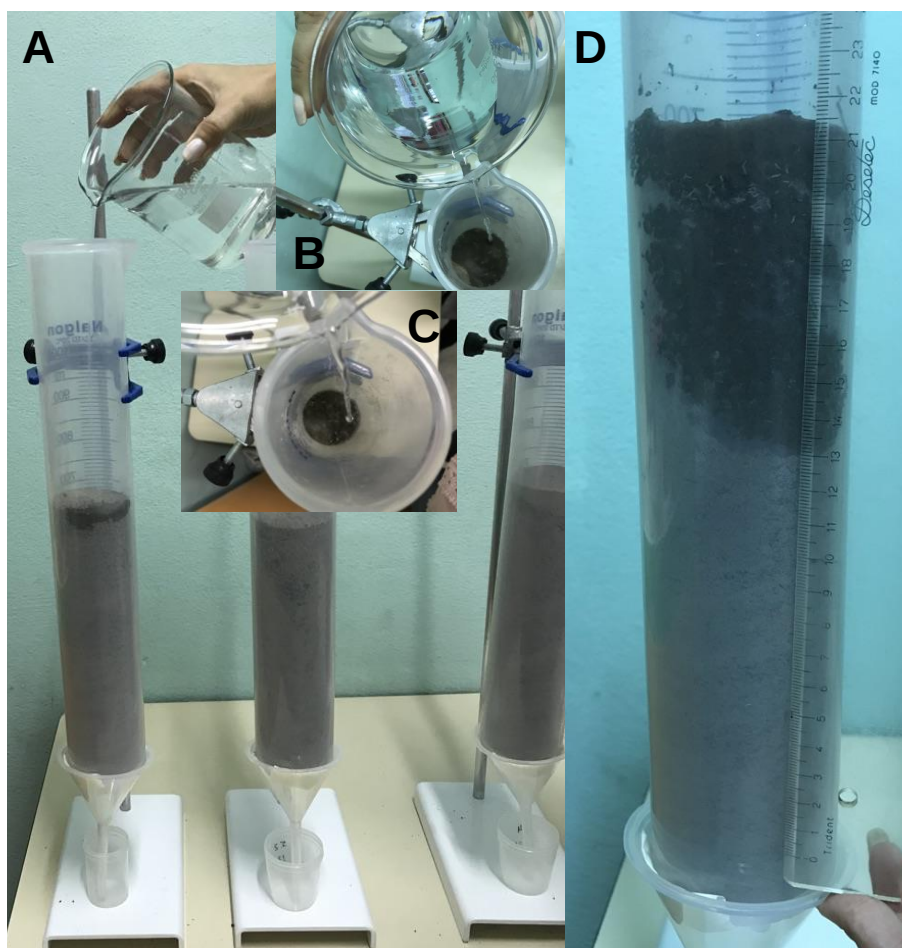
4.5.1 Determinação da capacidade de suporte de água em Neossolos Quartzarênicos

Nesse experimento determinou-se a quantidade de água necessária para saturar e percolar uma coluna de vidro com 7,0 cm de diâmetro, contendo 1 kg de Neossolo Quartzarênico, atingindo uma altura de 20 cm de solo. Com isso, foi possível determinar quanto o solo pode reter de água, para em experimento subsequente se simular episódios de chuva e períodos de déficit hídrico.

Alíquotas de 10 mL de água deionizada foram adicionadas aos poucos na coluna com o solo, até sua total saturação, atestada pela percolação dessa água pelo orifício inferior dessa

coluna. Foram necessários, ao final, 200 mL de água para saturação e percolação, o que possibilitou a determinação do volume de água a ser utilizado em experimentos seguintes (Figura 05).

Figura 05 - Determinação da capacidade de saturação de Neossolo Quartzarênico. (A) Colunas com solo recebendo água deionizada até saturação; (B, C) vista superior da adição da água; (D) Início do encharcamento do solo com indicador de altura e volume da amostra no interior da coluna.



Fonte: Eugênia Pereira, 2017

4.5.2 Determinação do teor de fenóis percolados para Neossolos Quartzarênicos

Para esse experimento foram separadas amostras de solo (500g cada) que foram inseridas em cúpulas de vidro com 15 cm x 15 cm x 15 cm de tamanho e sobre elas depositadas amostras de talo de *C. substellata* (10 g), que foram borrifadas semanalmente com 2 mL de água deionizada e, monitoradas por 365 dias (Figura 06). O experimento foi realizado em quintuplicata, para posterior tratamento estatístico dos resultados.

Figura 06 - Experimento com talos de *Cladonia substellata* sobreposta a Neossolos Quartzarênicos em cúpulas de vidro



Fonte: Eugênia Pereira, 2016

Amostras de solo (10 g) e de líquen (1 g) foram retiradas das cúpulas a 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias. Para os líquens foram determinados o teor de pigmentos fotossintéticos (clorofilas e feofitinas), teor de ácido úsnico no extrato, cuja extração e quantificação estão descritos nos itens 4.3.1.1, 4.3.1.2 e 4.3.1.3.

No caso dos solos, extratos orgânicos obtidos por sistema de esgotamento foram obtidos conforme item 4.3.1.2 e o ácido úsnico percolado do líquen para as amostras de solo foi quantificado conforme item 4.3.1.3.

4.5.3 Determinação de hidroxilas livres nas amostras de solo

Para determinação dos fenóis totais no solo, amostras (1 g) coletadas durante o experimento foram submetidas a extração com cloreto de ferro III (0,5 g de FeCl_3 diluídas em 2 mL de acetona e 2,5 mL de água deionizada) e submetidas a leitura em espectrofotômetro a 415 nm (Figura 07).

Figura 07 - Amostras de Neossolos Quartzarênicos submetidas ao Cloreto de Ferro III

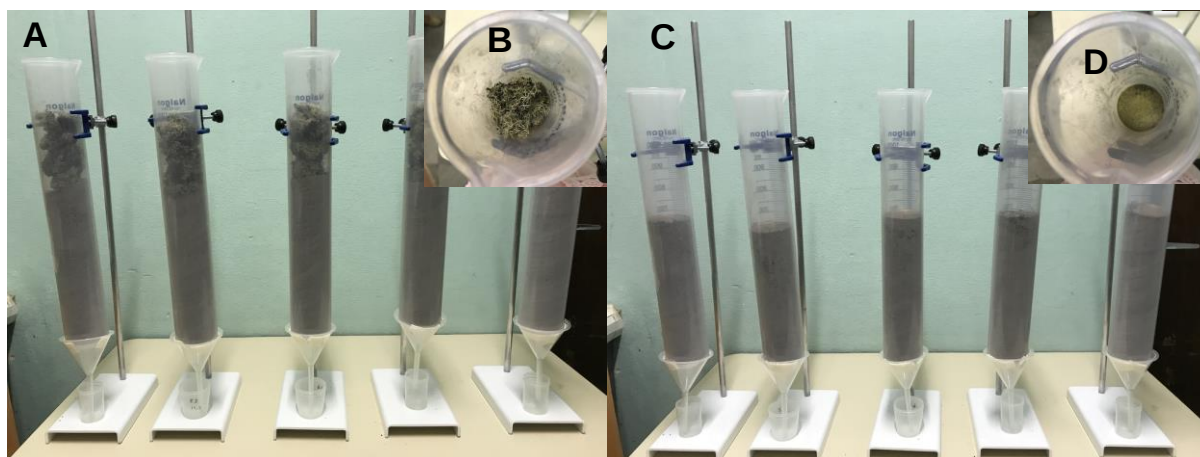


Fonte: Juliane Sales, 2017

4.5.4 Determinação da modificação química de Neossolos Quartzarênicos por talos de *Cladonia substellata* ou seus extratos orgânicos

Ao final dos experimentos de determinação da capacidade de suporte de água por Neossolos Quartzarênicos e do teor de ácido úsnico percolado, foi realizada a seguinte etapa da pesquisa, com montagem do terceiro experimento com duração de 365 dias. Nele, amostras de Neossolos Quartzarênicos (1 kg) foram depositadas em colunas transparentes (7,0 cm de diâmetro) e sobre elas sobrepostas amostras do talo liquênico (6,5 g), ou extrato orgânico de *C. substellata* (214,8 mg), este repostado mensalmente. Os extratos, para adição ao solo a ser testado, foram diluídos em dimetilsufóxido (DMSO) e a eles incorporado em sua superfície (Figura 08).

Figura 08 - Tratamentos com Neossolo Quartzarênico sobreposto por talo de *Cladonia substellata* (A, B); ou pelo extrato orgânico de seu talo (C; D).



Fonte : Eugênia Pereira, 2017

Foram utilizados quatro tratamentos e dois parâmetros de avaliação, a saber: **Tratamento 1 (T1)**- solo seco sobreposto pelo talo de *C. substellata*; **Tratamento 2 (T2)**- solo submetido a episódio de chuva sobreposto pelo talo de *C. substellata*; **Tratamento 3 (T3)**- solo seco incorporado ao extrato orgânico de *C. substellata*; **Tratamento 4 (T4)**- solo submetido a episódio de chuva incorporado ao extrato orgânico de *C. substellata*.

Os parâmetros de avaliação foram o solo umedecido semanalmente com 50 mL de água deionizada, simulando **episódios de chuva**, ou umedecimento semanal com 2 mL da mesma água, simulando **déficit hídrico**.

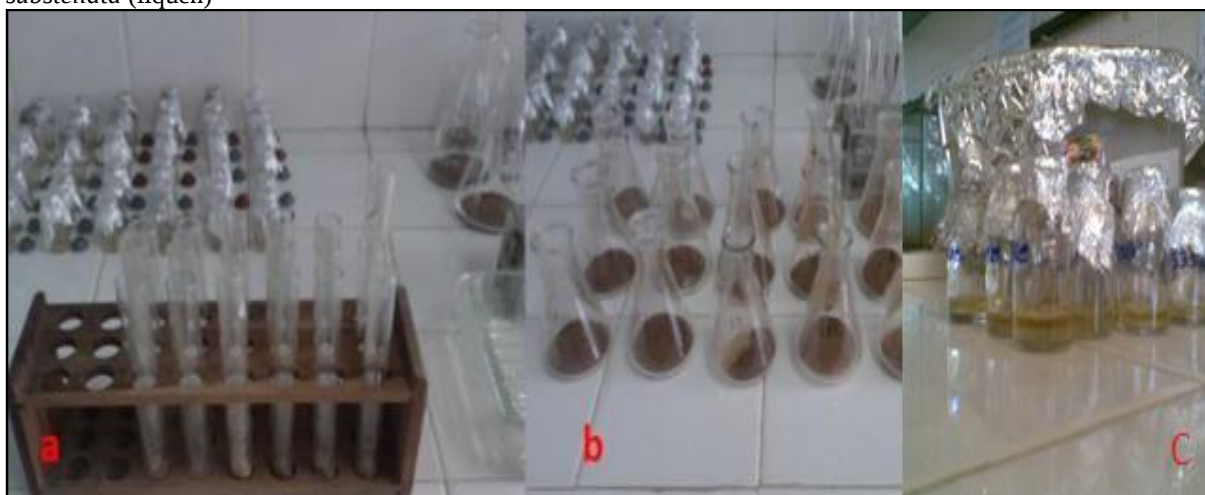
Todos os tratamentos foram realizados em quintuplicata.

Amostras de solo (10 g) e de talo liquênico (1 g) foram coletadas aos 90, 180, 270 e 365 dias de experimento, para posterior análise.

Ao final dos experimentos, amostras dos solos analisados foram levadas ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) e avaliadas de forma idêntica ao solo controle de campo (ou tempo zero), conforme descrito no item 4.4.

A determinação dos teores de ácido úsnico foi realizada nos mesmos períodos recém mencionados para coleta das amostras e, realizada conforme descrito nos itens 4.3.1.2 e 4.3.1.3. Os fenóis totais das mesmas amostras foram também quantificados, segundo o descrito no item 4.5.3, conforme (Figura 09).

Figura 09 - Aplicação de solventes orgânicos em amostras de Neossolos Quartzarênicos e talos de *Cladonia substellata* (líquen)



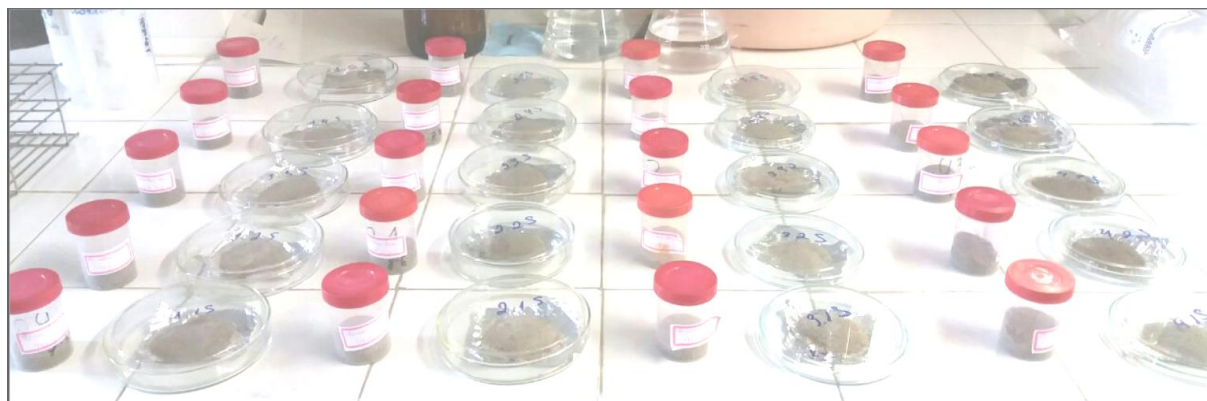
Fonte: Juliane Sales, 2016

Legenda: A) Aplicação de solvente orgânico em talos de *C. substellata*; B) Aplicação de solvente orgânico em amostras de Neossolos Quartzarênicos; C) Material extraído de *C. substellata* (Líquen) e Neossolos Quartzarênicos

4.6 Análises Microbiológicas

Com a finalidade de identificar a presença de microrganismos na biota do solo estudado, foram realizadas análises microbiológicas para quantificação do desenvolvimento de colônias de bactérias, actinomicetos e fungos, durante o período experimental.

Para tanto, foram coletados 10g de solo de cada tratamento, em todas as réplicas, aos 90, 180, 270 e 365 dias e levados ao Laboratório de Microbiologia dos Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Figura 10).

Figura 10 - Coleta e processo metodológico para análises microbiológicas

Fonte: Juliane Sales, 2017

As amostras foram diluídas em solução salina a 0,85 % de Cloreto de Sódio (NaCl) para cada 1000 mL de água autoclavada, em Elermayers que foram levados a agitação durante 30 min. Após agitação, cada amostra foi diluída em três concentrações distintas em solução de NaCl, sendo elas: 10^{-2} ; 10^{-3} e 10^{-4} , utilizando as concentrações de 10^{-2} e 10^{-3} para encontrar o número de colônias formadoras de fungos e 10^{-3} , 10^{-4} para identificar o número de colônias formadoras de bactérias e actinomicetos.

O procedimento subsequente foi o preparo dos meios de cultura para os três tipos de análise. Para bactérias utilizou-se a solução composta pelo meio L (Tabela 01), para actinomicetos utilizou-se a solução composta do meio 34 (Tabela 02) e para crescimento de fungos a solução composta do meio F (Tabela 03).

Tabela 01: Meio de cultura para bactériasMeio L bactérias

Ágar-ágar	(Difco) 12,5 g ou (Comercial) 20,0 g
Glicose	1,0 g
KH ₂ PO ₄	0,5 g
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,2 g
Fe(SO ₄) ₃ .7H ₂ O	Traços
Albumina de ovo	0,25 g
Água destilada (completar)	1.000 mL

Tabela 02: Meio de cultura para actinomicetosMeio 34 actinomicetos

Ágar-ágar	15,0 g
NaNO₃	2,0 g
K₂HPO₄	1,0 g
MgSO₄.7H₂O	0,5 g
KCl	0,5 g
FeSO₄	0,01 g
Sacarose	30 g
Água destilada (completar)	1.000 mL

Tabela 03: Meio de cultura para fungosMeio F fungos

Peptona	5,0 g
Glicose	10,0 g
KH₂PO₄	1,0 g
MgSO₄ 7H₂O	0,5 g
Ágar-ágar	20,0 g
Rose Bengal	0,03 g
Água destilada (completar)	1.000 mL

Após preparo dos meios de cultura (Figura 11) estes foram levados a autoclave para esterilização e eliminação de contaminantes (Figura 12).

Figura 11 - Meios de cultura para bactérias, fungos e actinomicetos

Fonte: Juliane Sales, 2017

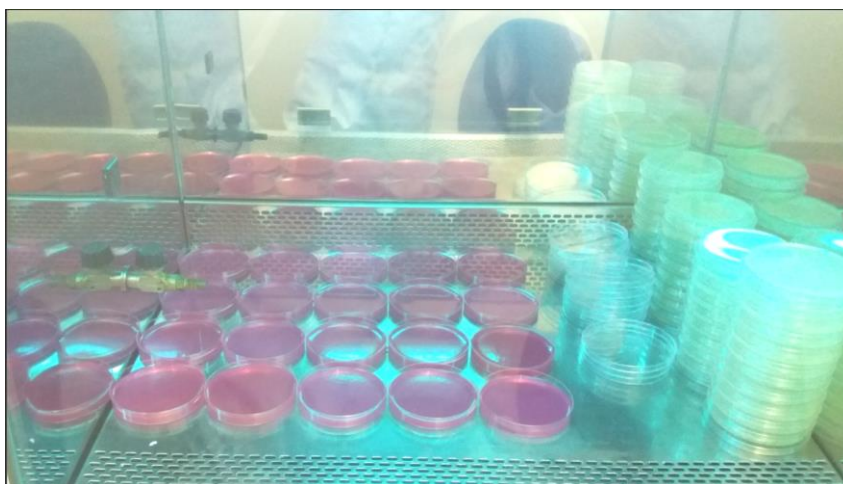
Figura 12 - Autoclave para esterilização dos meios de cultura



Fonte: Juliane Sales, 2017

Os meios de cultura foram vertidos em placas de Petri na dimensão de 9,0 cm de diâmetro e nelas aplicados cerca de 20 mL do meio e deixados sob luz UV durante 20 min. Após este procedimento foram aplicadas as alíquotas (1 mL) das soluções das amostras de solonas concentrações 10^{-2} , 10^{-3} e 10^{-4} correspondentes aos três tipos de meios para os microrganismos investigados (Figura 10). As placas para quantificação das colônias formadoras de bactérias, fungos e actinomicetos foram deixadas em estufa incubadora a 28 °C durante 7 dias para o crescimento dos microrganismos (Figura 13).

Figura 13 - Aplicação das alíquotas de soluções de Neossolos Quartzarênicos em câmara de fluxo contínuo



Fonte: Juliane Sales, 2017

4.7 Análises e tratamento dos dados

Os resultados encontrados foram submetidos a 5% de probabilidade pelo programa SPSS software científico, com posterior aplicação do teste comparativo pelo método de Tukey. Os resultados encontrados foram dispostos no capítulo 5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Influência do Líquen *Cladonia substellata* como modificador químico de Neossolos Quartzarênicos

5.1.1 Ensaios para determinação capacidade de saturação por água de Neossolo Quartzarênico

Em ensaios de capacidade de saturação de Neossolo Quartzarênico, mantido em uma coluna com 20 cm de altura de solo, foi possível observar que foram necessários 200 mL de água deionizada para saturação e percolação. Este valor possibilitou dimensionar o volume de água necessário para simular episódios de chuva ou de déficit hídrico. Dessa forma, este volume foi dividido em quatro partes para os ensaios simulando episódios de chuva, já que o umedecimento do solo ideal, testado em outros experimentos, em condições de laboratório, é de uma semana (dados não publicados). Para simulação de déficit hídrico, estipulou-se o teor de 2 mL semanais, visto ser o mínimo necessário para manter o líquen ativo, também determinado em estudos.

5.1.2 Determinação do teor de ácido úsnico em talos de *Cladonia substellata* e deste percolado para o solo

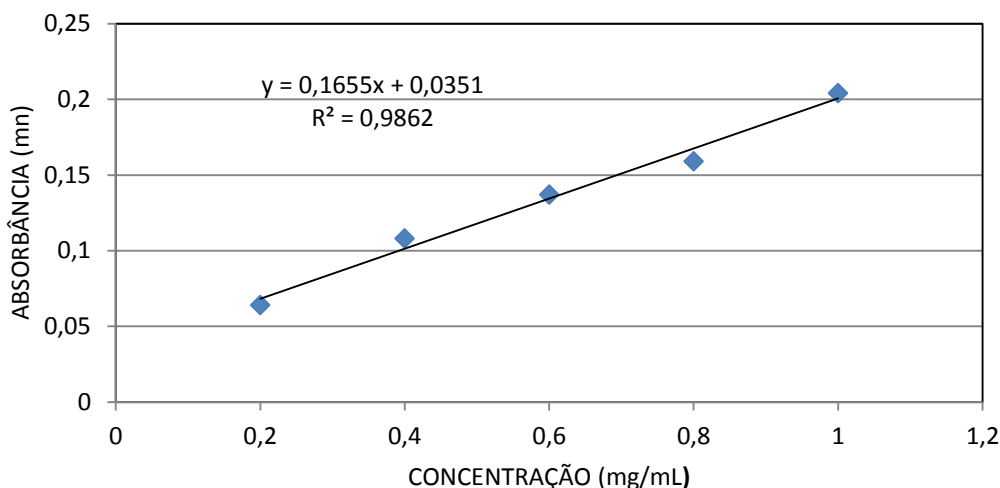
O experimento seguinte realizou-se no intuito de determinar o teor de ácido úsnico, contido nos talos de *C. substellata* sobreposto ao Neossolo Quartzarênico, bem como dessa substância percolada ao substrato, em experimento submetido aos episódios de chuva ou déficit hídrico. Para isso, os dados de absorbância dos extratos lidos em espectrofotômetro a 290 nm tiveram substituídos seus valores em equação da reta, gerada a partir da curva de calibração, e calculados por regressão linear (Figura 14).

A partir desses cálculos foi possível estimar um teor de 0,857 mg de ácido úsnico por mg de extrato. Isso corresponde a pouco mais de 85% de ácido úsnico no líquen, o que corrobora outros estudos (AHTI et al., 1993).

Com a equação da reta (Figura 14) foi possível determinar os teores de ácido úsnico contido nos talos de líquen (Figura 15), bem como dessa substância percolada para o solo em ambos os parâmetros de simulação (Figura 16). Este experimento consistiu em se estimar quanto de ácido úsnico seria produzido pelo talo do líquen, e quanto seria percolado pelo solo. Os dados aqui obtidos possibilitaram a determinação do teor de extrato a ser adicionado

ao solo em experimento subsequente. Foram somados esses teores, ao longo dos seis meses de experimento, chegando-se ao total de 0,2148 mg.

Figura 14 - Curva de calibração do ácido úsnico (USN)



Na Figura 15 é possível observar que o líquen produziu ácido úsnico ao longo do experimento, com incremento em sua biossíntese aos 120 e 150 dias, com queda aos 180 dias. Destaca-se que a substância foi percolada ao substrato (Figura 16), registrando-se aos 30 dias teores semelhantes ao produzido pelo talo. Aos 60 e 90 dias, os teores parecem estar acumulados no solo, pois são superiores aos registrados pelo talo, mas parece ter sido complexado ou consumido aos 120 dias e retoma seu acúmulo aos 150 dias, quando começa a decrescer seu teor até os 180 dias.

Sabe-se que substâncias de líquens têm comprovada capacidade de complexação com íons do solo para formar quelatos, assim promovendo sua modificação química (NASH, 2008). Ao mesmo tempo, essas mesmas substâncias podem agir como fonte de carbono para os microrganismos do solo e serem quebradas em moléculas menores.

Figura 15 - Determinação dos teores de ácido úsnico presente em talos de *C. substellata* contidos em cubas ao longo de seis meses.

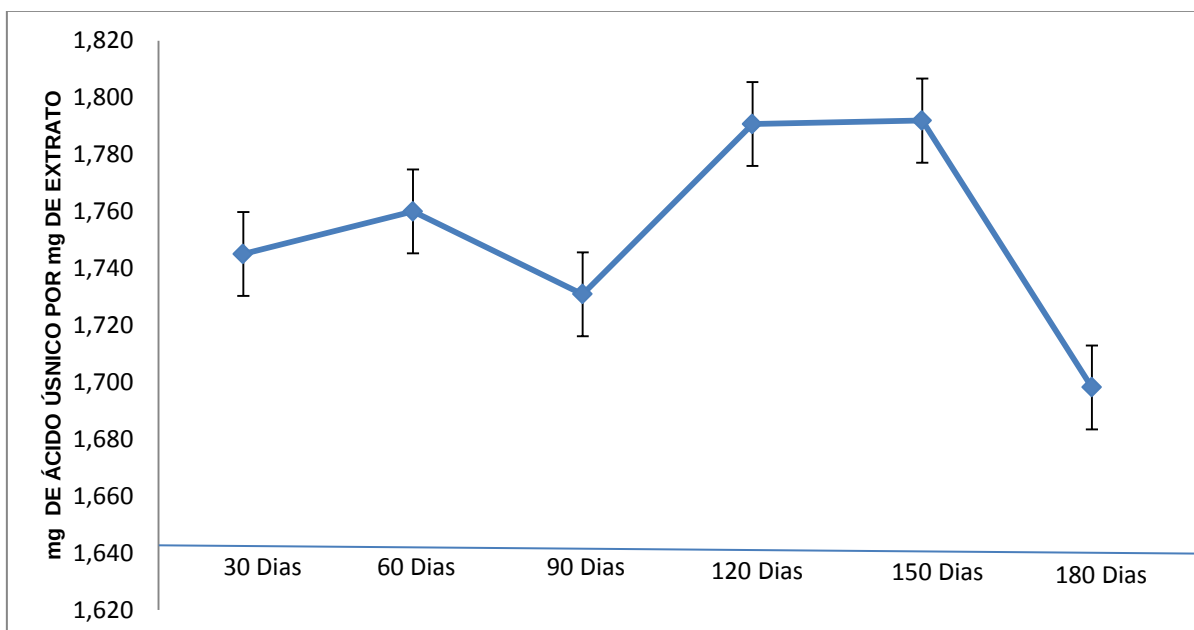
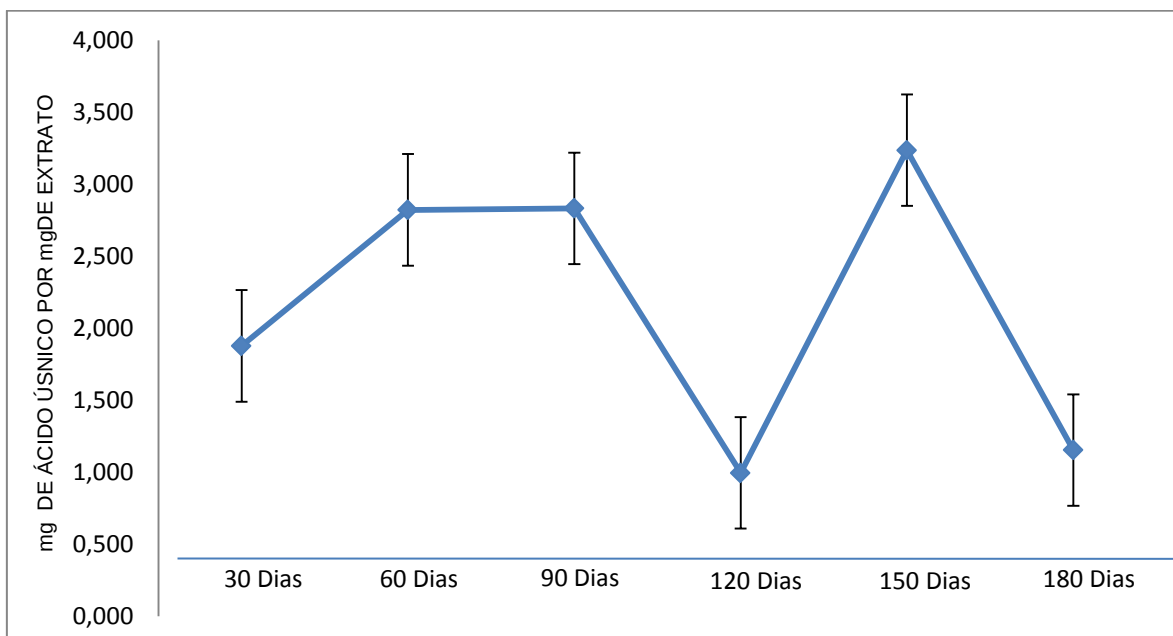
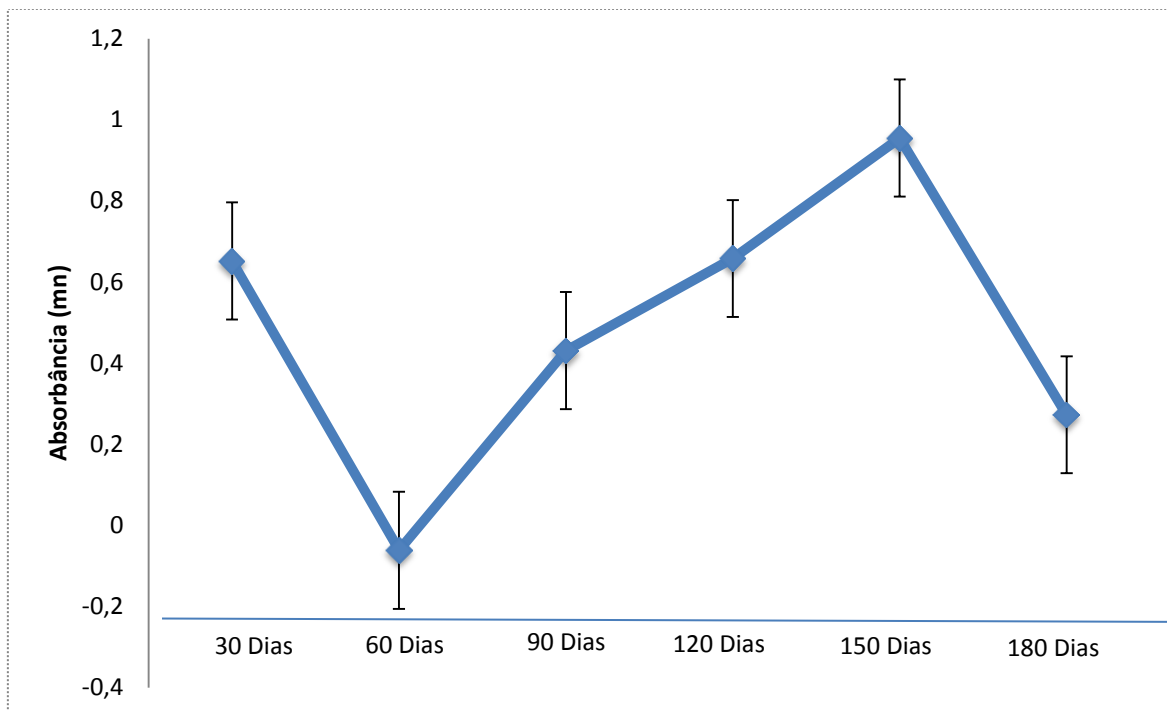


Figura 16 - Determinação dos teores de ácido úsnico presente em amostras de Neossolos Quartzarênicos em cubas de tratamento com talos de *C. substellata* cubas ao longo de seis meses.



Foi também contabilizado o teor de fenóis totais no solo, quantificado por ensaios utilizando cloreto férrico III. Observou-se que o teor foi bem inferior ao do ácido úsnico detectado, o que significa pouca quantidade de hidroxilas livres no solo. Isto leva a crer que boa parte do ácido úsnico percolado pode estar complexado com os íons do solo (Figura 17).

Figura 17 - Determinação dos teores de fenóis totais por análises de Cloreto de Ferro III presentes em Neossolo Quartzarênico sobreposto por talos de *Cladonia substellata*



As clorofilas das amostras experimentais (Figura 18) apresentaram teores que foram decrescendo ao longo do experimento, o que se leva a supor o impacto do ambiente de confinamento das amostras, mas por outro lado, o líquen demonstrou produzir seus pigmentos ao longo dos seis meses.

Em contrapartida às clorofilas, as feofitinas (Figura 19), que retratam a degradação das primeiras, estiveram com seus teores inferiores, o que indica não haver maiores danos às células, e ter sido produzido ácido úsnico durante o experimento. Este, resulta da ciclização orselínica realizada a partir de esqueleto carbônico gerado pelos açúcares resultantes da fotossíntese. Dessa forma, uma queda nos teores de clorofila, ou sua degradação em feofitina, via de regra prejudicaria a síntese fenólica, neste caso de estudo o ácido úsnico.

Figura 18 - Teores de clorofilas a, b, c e d presentes em amostras do líquen *Cladonia substellata* sobrepostas a Neossolos Quartzarênicos durante seis meses.

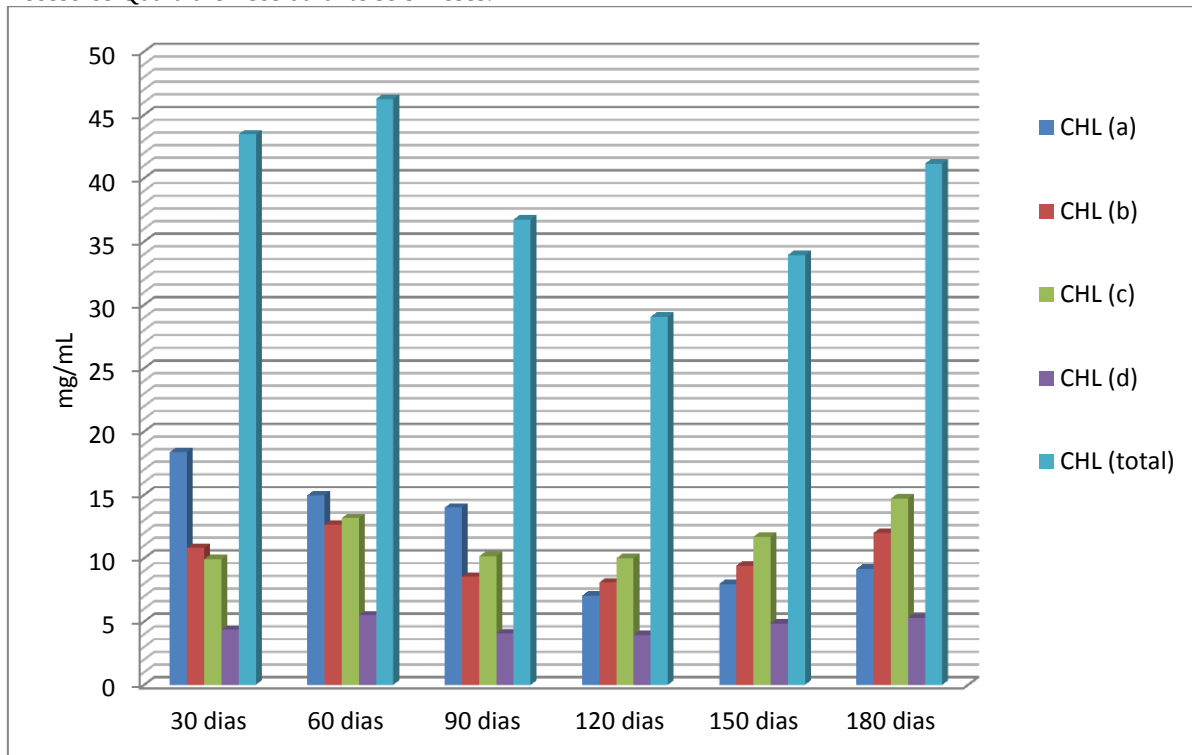
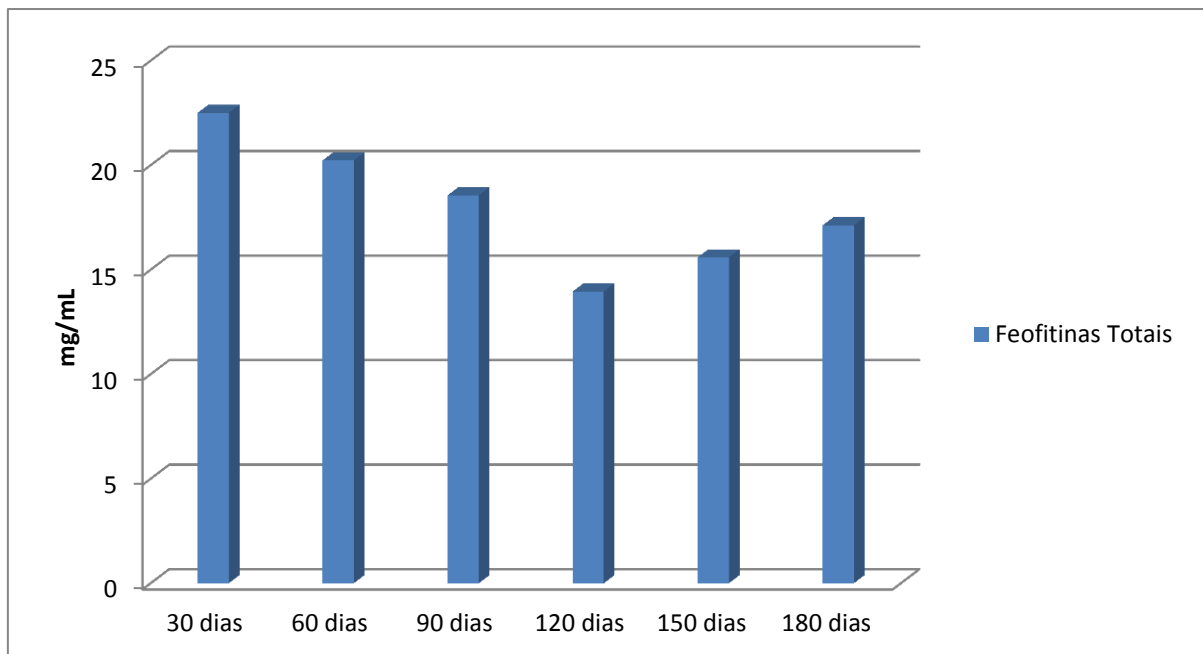


Figura 19 - Teores de feofitina em amostras de *Cladonia substellata* submetidas a Neossolos Quartzarênicos



5.1.3 Dinâmica de percolação do ácido úsnico de *C. substellata* para Neossolos Quartzarênicos

Neste experimento foram quantificados os pigmentos fotossintéticos, ácido úsnico produzido pelo talo de *C. substellata* e este composto percolado para o solo, bem como os fenóis totais. Os ensaios foram conduzidos tanto com simulação de episódios de chuva como de déficit hídrico.

Ao se observar o teor das clorofilas, é possível constatar que são todos inferiores aos determinados para as amostras controle de campo, ou seja, medidas no momento da coleta. A variação entre amostras tratadas com simulação de episódios de chuva e de déficit hídrico é muito discreta, mas há um acréscimo nesses pigmentos. Daí, se pode sugerir que a umidade influenciou na pequena variação nos teores de clorofila e isso pode ser correlacionado a fatores microambientais.

A variação nos teores de pigmentos fotossintéticos, como as clorofilas a, b, c e d podem variar significativamente em espécies de vegetais, em função das oscilações macro e microambientais. No caso dos líquens isso pode ser possível, visto sua íntima relação com o ambiente (SEAWARD, 1977), sobretudo com a umidade, visto serem organismos poiquilohídricos (NASH, 2008).

No caso das amostras submetidas a diferentes tratamentos, sabe-se que mesmo em condições de laboratório, houve oscilações de umidade e temperatura média ao longo do experimento, além de adição ou supressão de água (parâmetros de avaliação), o que pode influenciar sobremaneira nos teores de clorofilas encontrados no talo e/ou produzidos e lixiviados.

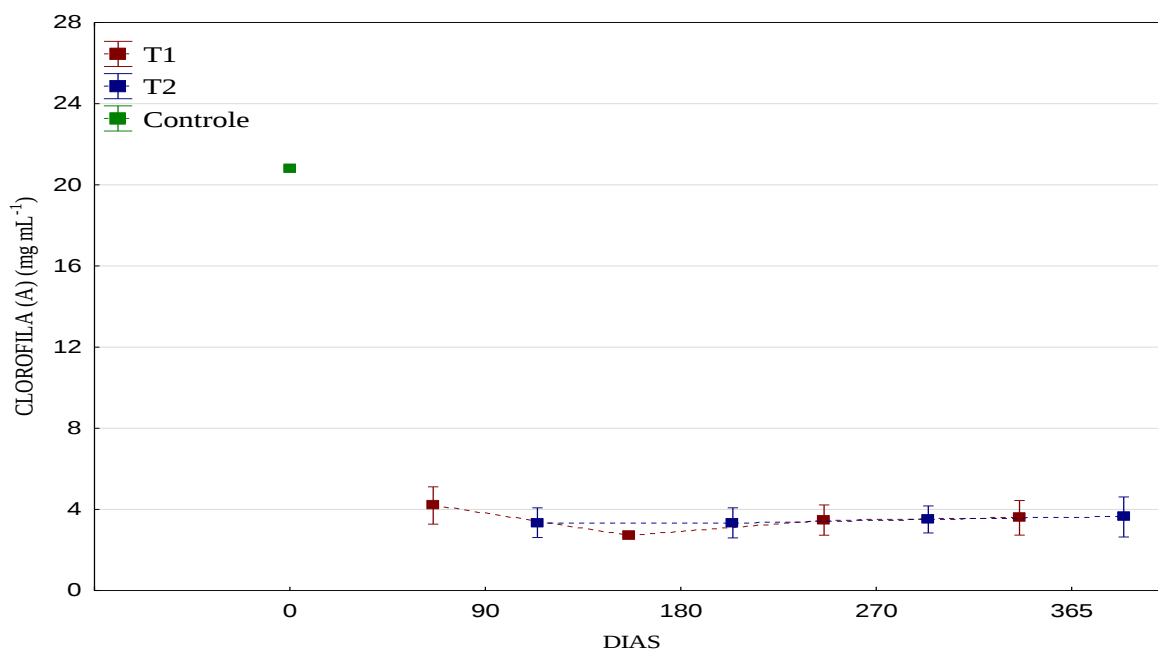
Com relação aos resultados encontrados no líquen controle de campo, verificaram-se teores elevados de clorofila a, b e as totais, conforme Figuras 20, 21 e 24, se comparados aos demais tratamentos. Isso se deve ao fato do líquen em condições ambientais desempenhar maior capacidade de fotossintetizar se comparados a um ambiente laboratorial.

Essas variações podem ser corroboradas ao se analisarem os resultados produzidos por Legaz *et al.* (1986), que encontram diferentes teores de clorofilas e fenóis em *Cladonia verticillaris* posicionadas a pouco metros de distância, mas tendo como proteção um dossel de *Anacardium occidentale*. Nas amostras sombreadas, os teores de clorofila e de umidade eram significativamente mais altos dos que as expostas diretamente ao sol. Estas continham maiores teores de fenóis, sobretudo nos verticilos apicais.

Dessa forma, é também possível se atribuir o fator estresse ao líquen submetido a condições distintas àquelas em que sobrevive em seu habitat natural, sobretudo se as amostras

são impactadas com algum agente extrínseco como contaminantes, ou interferência em seu teor hídrico. Nesse contexto, Silva (2013) apontou que o estresse sofrido por *C. verticillaris*, submetida ao sulfato de alumínio, contaminante encontrado em tratamentos de água no Brasil, desencadeou um estresse na espécie líquênica reduzindo seus teores de clorofila. Dados dessa natureza são importantes, visto que as clorofilas desencadeiam o processo fotossintético e a sua diminuição indica algum problema ou impacto sofrido pelo vegetal. Por exemplo, a clorofila a é considerada importante indicador de degradação de ambiente aquático, impactado por contaminantes orgânicos e inorgânicos (CETESB, 2014).

Figura 20 - Teores de clorofilas a presentes em amostras do líquen *Cladonia substellata* sobrepostas a Neossolos Quartzarênicos durante período experimental



Legenda: Controle de Campo: Líquen analisado após coleta .T1– Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; T2 – Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva .

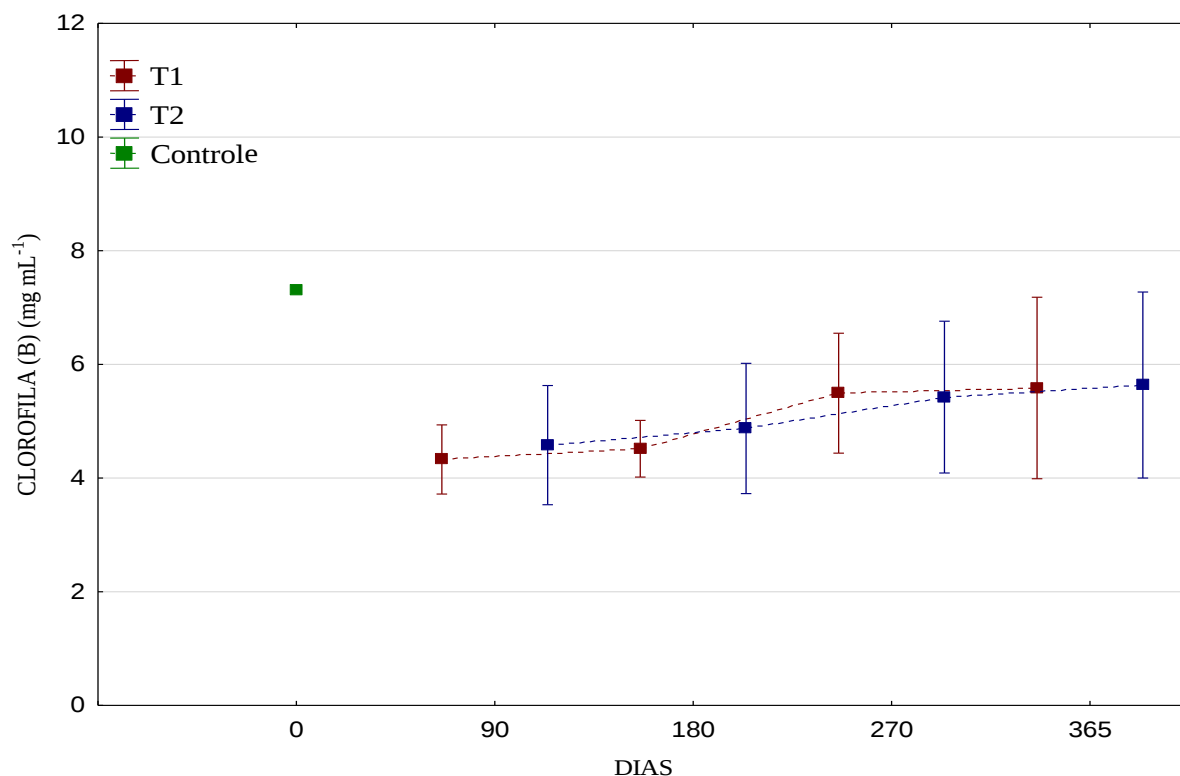
Por outro lado, pode também não haver resposta significativa em alguns casos. Apesar da radiação induzir uma síntese maior de metabólitos em Cladoniaceae (SILVA et al., 2010), *C. verticillaris* de Tabuleiros Costeiros (Alhandra, PB) e de Interior (Saloá, PE) no Nordeste do Brasil, quando submetida a diferentes doses de radiação Gama e UVB, não apresentaram teores de clorofilas maiores do que os detectados para as amostras no momento de sua coleta consideradas como controle de campo (SILVA, 2011).

Ao analisar os teores de clorofilas totais, observa-se o mesmo padrão encontrado para as clorofilas b, c, e d, conforme Figuras 21, 22 e 23, expressando discreto aumento durante o curso do experimento. Dessa forma, quem apresentou comportamento distinto frente às

modificações microambientais foi a clorofila a, indicadora de variação e/ou impacto no ambiente.

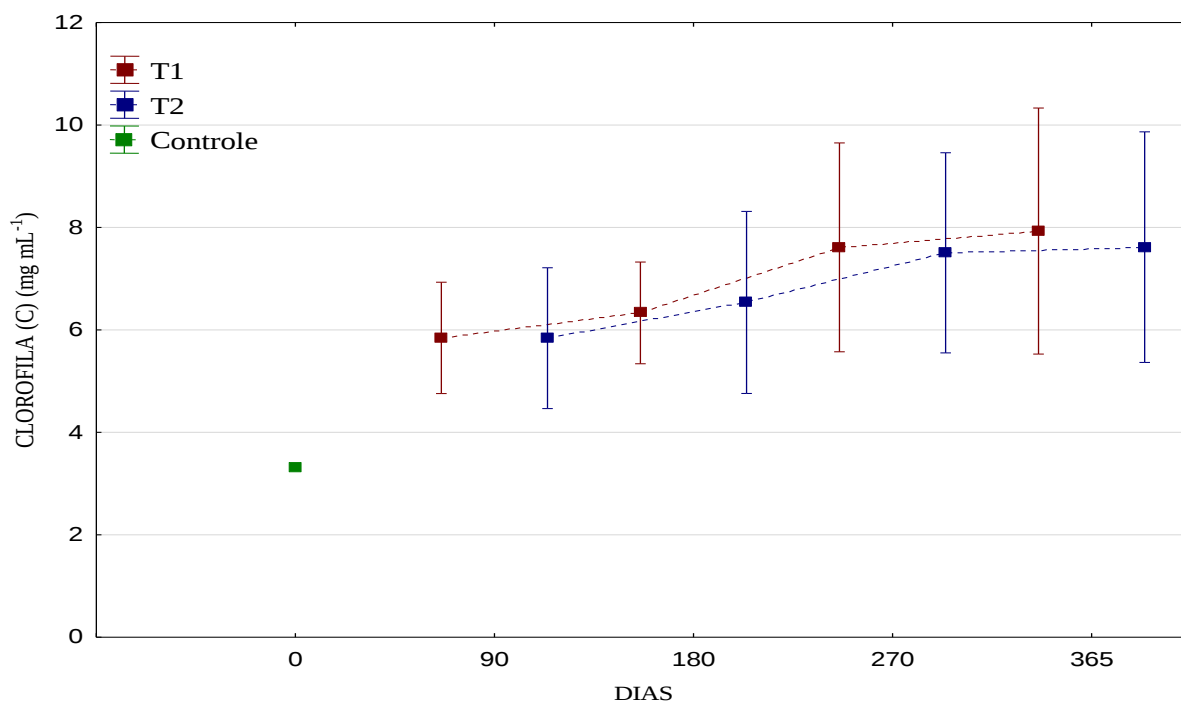
Em condições naturais, o ambiente preservado terá maior retenção de umidade, visto ser a formação florestal detentora de maior sombreamento e, possibilita o acúmulo de matéria orgânica. Dessa forma, o interior da mata, via de regra, terá não apenas maior umidade, mas também estabilidade da temperatura. Nesses ambientes, os líquens da família Cladoniaceae que ocupam o solo arenoso como substrato, são influenciados sobremaneira por tais condicionantes microclimáticos, com ele interagindo e exercendo importante papel no funcionamento desse ecossistema (VASCONCELOS et al., 2013; 2016). Tais dados podem ser corroborados pela Sociedade Internacional de Arboricultura (2013), que considera o acúmulo de matéria orgânica encobrindo solos florestais como favorecedor da estabilidade da temperatura e da umidade, facilitando os ciclos de nutrientes realizados entre microrganismos e os compostos percolados da superfície do solo. Com isso, o fator umidade torna-se crucial para o desenvolvimento da fertilidade de solos florestais, como foi o caso estudado em relação a Neossolos Quartzarênicos da Mata Atlântica nordestina, aliado à percolação de substâncias líquênicas.

Figura 21: Teores de clorofilas b presentes em amostras do líquen *Cladonia substellata* sobrepostas a Neossolos Quartzarênicos durante período experimental.



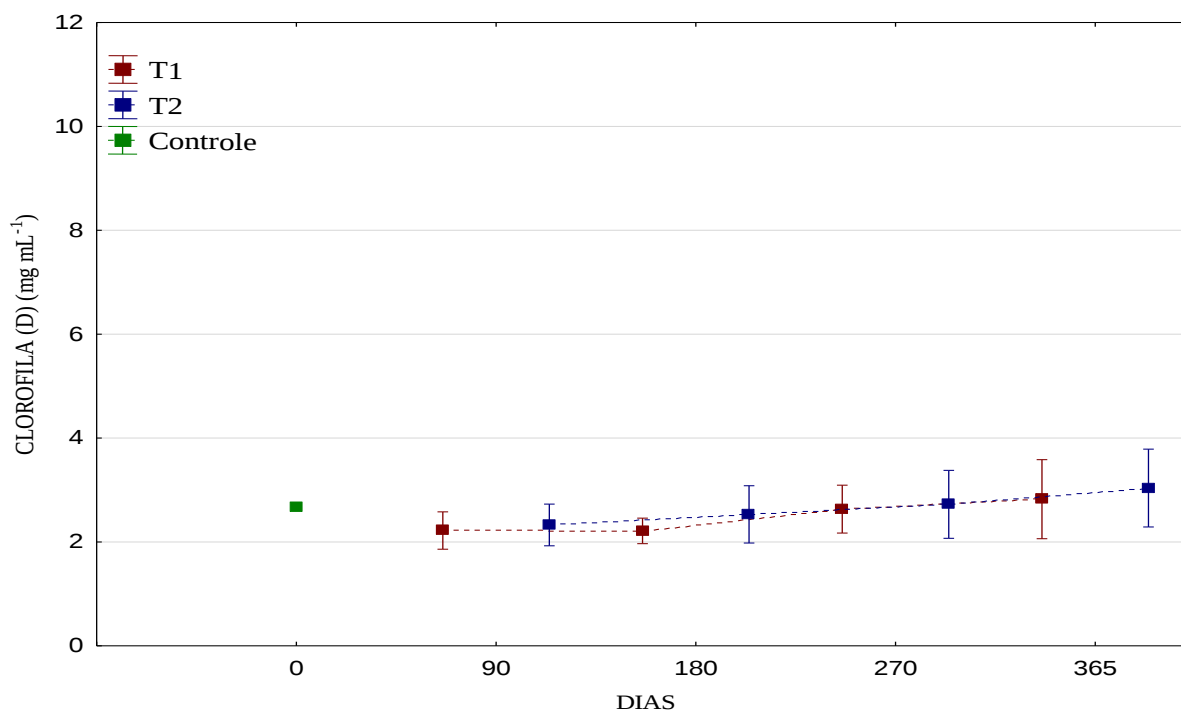
Legenda: Controle de Campo: Líquen analisado após coleta .T1– Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; T2 – Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva .

Figura 22 - Teores de clorofilas c presentes em amostras do líquen *Cladonia substellata* sobrepostas a Neossolos Quartzarênicos durante período experimental



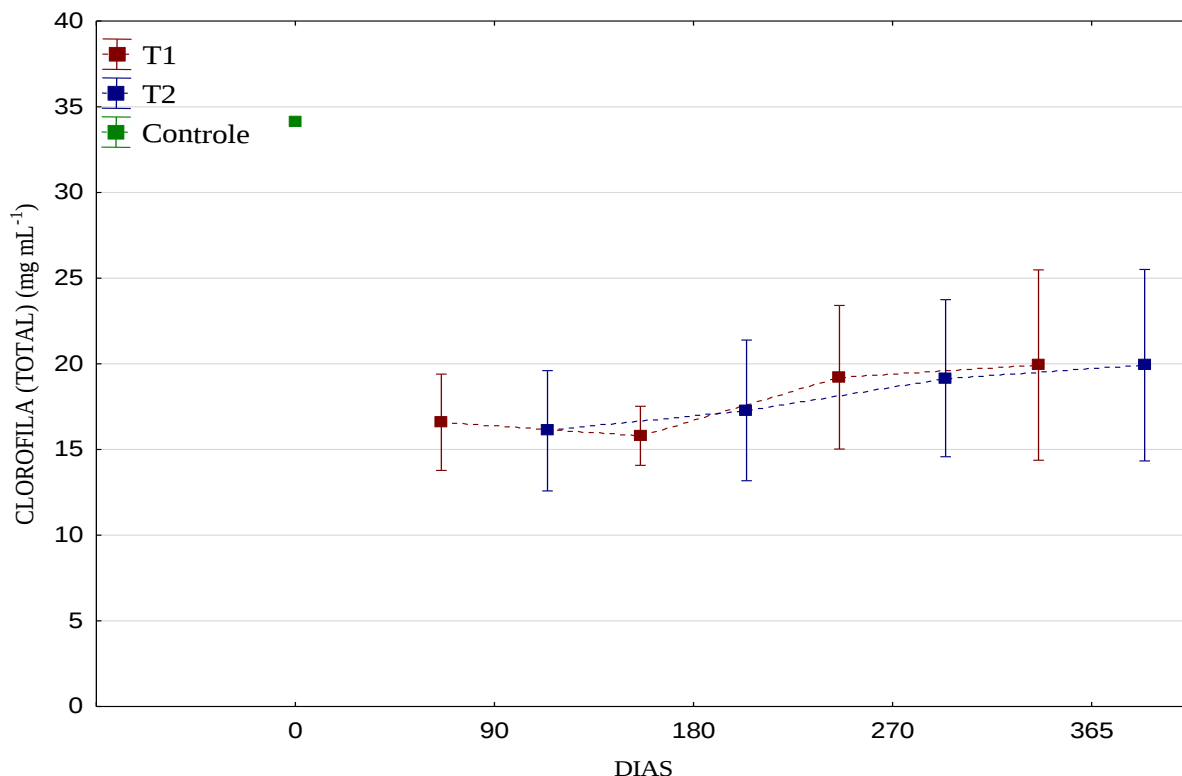
Legenda: Controle de Campo: Líquen analisado após coleta .T1– Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; T2 – Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva .

Figura 23 - Teores de clorofilas d presentes em amostras do líquen *Cladonia substellata* sobrepostas a Neossolos Quartzarênicos durante período experimental.



Legenda: Controle de Campo: Líquen analisado após coleta .T1– Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; T2 – Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva .

Figura 24 - Teores de clorofilas totais presentes em amostras do líquen *Cladonia substellata* sobrepostas a Neossolos Quartzarênicos durante período experimental.



Legenda: Controle de Campo: Líquen analisado após coleta .T1– Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; T2 – Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva .

A quantificação de feofitinas a nas amostras de *C. substellata* sobrepostas a Neossolos Quartzarênicos sob mesmas condições de experimento demonstraram que os tratamentos que simulavam um ambiente mais úmido (Figura 25) apresentaram níveis de feofitinas a menores que os indentificados no tratamento simulando um ambiente mais seco. Apresentando resultados aproximados, ainda, da amostra controle de campo a qual foi testada sem tratamentos experimentais.

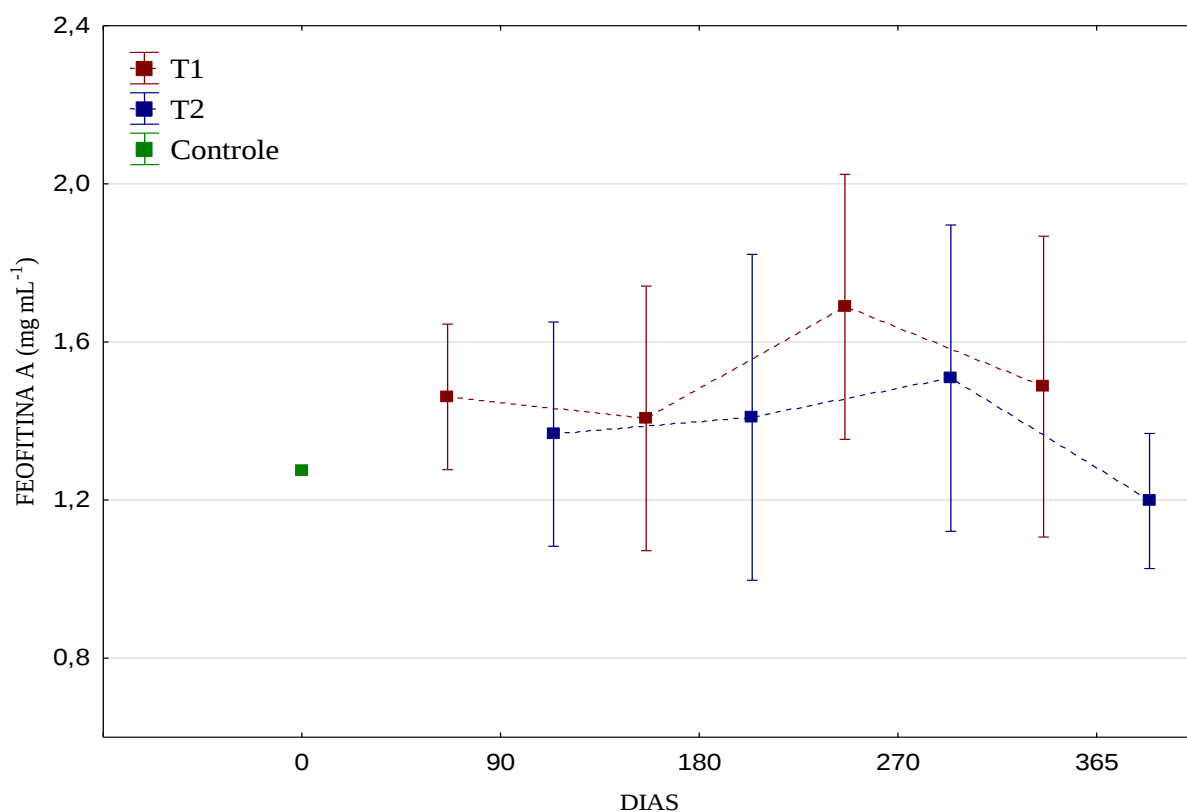
Sabendo-se que as feofitinas são resultantes da degradação das clorofilas, mediante perda do íon de magnésio posicionado no centro de sua estrutura, maiores teores de clorofila a também gerariam mais feofitina a. Ao qual foi identificado com maiores concentrações em mg/ml nas amostras que simularam um ambiente mais seco.

Segundo metodologia aplicada a metodos de indentificação de clorofilas e feofitinas pelo método espectofogranométrcio da CETESB (2014), a presença das feofitinas a está diretamente ligada a presença da degradação das clorofilas a, sendo está última influenciada,

principalmente, por fatores naturais como umidade, luminosidade, radiação solar, dentre outros, interferindo, assim, na quantidade de pigmentação.

Com relação aos resultados encontrados nas feofitinas b (Figura 26) houve uma quase equiparidade dos dados entre os tratamentos simulando um ambiente mais seco ou úmido. Apresentou-se apenas uma breve variação aos 90, 180 e 365 dias de experimento havendo oscilações o tratamento 1 simulando um ambiente úmido enquanto que o tratamento 2 simulando um ambiente mais úmido não apresentou variação significativa, se mantendo constante ao longo de todo período experimental.

Figura 25 - Teores de feofitina A em amostras de *Cladonia substellata* submetidas a amostras de Neossolos Quartzarênicos



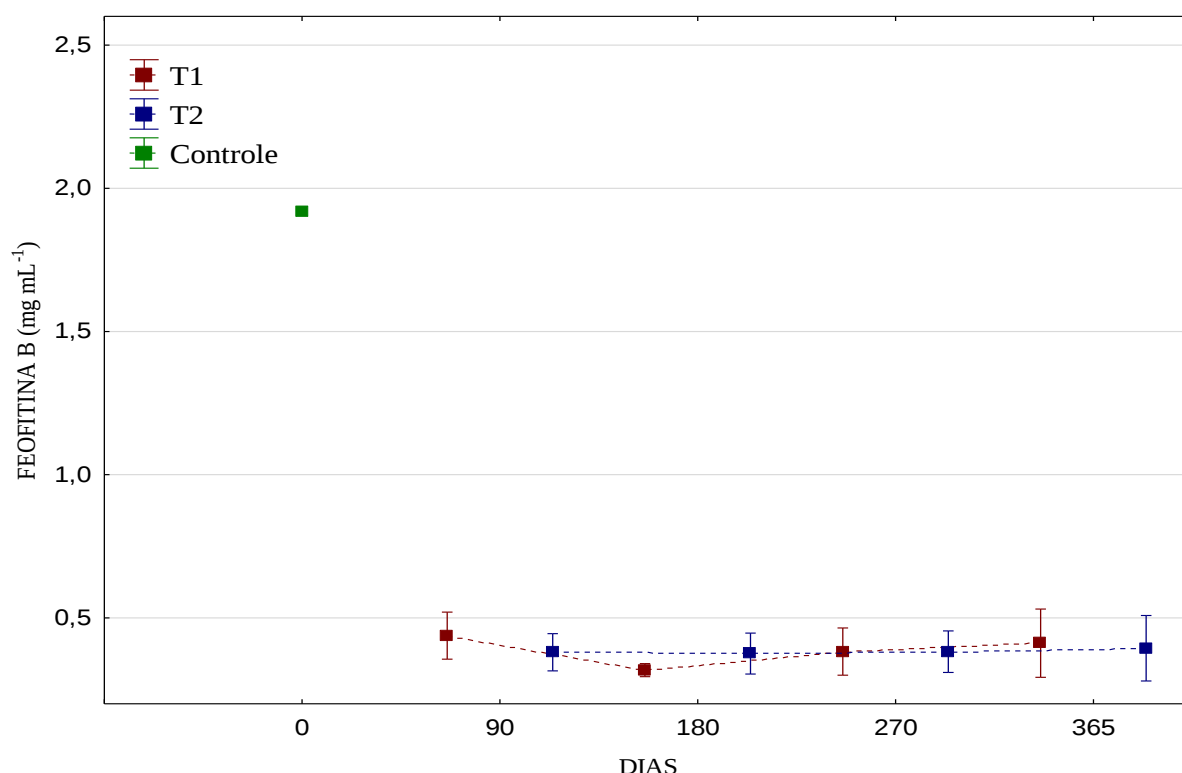
Legenda: Controle de Campo: Líquen analisado após coleta . T1– Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; T2 – Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva .

Se compararmos os resultados de feofitinas a e b ao tratamento controle de campo em ambas as análises verificamos que a quantificação das feofitinas b em todos os tratamentos e ao longo de todo período experimental apresentou resultados divergentes aos encontrados na amostra controle de campo, devendo-se ao fato, sobretudo, dos níveis de degradação das clorofilas estarem sendo representados pela análise de feofitinas b.

Com isso, apesar dos níveis de feofitina a terem sido mantidos numa relação quase linear com os resultados encontrados na amostra controle de campo (Figura 25), a presença de degradação dos talos de *C. substellata* foram verificados nas feofitinas b (Figura 26), em estudo comparativo realizado com os resultados verificados de Clorofilas b (gráfico 21), notamos que as mesmas apresentaram pouca variância com realação ao aumento ou diminuição de pigmentos fotossintéticos, porém expressivas modificações no tocando de feofitinas b comparadas a amostra controle de campo.

Este fato nos leva a inferir que os tratamentos não representaram diferenças entre si porém, houveram alterações nas características físicas e químicas dos talos liquênicos comparados no momento de coleta no campo, apresentando expressivo aumento de feofitinas b que levou ao processo de degradação de suas clorofilas e diminuição, assim, de sua caacidade de fotossintetizar.

Figura 26 - Teores de feofitina b em amostras de *Cladonia substellata* submetidas a amostras de Neossolos Quartzarênicos



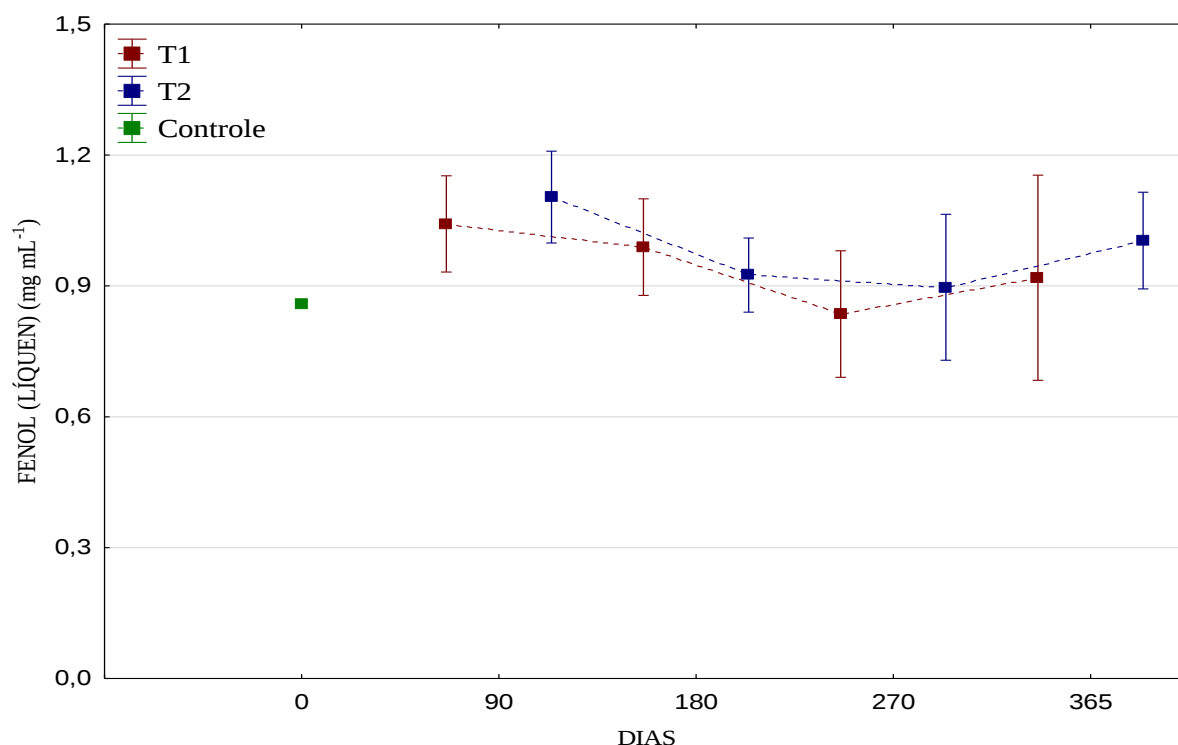
Legenda: Controle de Campo: Líquen analisado após coleta .T1– Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; T2 – Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva .

Quando se observam os teores de ácido úsnico produzidos pelos talos de *C. substellata* submetida tanto a episódios de chuva como de déficit hídrico, constata-se que a produção

dessa substância aumentou em relação ao controle de campo, sobretudo nas cúpulas que simulavam um ambiente mais úmido, com pequenos decréscimos aos 180 e 270 dias, mas com indicação de recuperação na síntese do composto aos 365 dias (Figura 27).

De uma maneira geral, a umidade indica favorecer a produção fenólica. Partindo desse princípio pode ser inferido que um ambiente mais úmido influencia no aumento dos fenóis no talo de *C. substellata* e, assim sua maior capacidade de transpor essas substâncias ao substrato. Tais substâncias podem agir como fonte de carbono para microrganismos (SILVA, 2007), ou como inibidores de outros, como o caso do ácido úsnico, considerado como potente antibiótico (MOURA *et al.*, 2013).

Figura 27 - Quantificação de ácido úsnico presente em talos de *Cladonia substellata* sobrepostos a Neossolos Quartzarênicos em condições experimentais



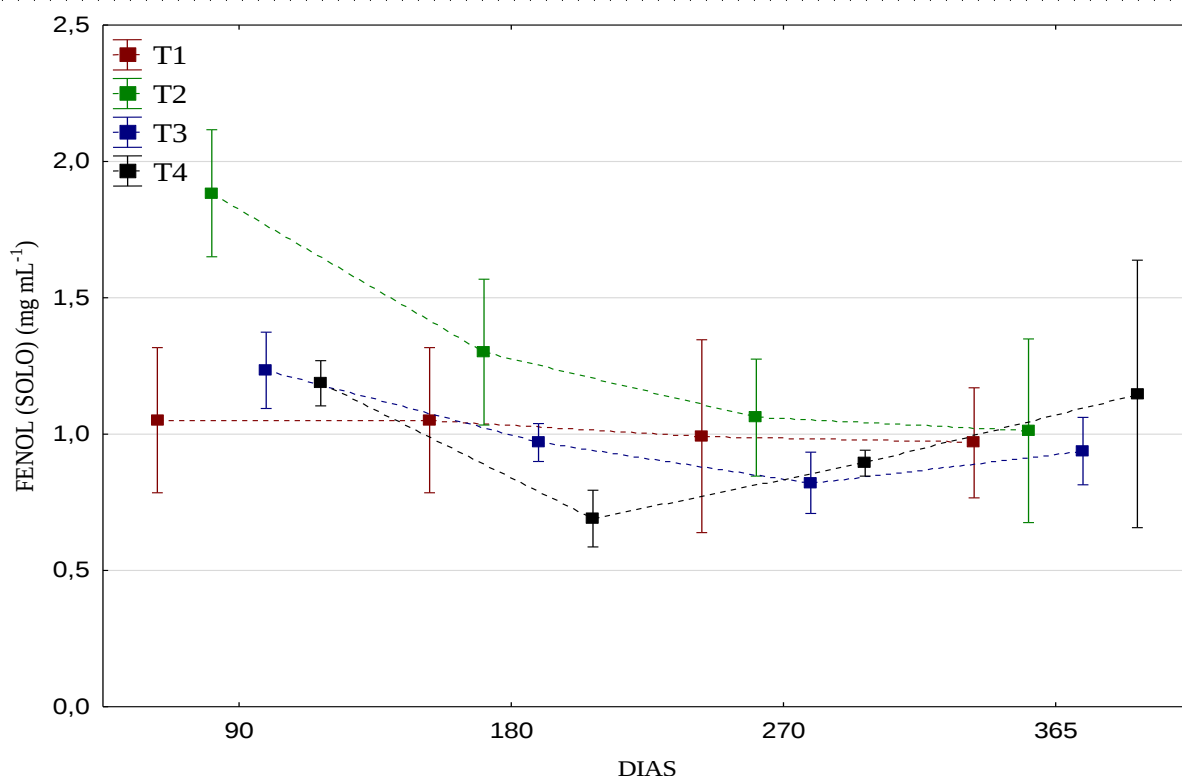
Legenda: Controle de Campo: Líquen analisado após coleta .T1– Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; T2 – Tratamento com talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva .

Ainda em laboratório, outros estudos mencionam *C. substellata* como produtora do ácido úsnico, seja sem nenhum agente exógeno que incremente sua produção, ou seja ela induzida por algum indutor de sua síntese, como a ureia, uma fonte nitrogenada. Barbosa (2009) utilizando amostras borrifadas com soluções de ureia conseguiu interagir quimicamente o milonito.

Em seguida aos experimentos determinadores dos teores de ácido úsnico repassados ao solo, foram realizados os experimentos de determinação da modificação química promovida por talos ou extratos de *C. substellata* sobre Neossolo Quartzarênico.

Partindo-se do pressuposto de que o aumento da umidade, através da simulação de episódios de chuva, aumentaria a síntese fenólica e tais produtos seriam lixiviados para o solo, sua quantificação foi atestada através da presença do ácido úsnico nas amostras de solo, em todos os tratamentos com talos a eles sobrepostos. Em adição, extratos em pó foram também incorporados em outros experimentos (tratamentos 3 e 4), para que se avaliasse a ação direta desses produtos nas amostras de solo (Figura 28).

Figura 28 - Quantificação de fenóis de *Cladonia substellata* percolados a Neossolos Quartzarênicos em condições experimentais



Legenda: Tratamento1– Talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; Tratamento 2 – Talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva; Tratamento 3 – Extrato orgânico de *Cladonia substellata* em Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; Tratamento 4 – Extrato orgânico de *Cladonia substellata* em Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva.

Foi observado que nos tratamentos 1 e 2, os talos repassaram ácido úsnico ao solo por todo o experimento, sendo o teor mais acentuado nos episódios de chuva. Isso pode sugerir que mesmo com pouca disponibilidade hídrica (2 mL por semana) o líquen produz seus compostos e é capaz de repassá-lo ao solo. Em contrapartida, teores aproximados foram detectados nos experimentos com maior liberação de água, mas muito pode ter sido lixiviado

pós-produção e liberação para o substrato, ou utilizado pelos microrganismos como fonte de carbono.

Quando se observa a adição direta do extrato no solo, sob condição de déficit hídrico, os teores de ácido úsnico foram aproximados dos encontrados para talos submetidos aos episódios de chuva. Isso remete à ideia de que os talos quando umedecidos e sob condição de estresse, trabalham ativamente na produção de seus compostos. Isto se corrobora quando se observa ser o extrato adicionado ao solo e submetido a condições de maior umidade, que apenas aos 90 dias tem um teor bem superior de ácido úsnico em relação aos demais tratamentos, mas isso não ocorre nos demais dias de experimento nessas condições. Isto leva a concluir que talos liberam vagarosamente substâncias para o substrato, agindo possivelmente com maior eficácia sobre a química e a biota do solo.

Vasconcelosa *et al* (2013) verificou que *C. verticillaris* sobre Neossolos Quartzarênicos em ambiente experimental conseguiu percolar seus metabólitos à profundidade de cinco centímetros e que o tratamento experimental simulando maiores teores de umidade conseguiu converter o ácido fumaprotocetrárico em ácido protocetrárico, ambas as substâncias presentes em na espécie. Este fato se deu em virtude da capacidade de hidrólise da água quando adicionada aos talos do líquen, quebrarem a ligação fumarato do ácido fumarprotocetrárico, convertendo-o em ácido protocetrárico, como ocorre na natureza.

Com isso, os resultados das análises de fenóis totais apontam maior capacidade de percolação das substâncias presentes em talos de *C. substellata* sob aumento da umidade ao longo de todo o processo experimental. Isso foi verificado também a partir de estudos comparativos que apontaram nos tratamentos simulando um déficit hídrico diminuições acentuadas nas concentrações de fenóis.

A quantificação de hidroxilas livres presentes em Neossolos Quartzarênicos durante período experimental ocorreu por análises com Cloreto de Ferro III (FeCl_3).

Os resultados encontrados nos quatro tratamentos demonstraram que os que continham o extrato liquênico simulando episódios de chuva ou não apresentaram altos teores em 90 e 180 dias se comparados com as colunas de solo que tinham os tratamentos com o talo liquênico. Isso se deve ao fato do extrato ter apresentado relações no aumento de hidrogênio por cargas elétricas H^+ e, conseqüentemente com o aumento do oxigênio O^- na estrutura do solo.

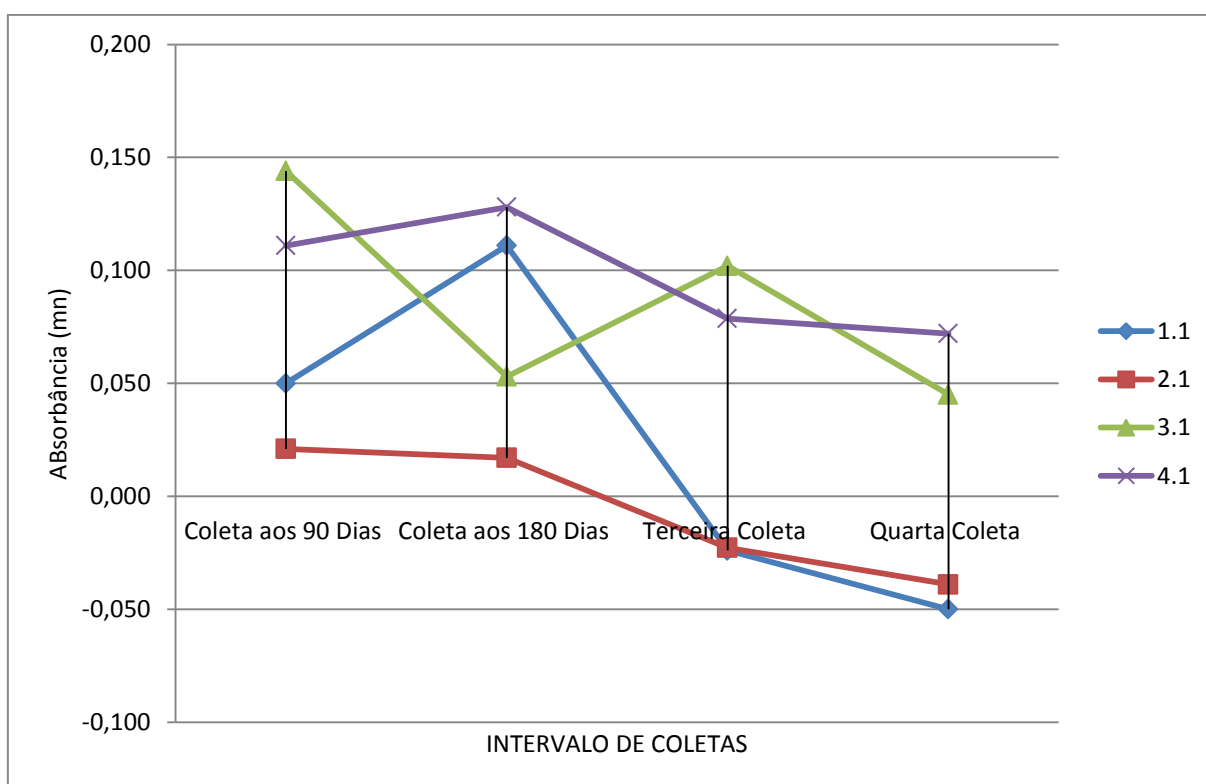
Apesar dos tratamentos que tinham o extrato orgânico do líquen *C. substellata* incorporado ao solo terem desempenhado maior desenvolvimento de hidroxilas livres, os demais tratamentos obtiveram curvas de presença de hidroxilas livres em sua estrutura, porém

o que pode ter ocorrido para apresentarem dados abaixo de zero é que pode estar havendo quelação no solo (Figura 29).

Aos 90 dias de experimento tratamento com simulação de ambiente seco e úmido resultados foram baixo de zero fazendo-os benéficos ao balanço de cargas, tornando a solução de solo ideal para o desenvolvimento.

O tratamento 4, representado pela adição de extrato orgânico do líquen *C. substellata* e episódios de chuva, atingiu a marca de $-0,050$ hidroxilas livres presentes na amostra seguido do tratamento 3 que também teve a adição de extrato orgânico da espécie liquênica com simulação de um ambiente mais seco.

Figura 29 - Quantificação de hidroxilas livres presentes em Neossolos Quartzarênicos durante período experimental



Legenda: T - Intervalo de Tempo 1.1– Talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; 2.1 – Talos de *Cladonia substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva; 3.1 – Extrato orgânico de *Cladonia substellata* em Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; 4.1 – Extrato orgânico de *Cladonia substellata* em Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva.

O nível e aumento de hidroxilas está diretamente ligado à capacidade do solo em converter e transformar cargas positivas procedentes de fontes de orgânicas naturais que definem e, aumentam a capacidade fértil do solo, sendo responsáveis pelo suporte na formação dos tecidos vegetais (CAMARGOS, 2005).

Lepsch (2011) tratou dos fundamentos da ciência do solo em seu livro “lições sobre pedologia”. O autor aponta como atuam no sistema solo os íons de hidrogênio, bem como as hidroxilas livres, otimizando suas cargas para atingir um balanço ideal para a solução do solo, onde afirma que:

“Quando a concentração de H^+ na água do solo é alta uma solução ácida, portanto, os íons de hidrogênio tendem a ser absorvidos por hidroxilas livres, promovendo um balanço de carga positivo. Quando a concentração de hidroxilas que é elevada uma solução alcalina, portanto, os íons dessas hidroxilas combinam-se com o do mineral, promovendo um balanço de carga negativo” (p. 0)

Os solos submetidos aos talos de *C. substellata* podem estar sendo quelados, a partir da complexação de seus cátions com as substâncias do líquen, possibilitando a biodisponibilidade de nutrientes (SILVA, 2014), aumentando sua fertilidade.

Aos 270 dias de experimento foram identificadas elevações nos índices de hidroxilas livres em todos os tratamentos, fato esse que não foi identificado aos 90 e 180 dias de experimento, onde houve dados inferiores a zero com relação aos tratamentos com adição de extrato orgânico e simulação de déficit hídrico ou chuvas. Porém, o tratamento 4 mais uma vez apontou o menor índice de hidroxilas livres estando mais próximo de zero.

Aos 365 dias de experimento os dados identificados aos 270 dias de experimento foram reafirmados com aumento de hidroxilas livres tanto nos tratamento com talo liquênico simulando ou não episódios de chuva, como com o extrato orgânico incorporado aos solos, em ambiente seco ou não. Foi também registrado um resultado mais próximo de um do zero no eixo X do gráfico.

Esse fato nos leva a concluir que os ácidos encontrados tanto no talo de *C. substellata* quanto no extrato orgânico adicionado aos solos elevaram seu nível de acidez, sendo necessário desempenhar reações alcalinas para equilibrarem a solução no solo. Dessa forma, os níveis de hidroxilas tiveram fortes interações com o solo apenas aos 90 e 180 dias de experimento nos tratamentos com adição de extrato orgânico.

Com relação às análises de fertilidade do solo destacadas na Tabela 04 não foram encontrados resultados relevantes, visto que, durante 90 e 180 dias de experimento as amostras de solo, em todos os tratamentos, não revelaram mudanças significativas, havendo apenas modificações no pH.

Após o período experimental os tratamentos com talo liquênico, ou com a adição de extrato orgânico de *C. substellata* simulando episódios de chuva ou déficit hídrico, os solos apresentaram elevações no nível de acidez presente em sua estrutura química, sobretudo no tratamento com adição de extrato orgânico de *C. substellata* e simulação de episódios de

chuva, chegando ao pH de 4,70. Isto pode ter ocorrido em virtude da lavagem do solo ter facilitando o carreamento dos sais dissolvidos na água e facilmente percolados em virtude da textura arenosa do solo. Com o arraste dos sais, que dão caráter alcalino ao solo, permanecem os íons de hidrogênio, aumentando a acidez. Esta assertiva pode ser corroborada ao se observar a análise de fertilidade das amostras tanto as obtidas diretamente do campo como as que foram submetidas aos diferentes tratamentos. Observa-se uma diminuição dos elementos formadores de bases, bem como dos valores de CTC (Tabela 04).

Tais postulados podem ser referendados por estudos realizados pela EMBRAPA em relação ao manejo de áreas de cerrados e várzeas brasileiros, onde FERREIRA e STONE (1999) mencionam que:

“os solos podem ser naturalmente ácidos pela própria constituição do material de origem, como os de cerrado, que têm baixo teor de cátions básicos, ou podem tornar-se ácidos nas regiões em que a precipitação pluvial é maior que a evapotranspiração, causando a lixiviação de bases no perfil. Com isto, as cargas positivas são substituídas por Al^{3+} e H^+ , para manutenção da eletroneutralidade. (P 10)”.

Esses resultados não são benéficos para o desenvolvimento vegetal, visto que, o aumento da acidez do solo deixa-o mais insalubre ao desenvolvimento das plantas além de haver diminuição em taxas nutritivas, assim como à existência de microrganismos, fundamentais a biota do solo (FERREIRA e STONE, 1999).

O pH ideal de um solo fértil e rico em nutrientes se encontraria entre 6,5 e 7,5, porém devido ao grau elevado de material de origem ser o quartzo e os Neossolos Quartzarênicos estarem inseridos nas manchas de cerrados edáficos, com elevado grau de partículas de areia a adição de concentrações elevadas de umidade fez com que esses solos, já predestinados a teores elevados de acidez, tornassem ainda mais acentuados em acidez, visto que a pluviosidade faz com que haja taxas maiores de lixiviação das camadas do solo (FERREIRA e STONE, 1999).

Foram identificados teores significativos de alumínio em todos os tratamentos durante 90 e 180 dias de experimento, fato este que vem a evidenciar a presença da acidez ao solo, visto que, teores elevados de alumínio encontrados em amostras particuladas de solos demonstra níveis de pH inferiores a 5,9, sendo considerado de acidez elevada.

De acordo com Foy e Silva (1974. p. 601-642 apud FERREIRA, 2006 p. 09), onde tratam sobre propriedades do solo e a toxicidade pelo alumínio, apontam que:

“A solubilidade do alumínio no solo e, conseqüentemente, sua toxidez são influenciadas por vários fatores, incluindo pH, tipo de argila predominante, concentração de sais na solução e teor de matéria orgânica do solo (FOY, 1974; SILVA, 1997, p. 09).”

Tabela 04 - Análises de fertilidade de Neossolos Quartzarênicos submetidos ou não a tratamentos experimentais

Amostras		Atributos Químicos								
		pH	P	Ca	Mg	Na	K	Al	H	CTC
Controle de Campo		6,10	2	0,10	0,40	0,03	0,02	0,00	1.73	2,3
Experimento Piloto		6,30	2	0,10	0,40	0,03	0,02	0,00	1.32	1,9
Tratamento 1	90	5,50	2	0,05	0,45	0,04	0,02	0,20	0.70	1,5
	180	5,60	2	0,05	0,35	0,05	0,03	0,10	0.47	1,1
	270	4,70	2	0,05	0,40	0,05	0,03	0.20	1.03	1,8
	365	4,80	2	0,05	0,45	0,05	0,03	0.20	1.03	1,8
Tratamento 2	90	5,10	2	0,05	0,45	0,05	0,03	0.30	0.44	1,3
	180	5,10	2	0,05	0,30	0,04	0,02	0.30	0.27	1,0
	270	5,10	2	0,05	0,40	0,05	0,03	0.20	0.95	1,7
	365	5,10	2	0,05	0,40	0,04	0,02	0.20	1.00	1,8
Tratamento 3	90	5,80	1	0,05	0,45	0,04	0,03	0.05	0.28	0,9
	180	5,80	2	0,05	0,30	0,04	0,02	0.05	0.11	0,6
	270	5,70	1	0,10	0,40	0,05	0,03	0.10	0.72	1,4
	365	5,70	1	0,10	0,40	0,05	0,04	0.20	0.75	1,4
Tratamento 4	90	5,00	2	0,05	0,35	0,05	0,04	0.25	0.24	1,0
	180	4,70	2	0,05	0,45	0,06	0,03	0.25	0.57	1,4
	270	4,50	2	0,05	0,40	0,05	0,03	0.20	0.70	1,4
	365	4,60	2	0,05	0,45	0,06	0,03	0.20	0.70	1,5

Fonte: Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA (2018)

Legenda: Tratamento1– Talos de *Cladonia substellata* sobre NeossolosQuartzarênicossimulando um déficit hídrico; Tratamento 2 – Talos de *Cladonia substellata* sobre NeossolosQuartzarênicos simulando episódios de chuva; Tratamento 3 – Extrato orgânico de *Cladonia substellata* em NeossolosQuartzarênicos simulando um déficit hídrico; Tratamento 4 – Extrato orgânico de *Cladonia substellata* em NeossolosQuartzarênicos simulando episódios de chuva.

Aos 270 dias de experimento os dados verificados nos resultados da fertilidade do solo apresentaram uma variação considerável nos níveis de pH, P, Ca, Mg, K, Al, H e CTC. Com relação aos dados de pH foram verificados que o tratamento 1 apresentou uma diminuição de

0,80 passando de 5,60 aos 180 dias de experimento para 4,70 aos 270 dias de experimento, tornando-o assim mais ácido.

Já o tratamento 2 se manteve com pH 5,10, porém sendo ele um dado que corresponde a um nível de acidez alta também se compararmos aos dados da amostra controle de campo e, sobretudo do experimento piloto de laboratório com 6,10 e 6,30, respectivamente, estando eles mais próximos de um pH neutro.

No que diz respeito ao tratamento 3 ele obteve uma redução também de 0,10 levando a percentuais ainda mais ácidos também. Este foi seguido do tratamento 4 que diminuiu em 0,20 o pH levando para taxas mais ácidas. Com relação aos dados de fósforo aos 270 dias de experimento se mantiveram nos tratamentos 1, 2 e 4 possuindo uma pequena redução no tratamento 3, resultado também encontrado aos 90 dias de experimento.

Com relação ao cálcio presente nos resultados encontrados aos 270 dias experimentais foi verificado também que o tratamento 3 apresentou elevação se compararmos aos dados encontrados aos 90 e 180 dias de experimento. A elevação foi apontada no tratamento 3 enquanto que os demais tratamentos se mantiveram estáveis ao longo destes períodos.

Quanto ao magnésio presente nos tratamentos experimentais se verificou que houve elevações de 0,05 no tratamento 1, 0,10 nos tratamentos 2 e 3 e uma redução de 0,05 no tratamento 4 se compararmos com os resultados encontrados entre 180 e 270 dias experimentais. O sódio encontrado nas amostras de tratamentos experimentais apresentou resultados que variaram segundo cada amostra do tratamento. Com relação ao tratamento 1 ele se manteve estável entre os 180 e 270 dias experimentais enquanto que os tratamentos 2 e 3 houve elevações de 0,01 e o tratamento 4 apresentou uma baixa de 0,01.

Com isso, sabemos que processos danosos como a lixiviação, abundantes em áreas de areias quartzosas, assim como a diminuição de capacidade fértil estão diretamente ligados ao aumento ou diminuição de sódio nos solos (Mendes, 2007), os resultados encontrados nos levam a concluir que apesar das variações encontradas nas análises de fertilidade, notou-se que com relação a este fenômeno as amostras de Neossolos Quartzarênicos sob tratamentos experimentais apresentaram uma certa estabilidade nos dados, sobretudo, em virtude dos aditivos da espécie líquênica *C. substellata* auxiliar no equilíbrio do sódio.

Os resultados referentes a potássio no solo apontaram que os tratamentos 1 e 4 se mantiveram constantes, quando comparados aos resultados encontrados aos 180 e 270 dias experimentais, enquanto que os tratamentos 2 e 3 se mantiveram constantes.

Já os resultados referentes ao alumínio, elemento tóxico ao solo, foi verificado que o tratamento 1 apresentou crescimento de 0,10, enquanto que os tratamentos 2 apresentou

redução de 0,10, tratamentos 1 e 2 com talos de *C. substellata* sobrepostos a amostras de Neossolos Quartzarênicos, porém o tratamento 1 simulando ambiente seco e o tratamento 2 simulando ambiente úmido. Os tratamentos 3 e 4, com adição de extrato orgânico, apresentaram elevações nas concentrações de alumínio apontando acréscimos de 0,05 cada.

O hidrogênio é capaz de ajudar a desempenhar processos erosivos e intempéricos no solo, a partir de aumentos significativamente elevados em sua composição seja por impactos antrópicos de pequeno ou grande porte (EMBRAPA, 2009). Os resultados encontrados no período experimental apontaram que o tratamento 1 apresentou elevação de 0,56 em correlação efetivada com os resultados verificados aos 180 dias experimentais. O tratamento 2 foi o que desempenhou maior elevação de hidrogênio referente aos 180 e 270 dias experimentais com 0,68 seguido dos tratamentos 3 e 4 com 0,061 e 0,23, respectivamente.

Houve diminuições catiônicas bastante expressivas, onde os resultados referentes a CTC representaram que os tratamentos 1, 2, 3 e 4 tiveram seus valores reduzidos cada um, segundo os dados referentes aos valores iniciais de solo coletado no campo e experimento controle, ou seja, sem ativos de tratamentos experimentais.

Os resultados encontrados aos 365 dias experimentais vieram a confirmar os dados verificados na análise anterior referente a 270 dias de tratamentos laboratoriais. Neles, os dados de pH apresentaram pouca modificação com elevação de 0,10 referente ao tratamento 1 e de 0,10 de acréscimo no tratamento 4, enquanto que os demais resultados correspondentes aos tratamentos 2 e 3 se mantiveram em relação aos 270 dias de experimento.

Os dados referentes ao fósforo e cálcio também não apresentaram variação experimental, enquanto que magnésio apresentou elevações no tratamento 1 e 4. As elevações no magnésio corresponderam 0,05 em cada tratamento.

Com relação ao resultado de sódio foi verificado uma diminuição de 0,01 referente ao tratamento 2. Os demais tratamentos se mantiveram constantes. Já em relação aos resultados referentes ao potássio, o tratamento 2 apresentou queda de 0,01 enquanto que o tratamento 3 elevação também de 0,01, enquanto que os demais tratamentos se mantiveram constantes.

Portanto, as análises de fertilidade do solo demonstraram que houve pouca variação nos elementos químicos presentes em Neossolos Quartzarênicos em tratamentos com adição de talos e/ou extratos da espécie liquênica *C. substellata*, havendo maiores alterações correspondentes a acidez do solo estudado e resultados de trocas catiônicas.

5.2 População microbiana de Neossolos Quartzarênicos submetidos aos talos e/ou extratos de *Cladonia substellata*

Os resultados descritos a seguir obtidos a partir de análises microbiológicas mostraram a evolução progressiva de microrganismos identificados na biota de Neossolos Quartzarênicos submetidos a tratamentos experimentais com talos de *C. substellata* ou seu extrato orgânico, utilizando simulação de episódios de chuva ou de déficit hídrico. Neste capítulo é descrito o desenvolvimento das populações de bactérias, fungos e actinomicetos, respectivamente, com dados quantitativos e qualitativos acerca da presença das colônias formadoras, ao longo de 365 dias.

Esses resultados servirão de base para estudos posteriores com a finalidade de utilizar meios naturais para reverter danos ambientais pretéritos e futuros. A área de Mata Atlântica nordestina necessita de estudos mais aprofundados acerca da biodiversidade encontrada na biota de seu solo, visto que, pode ser um dos principais meios de remediar danos a este ecossistema, já tão danificado e impactado pela gama de crescimento populacional.

5.2.1 Quantificação de bactérias presentes em amostras de Neossolos Quartzarênicos submetidas a tratamentos experimentais

A partir de ensaios microbiológicos foram quantificados os crescimentos progressivos de bactérias nos quatro tratamentos realizados em colunas de Neossolos Quartzarênicos sobrepostas a talos ou extratos de *C. substellata*.

A realização de ensaios para quantificação de bactérias do solo esteve diretamente atrelada à influência que estes microrganismos poderiam desempenhar sobre a fertilidade, além da conversão de nitrogênio, fornecido pela atmosfera, em compostos inorgânicos fundamentais a manutenção das plantas e vegetais subjacentes (MACHADO, 2012).

Os resultados foram identificados por quantificação realizada no decorrer de sete dias de crescimento e ao final foram registradas por fotografias para verificação da quantidade absoluta de bactérias presentes nos meios.

Foram contabilizados os primeiros resultados correspondentes a coleta de 90 dias de experimento, onde se verificou uma maior abrangência de colônias formadoras de bactérias no tratamento 2 submetido a talos de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva (Figura 30), em contrapartida o tratamento submetido a talos de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando

um déficit hídrico (Tabela 05) apresentou quantidade inferior aos dados verificados em análise comparativa entre os tratamentos 1 e 2.

Aos 90 dias de experimento o tratamento que apresentou o maior número de colônias formadoras de bactérias foi o que se encontrava sob adição da umidade somada a talos de *C. substellata* em Neossolos Quartzarênicos, tratamento 2, com dados que atingiram 24,7 sob a diluição de 10^{-3} e 23,3 sob a diluição de 10^{-4} . Se compararmos esses resultados entre os tratamentos que também utilizaram colunas de solo com talos liquênicos com variável de episódios de déficit hídrico, verificamos que o tratamento 1 apresentou dados bem menos representativos que o tratamentos sob a influência de episódios de chuva. Onde o tratamento 1 sob a diluição de 10^{-3} apontou resultado de 1,3 enquanto que na diluição de 10^{-4} apresentou dados de 1,2. Resultados estes bem menos expressivos que os encontrados no tratamento 2.

Isso pode ter se dado ao fato da umidade esta influenciando diretamente no aumento e desenvolvimento de microorganismos, através de uma maior percolação dos metabolitos presentes em *C. substellata*.

É sabido também que quanto maior for a diluição do solo menor será concentrado o material da amostra e assim a probabilidade de surgirem menores quantidades de colônias formadoras de microorganismos será bem mais representativo.

Os resultados verificados nos tratamentos com adição de extrato orgânico do líquen sob as amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando ou não episódios de chuva não apresentaram dados elevados quanto os encontrados nos tratamentos sob a adição de talos de *C. substellata*. Foram verificadas em muitas das amostras resultados negativos quanto ao número de populações de bactérias, sobretudo no tratamento 4 que simulou episódios de chuva com acréscimos mensais de 0,2148 g de extrato orgânico.

O tratamento 3 com diluições de 10^{-3} e 10^{-4} apresentou resultados em médias ponderadas de 10,3 e 14,2 populações de bactérias, respectivamente. Enquanto que o tratamento 4 atingiu porcentagens de 2,0 e 2,1 populações formadoras de bactérias.

Isso nos leva a crer que a adição do aditivo do extrato orgânico ser menos promissor que a adição de talos naturais da espécie liquênica, visto que o potencial de interação das substâncias, sejam elas, de qualquer organismo vivo é infinitamente maior em ambiente e sob condições naturais que o modo pelo qual se faz métodos biorremediativos de impactos ambientais.

Além disso, pode-se concluir que a adição de episódios elevados de precipitação aos 90 dias experimentais proporcionou um crescimento significativo em colônias formadoras de bactérias e assim esse solo pode vir a ter maior capacidade de desempenhar naturalmente

processos biológicos responsáveis pelo suprimento de nutrientes ao sistema solo-planta, ou seja, em ambiente onde há elevado grau de umidade há tendência de haverem maiores concentrações de bactérias.

Já aos 180 dias experimentais os dados verificados acima acerca da população de bactérias em Neossolos Quartzarênicos foram reafirmados com percentuais ainda maiores que apontam a influência tanto da umidade como um bom indicativo de percolação de substâncias de *C. substellata*, assim como foi também verificado que a adição de extrato artificial ser um dado não tão positivo quanto ao aumento de bactérias nos tratamentos experimentais.

Os dados registrados mostraram que o tratamento 1 aos 180 dias experimentais apresentou elevação significativa em relação aos 90 dias iniciais, onde foram apontados entre as diluições de 10^{-3} e 10^{-4} acréscimo 9,8 em relação a primeira diluição e 29,6 em relação a segunda diluição.

O tratamento 2 que possuía adição de episódios de chuva com adição de talos de *C. substellata* a evolução foi ainda mais significativa onde entre os 90 dias e 180 dias de tratamentos experimentais foi verificado elevação de 14,5 referente a diluição de 10^{-3} e 2,3 referente a diluição de 10^{-4} . Esses resultados verificaram a presença de maiores indicativos de bactérias encontradas na diluição de 10^{-3} onde por sua vez apresenta maior quantidade de material coletada do solo.

Os resultados encontrados aos 180 dias experimentais referentes aos tratamentos com extrato orgânico liquênico foi novamente pouco representativo apresentando diminuições consideráveis no número de colônias formadoras de bactérias tanto no tratamento 3 quanto no 4. O tratamento 3 com adição de extrato orgânico e simulação de déficit hídrico sob a diluição de 10^{-3} apresentou baixas de 5,0 em correlação entre os 90 e 180 dias de experimento e, 11,5 referente a diluição de 10^{-4} .

Os dados negativos já verificados no tratamento 4 aos 90 dias experimentais onde houve a simulação de episódios de chuva com extrato orgânico do líquen foram ainda mais acentuados aos 180 dias com quedas de 1,4 referente a diluição de 10^{-3} e 2,0 referente a diluição de 10^{-4} .

Aos 270 e 365 dias experimentais houve elevações consideráveis referentes aos dados microbiológicos de bactérias nos períodos de análises experimentais. Foram reafirmados os dados encontrados entre 90 e 180 dias, onde o tratamento 2, com simulações de episódios de chuva e adição de talos liquênicos de *C. substellata* se predominou aos demais com taxas que variaram de acordo com as diluições tratadas.

Para fins de análises foram encontrados no tratamento 1 aumento representativo de 18,9 correlacionado com os dados encontrados aos 180 dias experimentais referente a diluição de 10^{-3} e uma queda de 0,8 referente a diluição de 10^{-4} . Essa diminuição partindo de dados de margem de erro torna-se irrelevante, visto que, bactérias e outros microrganismos podem apresentar aumento ou diminuição dependendo da área da coleta no tratamento experimental.

Os resultados encontrados no tratamento 2 nos foram, novamente, bastantes satisfatórios, onde houveram aumentos consecutivos tanto na diluição de 10^{-3} quanto na diluição de 10^{-4} , fato este que nos assegura mais uma vez o quão benéfico esta sendo a influência da umidade como aumento progressivo de bactérias. Os dados apontaram evolução de 18,1 referente a diluição de 10^{-3} e 2,6 de porcentagem referente a diluição de 10^{-4} .

Sabe-se que os microorganismos desempenham importante papel na decomposição química de matéria orgânica transferida dos componentes subjacentes as camadas interiores das camadas de solo para as inferiores, e que a maior quantidade desses microorganismos mostra a qualidade do habitat, fazendo com que haja a possibilidade de desenvolvimento vegetal.

O aumento na quantidade de quaisquer organismos sejam eles, bactérias, protozoários ou fungos ao solo atuam como um indicador biológico, no qual a quantificação de espécies ou ausência delas se mostram capazes de verificar, a priori, a qualidade da biota, podendo ela está impactada ou não Zili (2003).

Estudos de Zili (2003) apontam ainda que utilizando a quantificação de espécies, sejam elas, de vegetais ou animais, em uma dada camada do habitat como um indicador biótico do meio, se mostrou de total viabilidade, haja visto, que a alteração no número de uma única espécie pode nos apontar resultados benéficos ou demonstrar o quão impactado esta sendo este habitat, no qual necessitará de meios de recuperação de melhoramento.

Giller (1996) também apontou que a microbiota dos solos é um dos principais componentes que atuam no desenvolvimento do solo agindo como sistemas capazes de quebrar nutrientes e transportá-los as camadas mais superficiais, fazendo com que os vegetais se supram de tais compostos e que a maior diversidade esta estreitamente relacionada a variabilidade genética sendo um dos principais componentes deste sistema.

Os resultados referentes ao tratamento 3 verificaram que apesar que estarem sob a influência de extrato orgânico do líquen o qual foi mostrado como bastante insatisfatório no tratamento 4, visto sua baixa capacidade de apresentar colônias formadoras de bactérias, ao longo do processo experimental, aos 270 dias de experimento foi verificado um aumento

considerável nas taxas de colônias formadoras de bactérias. Resultados esses que apontaram elevação de 2,5 referente a diluição de 10^{-3} e 4,5 referente a diluição de 10^{-4} .

O tratamento 4 com simulações de episódios de chuva e adição de extrato orgânico do líquen *C. substellata* ocorreu quedas progressivas aos 270 dias experimentais, com diminuição de 0,2 referente a amostra diluída a 10^{-3} e manteve a 0,1 referente a diluição de 10^{-4} .

Aos 365 dias de experimento o tratamento 1 apresentou evolução de 0,9 a partir de diluição de 10^{-3} , aumento pouco expressão mas pelo qual poderíamos identificar já a saturação na acumulação de substâncias liquênicas ao solo, estabilizando assim a presença de bactérias. Com relação a diluição de 10^{-4} o aumento também foi pouco expressivo atingindo marca de 4,2 média percentuais de populações de bactérias (Tabela 05).

Tabela 05 - Quantificação de populações formadoras de bactérias presentes nas análises microbiológicas em Neossolos Quartzarênicos durante período experimental

Tratamento /Diluição	90	180	270	365
1 (10^{-3})	1.3	11.1	20.0	20.9
1 (10^{-4})	1.2	30.6	29.2	33.4
2 (10^{-3})	24.7	39.2	57.3	65.2
2 (10^{-4})	23.3	25.6	28.2	47.4
3 (10^{-3})	10.3	5.3	7.8	10.1
3 (10^{-4})	14.2	2.7	7.2	12.7
4 (10^{-3})	2.0	0.6	0.4	0.6
4 (10^{-4})	2.1	0.1	0.1	0.5

Legenda: Diluição (10^{-3} ; 10^{-4}): Isolamento do microorganismo de interesse;; N/90, 180, 270 e 365: Número de populações formadoras do microorganismo pesquisado/ dias de coleta experimental.

Os resultados referentes ao tratamento 2 apontaram evolução com aumentos que não chegaram a ultrapassar o percentual encontrado aos 270 dias experimentais, os dados apontaram uma acréscimo de 7,9 referente a diluição de 10^{-3} e aumento de 19,2 referente a diluição em 10^{-4} . Mais uma vez esse tratamento, onde ocorreram adições de umidade com talos de *C. substellata* ao longo de um ano experimental, foi o que se destacou em aumentos progressivos nos níveis de colônias formadoras de bactérias.

O tratamento 3 apresentou uma elevação de 3,7 sob a diluição em 10^{-3} e de 5,5 sob a diluição de 10^{-4} . O tratamento 4 ao final do período de análises experimentais apresentou acréscimos de 0,2 e 0,4 referentes as diluições de 10^{-3} e 10^{-4} , respectivamente.

5.2.2 Caracterização das colônias formadoras de bactérias presente em amostras de Neossolos Quartzarênicos sob tratamentos experimentais

As colônias formadoras de bactérias encontradas sob os tratamentos experimentais apresentaram em sua predominância características arredondadas com crescimento rápido, onde as primeiras formações de colônias surgiram às 48 horas de incubação. As bactérias encontradas nos tratamentos experimentais possuíam coloração rosada clara, alaranjada e sobretudo pequenas superfícies esverdeadas.

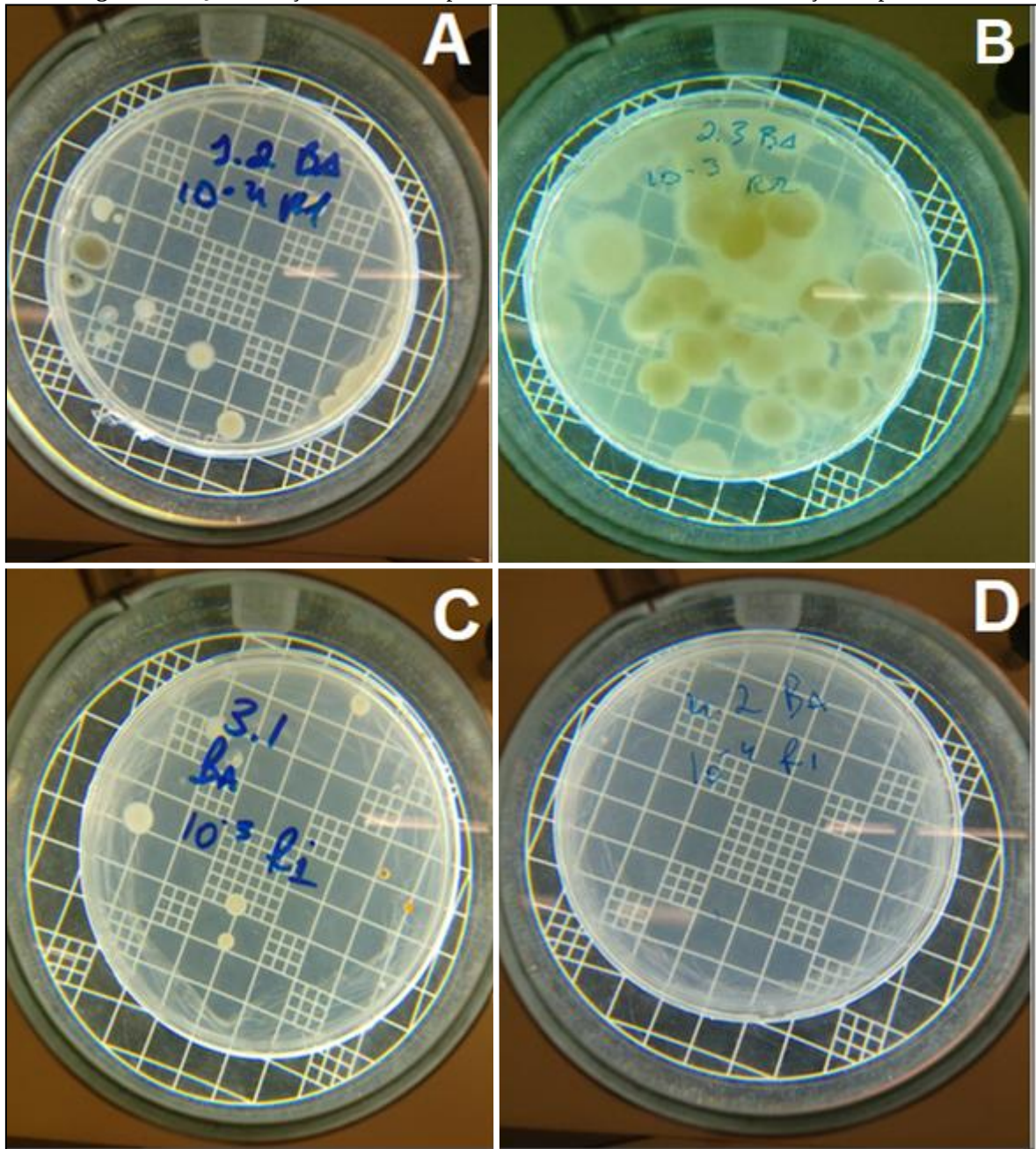
Estendiam-se ao longo de toda a placa de Petri, mas não chegavam a consumá-las em sua totalidades, se espalhavam sobretudo como pequenas superfícies em agrupamentos.

Sabe-se que a população de microorganismos no solo está diretamente ligada à qualidade ambiental da área, ou seja, áreas que oferecem boas condições naturais para que organismos oriundos da biota do solo se desenvolvam estarão intimamente ligadas ao estado de equilíbrio ambiental dando condições para o desenvolvimento de vegetais sobrepostos ao solo (SANTOS, 2007).

Além disso, estudos realizados com aditivos e contaminantes verificaram que eles acarretaram diminuições bastante expressivas nos microorganismos. Santos (2007) estudou a interferência de solos contaminados com cobre em áreas de Minas do Canaquã no Rio grande do sul, verificando que as áreas onde apresentava o contaminante tiveram diminuições consideráveis em fungos e bactérias.

Com isso, a presença de bactérias nos tratamentos demonstraram que apesar da área está sofrendo esde tempos pretéritos com a devastação, e hoje com a utilização de fertilizantes, ainda há condições naturais pelas quais o meio ambiente vem encontrando de se recuperar dos impactos sofridos.

Figura 30 - Quantificação de bactérias presentes em solos submetidos a condições experimentais



Fonte: Juliane Sales

Legenda: A- Tratamento1: Talos de *C. substellata* sobrepostos a amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando déficit hídrico; B- Tratamento 2: Talos de *C. substellata* sobrepostos a Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva; C – Tratamento 3: Extrato orgânico de *C. substellata* incorporado a Neossolos Quartzarênicos simulando déficit hídrico; D – Tratamento 4 : Extrato orgânico de *C. substellata* incorporados a Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva.

5.2.3 Quantificações de Actinomicetos presentes em amostras de Neossolos Quartzarênicos submetidas a tratamentos experimentais

Com relação à presença de actinomicetos aos tratamentos experimentais os resultados encontrados foram apontados no corpo do texto acerca da influência de talos e/ou extrato orgânicos de *C. substellata* sob Neossolos Quartzarênicos de tabuleiros costeiros no nordeste brasileiro.

Com isso, a partir da quantificação de actinomicetos (Figura 31) notou-se que os tratamentos submetidos a talos de *Cladonia substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva, possibilitou o desenvolvimento de colônias de actinomicetos em ambas as repetições, se comparadas ao tratamento submetido a extrato orgânico de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos, simulando um déficit hídrico, onde apenas a repetição R2 apresentou presença dos microrganismos.

A ausência de colônias de actinomicetos nos tratamentos com talos de *Cladonia substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico e no tratamento com extrato orgânico de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva representou que ambos os episódios não conseguiram desenvolver interações para que os microorganismos pudessem apresentar populações formadoras.

O extrato orgânico de *C. substellata* vem apresentando resultados com menores percentuais durante os tratamentos simulando ou não episódios de chuva, visto que, a presença de um composto implementado ao solo está desempenhando menor influência se comparados aos talos naturais da espécie líquênica. além dos ácidos líquênicos desempenharem função antimicrobiana no solo, acarretando diminuições de microrganismos presentes em sua formação (HONDA e VILEGAS, 1998).

Isso nós leva a conclusões prévias que podem afirmar que a presença de tais espécies sobre um ambiente natural repercute melhores condições que aditivos incorporados ao solo como mecanismos de reversão aos impactos ambientais, e que a retirada destas espécies proporciona malefícios diretamente proporcionais a escala de tempo, pelas quais, elas estavam inseridas no habitat.

Com isso, gera não apenas perda de biodiversidade, mas também, representando queda em mecanismos bióticos pelos os quais o solo se nutre e transporta nutrientes aos vegetais, a chamada ciclagem de nutrientes

Aos 90 dias experimentais a quantidade de colônias formadoras de actinomicetos esteve em maior abrangência no tratamento 2, apresentando taxas de 3.5 referente a diluição de 10^{-3} e 2.6 referente a diluição de 10^{-4} . Em comparação ao tratamento 1 com talos de *C. substellata* também, mas fazendo simulações de períodos secos, as taxas apresentaram 0.1 referente a primeira diluição e 0.0 referente a segunda diluição, dados estes apresentando pouca ou nula quantidade de colônias formadoras de actinomicetos,.

Os tratamentos com adição de extrato orgânico do líquen *C. substellata* e simulações ou não de período secos e úmidos não viveram a corresponder as quantidade de populações formadoras de actinomicetos aos 90 dias experimentais.

Os resultados encontrados aos 180 dias de experimento demonstraram elevações consideráveis em todos os tratamentos experimentais, sobretudo nas amostras que simularam ambiente úmido com adição de talos da espécie liquênica estudada. Com relação ao tratamento 1 houve elevação de 7.0 percentuais de populações formadoras de actinomicetos referente a diluição em 10^{-3} e 7.9 referente a diluição em 10^{-4} .

O tratamento 2 aos 180 dias experimentais apresentou taxas de colônias formadoras de actinomicetos em média de 69.0 referente a primeira diluição e 78.2 referente a segunda diluição. Esse aumento representou um acréscimo de 65.5 comprando os resultados encontrados entre os 90 e 180 dias de estudos laboratoriais e 75.5 representando o mesmo intervalo de tempo.

Com relação ao tratamento 3 o aumento representou uma elevação de 1.1 referente a diluição de 10^{-3} aos 180 dias experimentais e uma queda na diluição de 10^{-4} que chegou a atingir 1.9.

O tratamento 4 que já vem demonstrando uma baixa interação entre o extrato orgânico do líquen e o aumento das populações de microrganismos, como foi visto no capítulo anterior, apresentou baixo aumento de actinomicetos entre os 90 e 180 dias experimentais. O que foi representado por dados com baixa quantidade de actinomicetos aos 90 dias de experimento, aos 180 dias apresentou elevação de 0.7 e 0.8, correspondendo as diluições de 10^{-3} e 10^{-4} .

Isso nos leva a crer que a evolução cronológica ao qual o extrato orgânico liquênico não consegue desempenhar maiores indicativos para que haja aumento de populações de actinomicetos. Podendo esse fato esta ligado sejam elas, a adaptabilidade a introdução de um mecanismo em seu modo não natural com extratos retirar por sistema por rotaevaporador, sendo eles incorporados ao solo, sejam elas devido a alguma substância introduzida para diluição do extrato ao solo.

Aos 270 dias de experimento o tratamento 1 apresentou uma quase equidade entre os 180 e 270 dias experimentais apresentando um pequeno aumento que representou 0.7 com relação a diluição de 10^{-3} e permaneceu aos 7.9 referente a diluição de 10^{-4} . Enquanto que o tratamento simulando episódios de chuva também com a adição de talos de *C. substellata* apresentou elevação bem mais expressiva, sendo ela de 12.3 com diluição em 10^{-3} e 3.9 referente à diluição em 10^{-4} , fato este que mostra a presença em maiores quantidades de colônias de actinomicetos presente em tratamentos sob a adição de umidade.

Os tratamentos 3 e 4 aos 270 dias experimentais apresentaram aumentos e diminuições em níveis de colônias de actinomicetos. O tratamento 3 apresentou elevação de 0.5 referente a diluição em 10^{-3} enquanto que a diluição 10^{-4} apontou elevação de presença das colônias formadoras de 1.9.

Já no que diz respeito ao tratamento 4 a diluição em 10^{-3} apresentou uma queda de 0.2 enquanto que a diluição em 10^{-4} apresentou elevação em 0.1, dados esses poucos expressivos que compráramos com os resultados encontrados aos 90 e 180 dias experimentais verificaremos que 4 não apresentou até os 270 dias experimentais uma evolução considerável. Podendo ser explicado segundo alguns critérios já citados na tabela abaixo (Tabela 06).

Aos 365 dias experimentais a predominância de colônias de actinomicetos no tratamento 2, com talos de *C. substellata* sobre Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva se mantiveram. Apresentando elevação de 8.4 referente a diluição em 10^{-3} e uma queda de 5.6 referente a diluição em 10^{-4} . Esses dados por mais que tenham demonstrado uma pequena queda aos 365 dias experimentais no tratamento 2 em diluição a 10^{-4} mostraram-se bastante elevados, visto que, a evolução no número de colônias de actinomicetos se mostrou bem mais expressiva que os demais tratamentos (Tabela 06).

Tabela 06 - Quantificação de Actinomicetos em Neossolos Quartzarênicos submetidos a talos e/ou extratos orgânicos de *C. substellata* nas análises microbiológicas durante período experimental

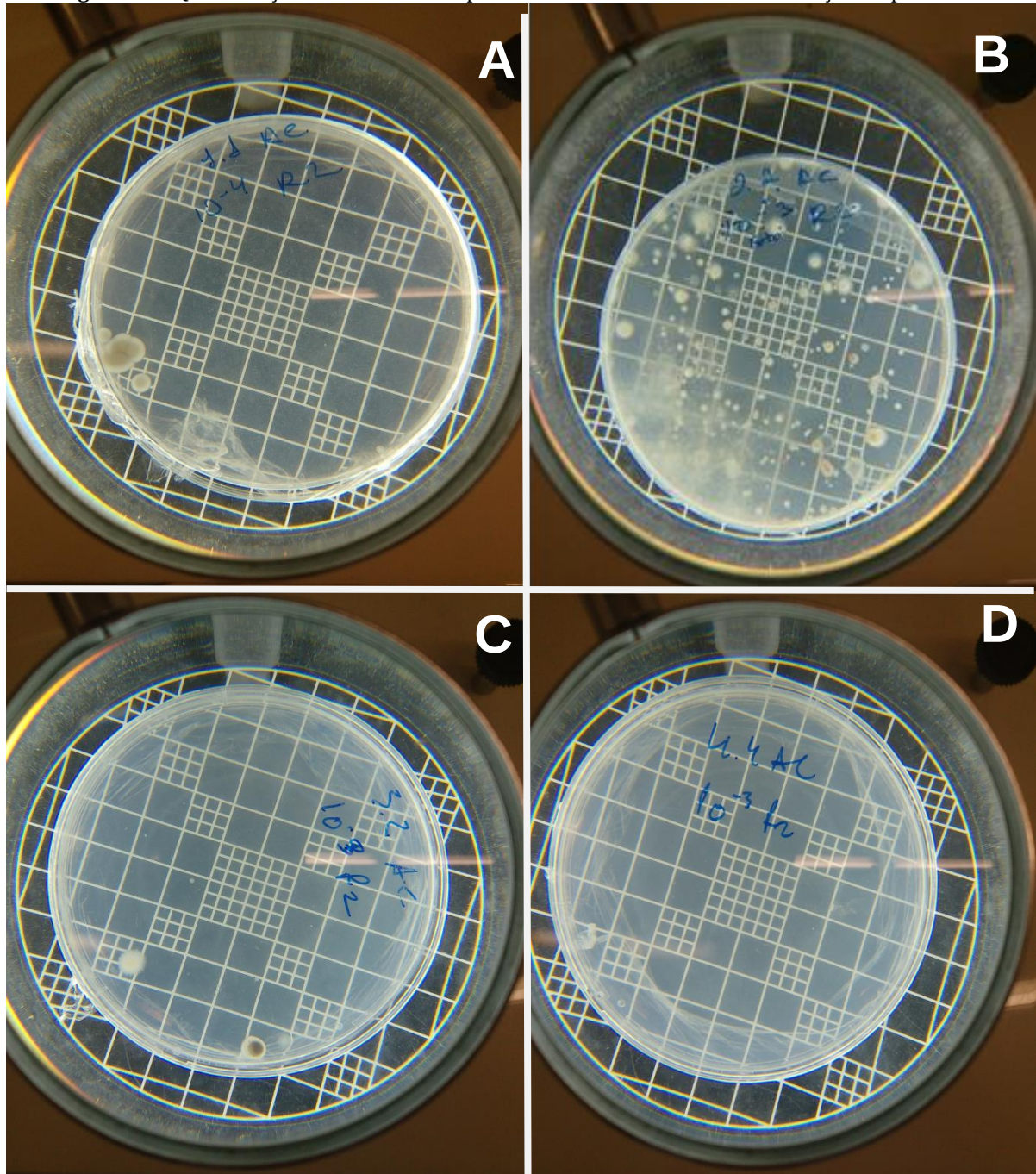
Tratamento /Diluição	90	180	270	365
1 (10^{-3})	0.1	7.1	7.8	7.6
1 (10^{-4})	0.0	7.9	7.9	6.4
2 (10^{-3})	3.5	69.0	81.3	89.7
2 (10^{-4})	2.6	78.2	82.1	76.5
3 (10^{-3})	0.1	1.2	1.7	2.0
3 (10^{-4})	3.8	1.9	3.7	1.8
4 (10^{-3})	0.0	0.7	0.5	1.0
4 (10^{-4})	0.0	0.8	0.9	0.7

Legenda: Diluição (10^{-3} ; 10^{-4}): Isolamento do microorganismo de interesse;; N/90, 180, 270 e 365: Número de populações formadoras do microorganismo pesquisado/ dias de coleta experimental

5.2.4 Caracterização das colônias formadoras de actinomicetos presente em amostras de Neossolos Quartzarênicos sobre tratamentos experimentais

As colônias de actinomicetos se apresentaram em formas arredondadas em diâmetros pequenos e distribuídas em toda a extensão das placas, sobretudo, no tratamento 4 que continha talos de *C. substellata* simulando episódios de chuva sobrepostas a Neossolos Quartzarênicos. Sua coloração apresentou cores claras que assemelhavam a cores esbranquiçadas a verdes claras e em alguns casos pequenas colônias alaranjadas.

Figura 31 - Quantificação de actinomicetos presentes em solos submetidos a condições experimentais



Fonte: Juliane Sales, 2017

Legenda: A- Actinomicetos presentes no tratamento submetido a talos de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; B- Actinomicetos presentes no tratamento submetido a extrato orgânico de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva; C- Actinomicetos presentes no tratamento submetido a extrato orgânico de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; D- Actinomicetos presentes no tratamento submetido a extrato orgânico de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva

5.2.5 Quantificação de fungos presentes em amostras de Neossolos Quartzarênicos submetidas a tratamentos experimentais

Os resultados da detecção de colônias de fungos em solos submetidos a diferentes condições experimentais nos demonstraram a presença maior variedade de colônias formadoras no tratamento submetido a talos de *Cladonia substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva (Figura 32). Fato este já abordado com relação às colônias de bactérias e actinomicetos encontradas nos itens anteriores.

A este aumento e variedade no número de fungos está diretamente ligada a presença de metabólitos no solo, como neste caso, transportados pela espécie líquênica ao longo do período experimental, onde a umidade proporcionou o deslocamento de maiores concentrações das substâncias produzidas por *C. substellata*, transformando estas substâncias em componentes essenciais ao funcionamento do sistema solo.

Como aponta Giller (1996), acerca da transposição de componentes ao solo está diretamente interligado ao seu funcionamento e manutenção, onde afirma que:

“Esta maior diversidade está diretamente relacionada à variabilidade genética e metabólica presente em tais organismos, o que se deve a sua origem e evolução, tornando-os o componente principal do metabolismo do sistema solo. Esta essencialidade é resultado das funções desempenhadas de forma exclusiva pelos microrganismos, e por sua dominância numérica sobre os demais (GILLER, 1996)”.

Em relação aos demais tratamentos, apenas o tratamento com extrato orgânico de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico apresentou entre duas a quatro colônias formadoras de fungos, que se desenvolveram ao longo dos sete dias de análises experimentais.

Isso significa que a adição de extrato orgânico apenas sortiu efeitos sobre o tratamento simulando um déficit hídrico e, que a interferência da umidade reportada no tratamento submetido a extrato orgânico de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva não desempenhou nem apresentou características que viessem a apontar presença, sejam de qualquer microorganismo investigado durante o período experimental.

Com relação aos dados quantitativos encontrados em análises microbiológicas de Neossolos Quartzarênicos identificando populações formadoras de fungos, aos 90 dias de experimento os tratamentos que continham o talo da espécie líquênica *C. substellata*

simulando ou não episódios de chuva apresentaram as maiores taxas de colônias formadoras de fungos ao longo do experimento.

Isso se evidenciou pelo fato de aos 90 dias de experimento o tratamento 2, ao que simulava episódios de chuva, ter apresentado índices maiores que os demais tratamentos, seguido do tratamento 3 onde continham simulações de ambiente seco somado a extrato orgânico da espécie liquênica. O tratamento 2 apresentou taxas de 2.2 referente a primeira diluição 10^{-2} , a qual encontra-se com maior concentração de material coletado do solo e 5.0 referente a segunda diluição a 10^{-3} .

Já o segundo tratamento que apontou uma concentração bem mais elevada nas taxas se equivaleu em 14.0 em ambas às diluições, fato este que apresentou uma evolução progressiva nos demais momentos de análise de microorganismos.

No que diz respeito ao tratamento 1 e 4 referentes ainda a análise aos 90 dias de experimento foi verificado que tanto o tratamento 1 quanto tratamento 4 apresentaram baixas taxas de colônias formadoras de fungos, sobretudo o tratamento 4 que apontou dado negativo referente a diluição 10^{-2} e 1.2 referente a diluição 10^{-3} . Se compararmos os dados encontrados nas diluições em 10^{-3} nos tratamentos 1 e 4 verificamos que apesar do tratamento 4 ter desenvolvido taxas bem menores de colônias formadoras de fungos, na diluição em 10^{-3} ele se sobressaiu ao tratamento 1 com uma diferença, pouco expressiva, porém apontada de 0.3.

Os dados referentes aos 180 dias experimentais mostraram que a estimativa de aumento de colônias formadoras de fungos aos 90 dias de experimento prosseguiu em todos os tratamentos, exceto nos dados encontrados referentes ao tratamento 4.

O tratamento 1 apresentou evolução de 6.8 referência a diluição em 10^{-2} , 9.3 referente a diluição em 10^{-3} , o tratamento 2 apresentou uma evolução bem mais elevada chegando a índices de 28.7 referente a diluição em 10^{-2} e 50.0 referente a diluição em 10^{-3} . A interferência da umidade em tratamentos experimentais com Neossolos Quartzarênicos e adição de extrato orgânico de *C. substellata* vem apresentando resultados bem elevados onde o crescimento no índice de microorganismos está nos revelando o quão benéfica esta sendo essa relação.

Esse resultando elevado seguiu-se dos dados encontrados no tratamento 3 com adição de extrato orgânico e simulações de episódios secos sob a diluição em 10^{-2} , onde a evolução também se encontrou presente, o crescimento atingiu 5.9 em correlação entre os 90 e 180 dias de experimento. Porém o resultado referente à diluição em 10^{-3} apontou uma diminuição em 0.5 isso nos leva a crer que por estarem em menores concentrações o material encontrado no

solo e dessa forma de maneira mais diluída o tratamento 3 com essa pequena baixa aos 180 dias experimentais se torna totalmente natural visto a presença de material presente na diluição.

Já no que se refere ao tratamento 4 ele continuou a apresentar dados pouco favoráveis a utilização de extrato orgânico de *C. substellata* diluído em DMSO e água em amostras de Neossolos quartzarênicos, visto a baixa interferência entre o mesmo e os microorganismos presentes no solo, como no dado destacado os fungos.

Aos 270 dias experimentais o tratamento 3 se sobressaiu aos demais mostrando que apesar do extrato orgânico do líquen estudado não apontar boas relações com diluições em DMSO e água houveram progressivos comportamentos benéficos com relação aos mesmo e a simulação de um ambiente mais seco. Esse tratamento apresentou evolução de 2.0 referente a diluição em 10^{-2} e 2.4 referente a diluição em 10^{-3} .

Já no que se refere aos tratamentos 1 houve uma diminuição de 2.3 referente a diluição em 10^{-2} e um acréscimo de 2.3 referente a diluição em 10^{-3} . Diminuição essa que também foi verificada no tratamento 2 havendo diminuição de 4.8 na diluição em 10^{-2} e 27.9 referente a diluição em 10^{-3} , correlacionando os dados com os identificados aos 180 dias experimentais.

Apesar de haverem ocorridos essas quedas em ambas as concentrações diluídas nas amostras no tratamento 2 esse fato torna-se pouco representativo visto que podem haver variações consideráveis no aumento e na diminuição de microorganismos presentes ao solo, sobretudo em ambiente ao quão não estão sob características naturais.

No que diz respeito ao tratamento 4 não houve alteração favorável ao tratamento, visto que, na diluição em 10^{-2} permaneceu com dados negativos com relação a presença de microorganismos e um pequeno acréscimo de 0.4 referente a diluição em 10^{-3} .

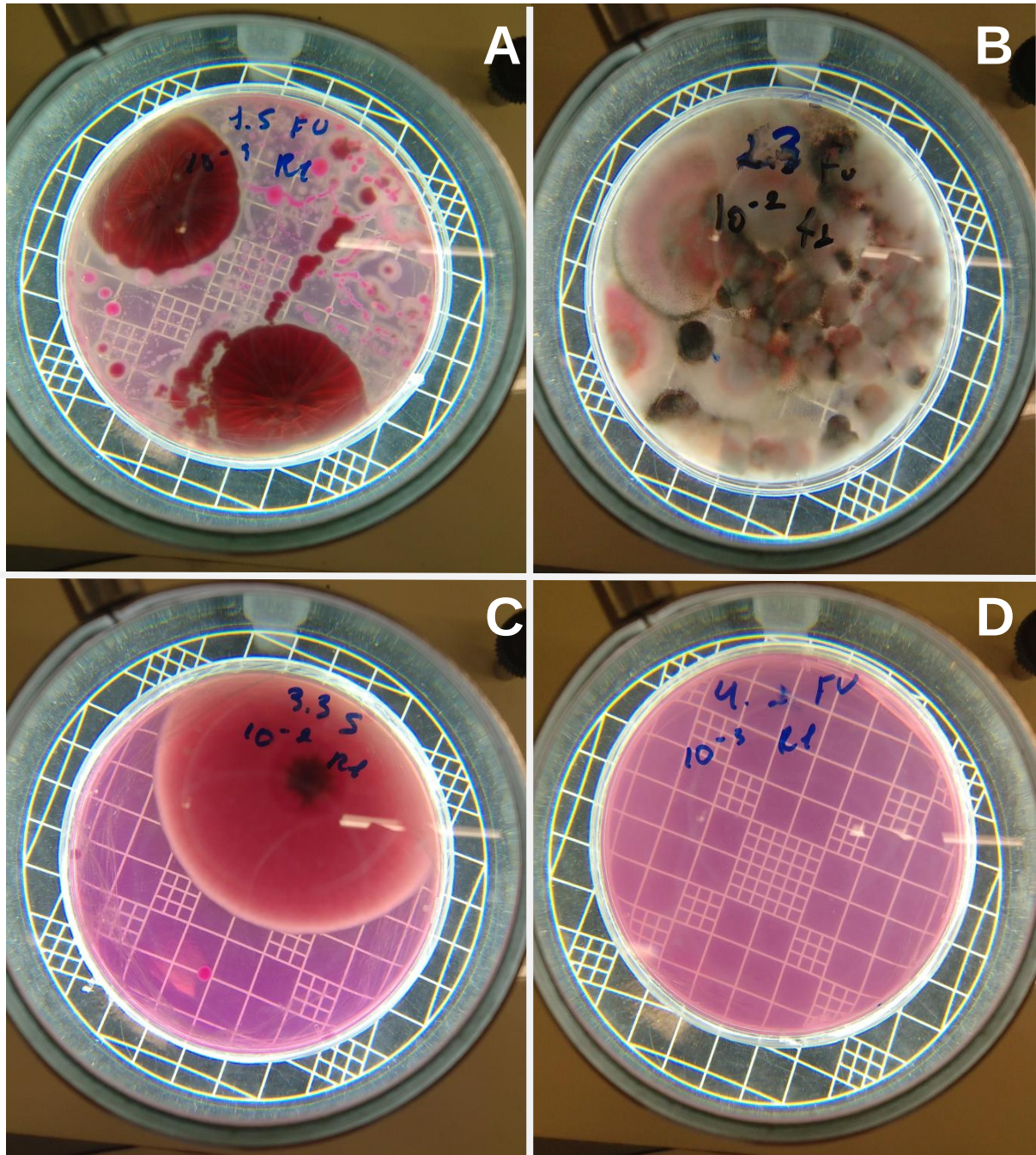
Ao final do experimento, nos 365 dias de análises de amostras experimentais os dados encontrados ao longo de todo o período de análises vieram a se reafirmar com as elevações expressivas encontradas no tratamento com adição de talos de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos quartzarênicos. Os tratamento 1 e 3 também apresentaram evoluções consideráveis ao final do experimento, sobretudo o tratamento 1 onde haviam talos de *C. substellata* simulando um ambiente mais seco (Tabela 07).

Tabela 07 - Quantificação de fungos presentes nas análises microbiológicas em Neossolos Quartzarênicos durante período experimental

Tratamento /Diluição	90	180	270	365
1 (10⁻²)	1.1	7.9	5.6	13.4
1 (10⁻³)	0.9	9.2	11.5	8.3
2 (10⁻²)	14.0	42.7	37.9	66.3
2 (10⁻³)	14.0	64.0	36.5	63.5
3 (10⁻²)	2.2	8.1	10.1	17.7
3 (10⁻³)	5.0	4.5	6.9	11.5
4 (10⁻²)	0.0	0.0	0.0	0.0
4 (10⁻³)	1.2	0.0	0.4	0.5

Legenda: Diluição (10⁻²; 10⁻³): Isolamento do microorganismo de interesse;; N/90, 180, 270 e 365: Número de populações formadoras do microorganismo pesquisado/ dias de coleta experimental

Figura 32 - Quantificação de fungos presentes em solos submetidos a condições experimentais



Fonte: Juliane Sales

Legenda: A- Fungos presentes no tratamento submetido a talos de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; B- Fungos presentes no tratamento submetido a extrato orgânico de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva; C- Fungos presentes no tratamento submetido a extrato orgânico de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando um déficit hídrico; D- Fungos presentes no tratamento submetido a extrato orgânico de *C. substellata* sobre amostras de Neossolos Quartzarênicos simulando episódios de chuva

CONCLUSÕES

Em virtude dos fatos mencionados pode-se concluir que houve interação de substâncias do líquen *Cladonia substellata* com Neossolos Quartzarênicos de Tabuleiros Costeiros no Nordeste brasileiro.

Com isso, em vista dos argumentos apresentados foi verificado que a umidade influenciou no aumento de fenóis encontrados na espécie liquênica *C. substellata*, sobretudo aos 90 dias experimentais e, que os tratamentos com simulações de um ambiente mais seco apresentaram, em sua maioria, teores mais baixos destes fenóis, com ênfase ao tratamento experimental 1.

O tratamento simulando déficit hídrico apresentou teores de fenóis superiores ao controle de campo, o que pode levar a considerar *C. substellata* como indicador de adaptabilidade em ambientes diversos. demonstra ter a espécie um importante mecanismo de transposição das substâncias encontradas em seu talo, sobretudo, em ambiente com elevado índice de umidade.

Este fato pode ser reafirmado a partir da produção de substâncias liquênicas quantificadas nos talos de *C. substellata* durante o período experimental. Verificou-se que a umidade foi um fator potencializador na produção dos fenóis liquênicos da espécie estudada e com isso houve uma maior percolação aos Neossolos Quartzarênicos sobreposto pelo talo e/ou extrato orgânico de *C. substellata*.

Com relação aos fenóis percolados das amostras de talos e/ou extratos orgânicos de *C. substellata* aos Neossolos Quartzarênicos verificou-se que houve a predominância de fenóis encontrados nos tratamentos 2 e 4, ambos sob a influência da umidade. Porém o tratamento 2 com a adição de talos de *C. substellata* e o tratamento 4 com a adição de extrato orgânico de *C. substellata*. Os maiores índices foram verificados no tratamento 2 aos 180 dias experimentais e no tratamento 4 aos 90 e 365 dias de experimento.

Com relação à análise de pigmentos fotossintéticos identificados em talos de *C. substellata* durante todo o período experimental verificou-se um contínuo aumento nos níveis de clorofilas a, b, c e d em todos os tratamentos experimentais, fato este, que pode ser

explicado devido a espécie líquênica ter conseguido se adaptar ao longo de 365 dias de experimento as mudanças de ambiente e a submissão de ambiente laboratorial.

Por outro lado, as feofitinas em tratamentos com simulações de episódios de chuva apresentaram índices mais elevados, enquanto que os tratamentos que faziam a simulação de um ambiente mais seco conseguiram ter esses níveis mais reduzidos.

Este fato nos leva a considerar que a umidade, no diz respeito ao aumento de níveis das feofitinas totais, apresentou uma elevação desse fenômeno, enquanto que o ambiente mais seco desempenhou um mecanismo que diminuiu os níveis de feofitinas. Ou seja, com relação aos níveis de feofitinas o tratamento que simulava um ambiente mais seco apresentou diminuições progressivas se comparado aos talos de *C. substellata* em ambiente úmido.

A umidade também viabilizou a percolação dos fenóis do talo de *C. substellata*, bem como a lavagem do solo, tornando-o mais ácido, menos concentrado em bases e diminuição de sua CTC. Dessa forma, diminuiu o número de hidroxilas livres, também mediado pela formação de quelatos entre as substâncias do líquen e os cátions do solo.

Com relação à química do solo poucas foram as alterações destacadas em Neossolos Quartzarênicos submetidos aos tratamentos experimentais, havendo alterações mais expressivas apenas referentes à acidez do solo relacionadas aos níveis de pH. O material de origem do solo estudado proporcionou a pouca alteração química em sua estrutura, devido, sobretudo, a esse solo possuir inúmeras partículas de quartzo e ter pouca adesão da água

Com isso, pode ser dito que as substâncias percoladas a Neossolos Quartzarênicos sejam elas, sob adição de talos e/ ou extratos orgânicos de *C. substellata* desempenharam poucas alterações ao longo de 365 dias experimentais, em virtude do alto grau de dureza do material de origem do solo estudado.

Os resultados obtidos a partir de análises microbiológicas mostraram que houve uma estreita ligação entre os microrganismos presentes em amostras de Neossolos Quartzarênicos, coletados no município de Mamanguape – PB, com a variação de tratamentos verificados durante o período experimental.

Apesar da área já ser comprimida por plantações de monocultura da cana-de-açúcar e estar sendo impactada pela diminuição da quantidade de espécies subjacentes a estas manchas de cerrados edáficos, presentes em áreas de Mata Atlântica nordestina, a presença e

manutenção de espécies líquênicas se mostraram benéficas para a biota do solo, fazendo com que os metabolitos primários e secundários presentes a esses líquens sejam transplantados as camadas dos solos e assim realizarem mecanismos de recuperação e melhoramento de ciclos bióticos como é o caso da ciclagem de nutrientes.

Com relação ao índice de populações microbianas de bactérias, fungos e Actinomicetos identificadas em Neossolos Quartzarênicos submetidos a talos e/ ou extratos orgânicos de *C. substellata* ao longo de 365 dias experimentais, foi verificado que houve uma predominância de todos, sobretudo no tratamento 2. Por outro lado, ao ser adicionado o extrato orgânico sob a influência da umidade, poucas colônias de microrganismos foram detectadas, com placas sem nenhuma formação. Isto pode ser atribuído à bioatividade dos compostos produzidos por *C. substellata*.

Com isso, a título de conclusão da pesquisa, pode ser dito que a espécie líquênica *C. substellata* submetida a tratamentos experimentais com Neossolos Quartzarênicos de Tabuleiros Costeiros do Nordeste conseguiu interagir com a biota do solo subjacente, impulsionando a presença de populações de microrganismos e desempenhou interações fenólicas com o solo, com percolação de suas substâncias e, favoreceu ao aumento de produção das substâncias *C. substellata* em seus talos, sobretudo ao tratamento que sofreu a influência da umidade.

Portanto, a espécie líquênica *C. substellata* sob a influência da umidade proporcionou alterações com Neossolos Quartzarênicos e, com isso os resultados encontrados na pesquisa mostram seu caráter promissor acerca da possibilidade da redução de impactos ambientais ocorridos na Mata Atlântica nordestina impactada desde os primórdios de sua exploração.

REFERÊNCIAS

- AGROLINK, 2016 . **Fósforo no solo**. -Admin. Publicado em 12/09/2016 às 14:57h. Disponível em: < https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/fosforo_361445.html> Acessado em: 12/02/2017.
- AHMADJIAN, V. 1993. **The Lichen Symbiosis**. John Wiley & Sons, New York. 250 p.
- AHTI, T. STENROOS, S.; XAVIER-FILHO, L. The lichen family Cladoniaceae in Paraíba, Pernambuco and Sergipe, northeast Brazil. In: **Tropical Biology**, v. 7, 55-70 pp., 1993.
- ANDRADE, A. G.; CABALLERO, S. S. U.; FARIA, S. M.; **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 22p. - (Embrapa Solos. Documentos ; n. 13).
- ANDREOLA, F.; FERNANDES, S.A.P.A **Microbiota do solo na agricultura Orgânica e no Manejo das Culturas**. In: SILVEIRA, A.P.D. da.; FREITAS, S. dos S. (Ed.). Microbiota do solo e qualidade ambiental. Campinas: Instituto Agronômico, 2007.
- APPA-RAO, A. V. N. & PRABHAKAR, M. C. Pharmacological actions of leprapinic acid, a lichen metabolite. **Fitoterapia**, 1987.
- ARAÚJO, F. E. **Cladonia substellata submetida à radiação Gama como agente biorremediador de solos salinizados pelo processo de desertificação**. Universidade Federal de Pernambuco, 2014.
- BARBOSA, H. M. S. **Intemperismo biogeoquímico e ciclagem de nitrogênio pela interação do líquen *Cladonia substellata* Vainio com granito e basalto**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2014.
- BARBOSA, H.M.S. **Influência do nitrogênio na produção de substâncias degradadoras do milonito por *Cladonia substellata* (líquen)**. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife (Brasil). 2009.
- BÍBLIA, Português. **A bíblia Sagrada**: Antigo Testamento. Nova Tradução na Linguagem de Hoje. Barueri (SP): Sociedade Bíblica do Brasil, 2000. 378p.
- BUSTINZA, 1951. **The antimicrobial properties of many lichen species are well established** 1947.
- CAMARGO, S. L. **Conceitos sobre fertilidade e produtividade**. Universidade Federal do Mato Grosso, 2005.
- CANTERLE, L. P. et al. STREITL, N. P. As Clorofilas. **Ciência Rural**, v.35, n.3, mai-jun, 2005. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.748-755, mai-jun, 2005
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANDRADE, F. D. **Microbiologia do Solo**. São Paulo, 2016.
- CETESB. **Determinação de Clorofila a e Feofitina a: método espectrofotométrico**. Norma técnica. 3ª Edição Fev/2014 14páginas

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E.; **Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados**. Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Recebido para publicação em novembro de 2003 e aprovado em agosto de 2005.

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

CPRH. Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos. **Diagnóstico socioambiental - litoral Norte/ o meio físico da área/ geologia e relevo (Capítulo 2)**. Publicações CPRH / MMA - PNMA11. Recife, 2003

DIONÍSIO, J. A. **The antimicrobial properties of many lichen species are well established**. Guia Prático de Biologia do Solo. 1947; Bustinza, 1951.

DUARTE, B. R. Estudo **Comparativo da actividade antimicrobiana do ácido úsnico com sua forma nanocapsulada**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2002.

EHRLICH, P. Biodiversity. In: **national forum on biodiversity, national academy of sciences and smithsonian institution**. Washington. Anais. Washington: Wilson, E.O. 521 p. 1986.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos**. Rio de Janeiro: SPI, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Seminário Científico PIBIC Institucional da Embrapa Solos – 2011**

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. – 2009

EMBRAPA. **Toxidez de alumínio em culturas anuais** / Reinaldo de Paula Ferreira, Adônis Moreira, Joaquim Bartolomeu Rassin. -- São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. 35 p. ; 21 cm.— (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 63).

EMBRAPA. **Informação Tecnológica**. 25 anos de compromisso com pessoas, informação e conhecimento. Brasília, 2016.

ELIX J. A. Biochemistry and secondary metabolites. In: NASH T. H. III. **Lichen biology**. Cambridge: University Press. 1996.

FERREIRA, N. K.; STONE, L. F. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 42p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 92).

FERREIRA, R. P. ; MOREIRA, A.; RASSINI, J. B. **Toxidez de alumínio em culturas anuais**. - São Carlos: EMBRAPA Pecuária Sudeste, 2006.

FREYRE, G. **Casa-Grande e Senzala**. 51º ed. – São Paulo: Global 2006.

FREYRE, G. **Nordeste**. 7º ed. ver – São Paulo: Global 2004.

FONSECA, C. F. **Influência da sazonalidade sobre a fenologia e oferta de frutos em Buíque – Pernambuco**. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife (Brasil). 2012.

FURTADO, C. **Formação Econômica do Brasil**. 32º ed. – São Paulo: Companhia Editora NACIONAL 2003.

FOY, C. D. **Effects of aluminum on plant growth**. In: CARSON, E. W. (Ed.). *The plant root and its environment*. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p. 601-642.

GILLER, P.S. The diversity of soil communities, the ‘poor man’s tropical rainforest’. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 5, p. 135-168, 1996.

G1. **Cana-de-açúcar é o produto agrícola mais produzido na PB, aponta IBGE**.

Publicado em: 16/12/2014 Atualizado em 16/12/2014. Disponível em: < <http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2014/12/cana-de-acucar-e-o-produto-agricola-mais-produzido-na-pb-aponta-ibge.html>> Acessado em: 10/10/2018.

HALE-JR., M. E. 1983. **The Biology of Lichens**. 3 ed. Edward Arnold Pub, London.

HAWKSWORTH, D.L., ROSE, F. & COPPINS, B.J. 1973. Changes in the lichens flora of England and Wales attributable to pollution of the air by sulphur dioxide. In: B.W. Ferry, M.S. Baddeley & D.L. Hawksworth (eds.). **Air pollution and lichens**. The Athlone Press, London, pp. 330-367.

HILL, R. Chlorophyll. In: FLORKIN, M.; STOTZ, H. **Comprehensive Biochemistry**. vol. 9. 1963.

HOEFLICH, V.A. **Priorização de demandas de pesquisa da Embrapa**. In: SIMP~SIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, 1 ., 1993, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Sociedade de Investigações Florestais. 1993. p.319- 328.

HONDA, N. K.; VILEGAS, W. A química dos líquens. **Química Nova**, 21(6) (1998).

HYVÄRINEN, M.; WALTER, B.; KOOPMANN, R.; Impact of Fertilisation on Phenol Content and Growth Rate of *Cladonia stellaris*: A Test of the Carbon-Nutrient Balance Hypothesis. **O ECOLOGIA**. Vol. 134, No. 2 (Jan., 2003), pp. 176-181

IBF: Instituto Brasileiro de Florestas. **Bioma Mata Atlântica**. Disponível em: < <https://www.ibflorestas.org.br/bioma-mata-atlantica.html?tmpl=component&print=1>>. Acessado em: 23/01/2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. 2016.

IBIO. Instituto Bioatlântica. 2016 Disponível em: < <http://ibio.org.br/pb/>> Acessado me: 23/01/2018.

IBIO. Instituto Bioatlântica. **IBIO passa a abrigar Coordenação Nacional do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica**. Disponível em: < <http://ibio.org.br/pb/geral/ibio-passa-abrigar-coordenacao-nacional-do-pacto-pela-restauracao-da-mata-atlantica>>. Publicado em: 20/07/2017.2017

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; Fundação SOS Mata Atlântica- **atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2016-2017** relatório técnico. São Paulo. 2017.

KIKA, N. **A Natureza das Substâncias Produzidas por Líquenes**. In: Biologia de Líquens. XAVIER FILHO, L.; LEGAZ, M.E.; VICENTE CÓRDOBA, C.; CRISTINA PEREIRA, E (Ed.). Rio de Janeiro: Âmbito Cultural. 2006. 624 p.

KÖPPEN, W. Das **geographischa System der Klimate**. Gebr, Borntraeger, 1936.

LEGAZ, M. E.; VICENTE, C.; ASCASO, C.; PEREIRA, E. C.; L; FILHO, L. X. Pigment analysis of sun and shade populations of *Cladonia verti*. **Biochemical systematics and ecology**. 1986/11/5.

LEPSCH, I. F. **Lições de pedologia**. São paulo: Oficiana de Textos, 2011

LOURENTE, E. P. R. **Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária** Brasília, v.46, n.10, p.1321-1331, out. 207

MACHADO, Alberto. **A importância da bactéria no Solo**. Momento Agronomia. Disponível em: < <https://momentoagronomia.blogspot.com/p/importancia-da-bacteria-no-solo.html>> .Acessado em: 21/12/2017.

MACHADO, F. B. P. **Brasil, a doce terra - História do Setor**. 2012.

MAIA, M. B. S. ; SILVA, N. H. ; SILVA, E. F. ; CATANHO, M. T. J. ; SCHULER, A. R. P. ; PEREIRA, E. C. G. . Antinociceptive activity of crude extracts and atranorin obtained from the lichen *Cladina dendroides* (des Abb.) Ahti. **Acta Farmaceutica Bonaerense JCR**, Argentina, v. 21, n.4, p. 259-264, 2002.

MARTINS, M. C. B.; LIMA, M. J. G.; SANTIAGO, R; BURIL, M. L. L.; PEREIRA, E. C.; LEGAZ, M. E.; VICENTE, C.; SILVA, N. H. New Biotechnological Methods for Producing Therapeutic Compounds (Usnic, Stictic and Norstictic Acids) by Cell Immobilization of the Lichen *Cladonia substellata* Vainio. **Biotechnol Ind J, Volume: 13(2). 2017**.

MELO, P. **Radiação gama na funcionalidade e interação de *Cladonia salzmannii* Nyl. (Líquén) com o solo**. Dissertação de Mestrado em Tecnologias Energéticas Nucleares. Universidade Federal de Pernambuco. 2011.

MELO, M. .G. S. **Gestão ambiental do setor sucroalcooleiro de Pernambuco: entre a inesgotabilidade dos recursos naturais e os mecanismos de regulação**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2011.

MENDES, A. M. S. **Introdução a Fertilidade do Solo**. Aula ministrada no Curso de Manejo e Conservação do Solo e da Água promovido pela superintendência Federal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado da Bahia – SFA -BA/SDC/MAPA, no auditório da UFBA, em Barreiras-BA, no período de 29/05 a 01/06/2007

MIRANDA, M. A.; OLIVEIRA, E. E. M.; SANTOS, K. C. F. FREIRE, M. B. G.; ALMEIDA, B. G.; **Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação**. Embrapa Mandioca e Fruticultura - Artigo em periódico indexado (ALICE). 2011

MONTE, D. M. O. **Potencial bioinseticida de extratos de *Cladonia substellata* vainio sobre pragas de feijão armazenado**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Garanhuns, 2012.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. 2006. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. atual. ampl. Lavras: UFLA. 625p

MOREIRA, E. TARJINO, I. **Estruturação do Território Municipal Paraibano: na busca das origines**. João Pessoa, vol 2. 2003.

MOURA, B. J. **Atividade antimicrobiana *in vitro* do extrato orgânico de *Cladonia substellata* Vainio e do ácido úsnico frente *Staphylococcus* spp. E *Microsporum* spp. obtidos de cães e gatos**. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais do emiarido. Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2013.

NASCIMENTO, S. C. et al. **Screening de atividade citotóxica de extratos líquênicos: cladoniaceae**. *Acta Bot. Bras.* [online]. 1994, vol.8, n.1, pp.97-108. ISSN 0102-3306. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33061994000100010>.

NASH, T.H. III. 2008. **Lichen Biology**. Cambridge: Cambridge University Press, 303 p.

NETO. N. B. O.; SILVA, M. S. L. **Neossolos Quartzarênicos**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica – AGEITEC. 2006.

PÁDUA, J. A. A Ocupação do Território Brasileiro e a Conservação dos Recursos Naturais. **Artigo publicado no livro Unidades de Conservação: Atualidades e Tendências**. Organizado por M. Milano, L. Takahashi e M. Nunes, Fundação O Boticário, Curitiba, 2004. Fundação O Boticário, Curitiba, 2004, 5p.

PAULA, H. B. S. **Efeitos das radiações gama e ultravioleta sobre *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. (LÍQUEN) coleta em diferentes ambientes do nordeste do Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, 2011.

Pereira, E. C.. Introdução. In: Pereira, EC; Mota-Filho, FO; Martins, MCB; Buril, MLL; Rodrigues, BRM. (Org.). **A liquenologia brasileira no início do século XXI**. 1ed. Camaragibe: CCS Gráfica e Editora, 2012, v. 1, p. 33-40..

PEREIRA, E. C. G.; NASCIMENTO, S. C. ; LIMA, R. C. ; SILVA, N. H. ; OLIVEIRA, A. F. M. ; BANDEIRA, E. ; BOITARD, M. ; BERIEL, H. ; VICENTE, C. ; LEGAZ, M. E. .

Analysis of *Usnea fasciata* crude extracts with antineoplastic activity.. **The Tokai Journal of Experimental and Clinical Medicine**, v. 19 (1-, p. 47-52, 1995.

PEREIRA, E.C.; Silva, N.H.; Campos-Takaki, G.M.; Xavier Filho, L.; Legaz, M.E. & Vicente, C.. Fractionation of *Cladonia substellata* crude extracts and detection of antimicrobial activity. **Boletim da Sociedade Broteriana**. 1991

PEREIRA, E.C.; Silva, N.H.; Brito, E.S.; Cruz, J. & Silva, M.I. 1996. Atividade antimicrobiana de líquens amazônicos I: *Cladonia corallifera* e *Cladonia substellata*. **Revista da Universidade do Amazonas, Série: Ciências Biológicas**. 1996

PEREIRA, E. C. **Influência da sazonalidade na detecção de atividade antimicrobiana de *Cladonia* e *Cladina* (líquen)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 1989. 196 p.

PEREIRA, I. M. C. **monitoramento da emissão de poluentes por motores movidos a biodiesel através do uso de líquen**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2014.

POMPELLI, M. F.; FANÇA, S. C.; TIGRE, R. C. OLIVEIRA, M. T.; SOCILOT, M. PEREIRA, E. C. G..Spectrophotometric determinations of chloroplastidic pigments in acetone, ethanol and dimethyl sulphoxide. **Revista Brasileira de Biociências**. 2013.

RÊGO, G.M.; HOEFLICH, V. A. **Contribuição da pesquisa florestal para um ecossistema em extinção: Floresta Atlântica do Nordeste do Brasil**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 80p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros). Documentos, 21 1.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil – Aspectos ecológicos**. São Paulo. Hucitec Edusp. vol. 2º. 1997. 747p.

SANTOS, L. C.; ANTONIOLLI, Z. I.; LEAL, L. T.; LUPATINI, M. População de bactérias e fungos no solo contaminado com cobre nas Mnas do Camaquã, RS, Brasil. **Ciência e natureza**, V. 29, N. 2, 2007

SANTOS, L. S. **Estudo das alterações na cobertura vegetal ao longo de perfil topográfico, com ênfase em enclave de cerrado no agreste meridional de Pernambuco, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2014.

SANTOS, R. C. M. **Mata Atlântica: características, biodiversidade e a história de um dos biomas de maior prioridade para conservação e preservação de seus ecossistemas**. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário Metodista. Minas Gerais, 2010.

SECTMA. Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia do Meio Ambiente. **Geomorfologia do Estado da Paraíba**. . 2002

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

SEAWARD, M.R.D. Environmental role of lichens. In **Lichen Biology**, Second Edition (Nash III, T.H, ed.). Cambridge University Press, Cambridge, p. 274-298. 2008.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 29-39, Oct./Dec. 2007.

SILVA, A. A. **Toxicidade de alumínio em trinta genótipos de *Panicum maximum* Jacq. cultivados em solução nutritiva**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1997. 149 p

SILVA, A. K. O. **Biorremediação de solos salinizados procedentes de áreas em processo de desertificação mediante uso do líquen *Cladonia verticillaris* (raddi) fr.** Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Pernambuco. 2014.

SILVA, C. R. **Efeito do ácido úsnico purificado de *Cladonia substellata* (AHTI) sobre o desenvolvimento embrionário em fêmeas Wistar.** Dissertação de Mestrado em BIOQUÍMICA E Fisiologia. Universidade Federal de Pernambuco. 2014.

SILVA, B. C. G. **Efeitos de contaminantes sobre *Cladonia verticillaris*.** Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Pernambuco. 2013.

SILVA, E.F.; CATANHO, M. T. J.; PEREIRA, E. C.; SILVA, N. H. **Efeito analgésico de extratos brutos de *Cladonia dendroides*.** Resumos do Terceiro Encontro do Grupo Latino-Americano de Liqueenólogos (GLAL-3). Campos do Jordão, SP, p. 36, 1997

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

SILVA, H. P. B. **Efeitos da radiação gama e ultravioleta sobre *Cladonia Verticillaris* (Raddi) Fr. (Líquén) coletados em diferentes ambientes no nordeste do Brasil.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2011.

SILVA, H. P. B.; COLAÇO, W.; PEREIRA, E.; SILVA, N. Sensitivity of *Cladonia substellata* Vainio (lichen) to gama irradiation and the consequent effect on limestone rocks. Int. J. Low Radiation. v 7, n 4. P. 324 – 332, 2010.

SILVA, J. B. S.; SILVA, B.F. ; NASCIMENTO, R.C. ; PEREIRA, E. C. G . Biorremediação de luvisolos salinizados do município de Cabrobó - PE, através do líquen *Cladonia substellata* Vainio. **Revista Equador**, v. 4, p. 1295-1701, 2015.

SILVA, J. B. S.; PEREIRA, E. C. G . **Uso de novos desenhos de biorreatores e parâmetros para produção de ácido úsnico pelo líquen *Cladonia substellata* Vainio.** In: XXI Congresso de Iniciação Científica da UFPE - CONIC, 2014, Recife - PE. XXI Congresso de Iniciação Científica da UFPE - CONIC, 2014.

SILVA, M. L. T. ; MARINHO, K. S. N. ; SILVA, K. T. ; ALMEIDA, A. A. ; FERREIRA, D. K. S. ; LIMA JUNIOR, N. B. ; PRAZERES, T. B. ; SANTOS, K. R. P. . **Histologia ovariana de ratas prenhes expostas a microesferas contendo ácido usnico.** In: III Simpósio de Morfologia e Fisiologia Animal (SIMFA). Biotecnologia e os Avanços para a Saúde, 2016, Recife-Pernambuco. III Simpósio de Morfologia e Fisiologia Animal (SIMFA). Biotecnologia e os Avanços para a Saúde, 2016.

SILVA, W. S. A.; FERREIRA, M. F.; SILVA, A. K. O.; **Uso de matéria orgânica na recuperação da fertilidade de Neossolos Flúvicos salinizados no município de Cabrobó – PE.** I Congresso Internacional da Diversidade no Semiárido – CONIDES. Campina Grande – PB. 2016.

SILVA, N. C.; SOARES, D. F.; BARBOSA, E. M. **Conflitos e impactos ambientais na floresta nacional da restinga de cabedelo em João Pessoa-PB**. Encontro Internacional sobre Gestão e Meio Ambiente – ENGEMA. João Pessoa, 2016.

SOCIEDADE INTERNACIONAL DE ARBORICULTURA. **Técnicas adequadas de cobertura morta**. Para mais informações, contratar: ISA P.O. Box 3129, Champaign, IL 61826-3129, 2013.

Disponível em: <<https://www.treesaregood.org/portals/0/docs/treecare/Tecnicas%20Adequadas%20de%20Cobertura%20Morta.pdf>>.

SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serrapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **Rev. Cerne**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 101-113. 2001.

SOUSA, D. M. G. ; LOBATO, E.; **Areia Quartzosa / Neossolo Quartzarênico**. Agência de Informações EMBRAPA. Bioma Cerrado. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_2_10112005101955.html>. Acessado em: 20/01/2017.

STRAHLER, A.H.; Strahler, A.N. **Physical Geography: Science and systems of the Human Environment**. Wiley, New York, 2005.

UDOP - União dos Produtores de Bioenergia. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1136369>>. 2017.

VASCONCELOS, T.L. **Efeito do Suprimento exógeno de ureia na produção de substâncias degradadoras do migmatito pelo líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr.** Monografia de Graduação (Bacharelado em Geografia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife (Brasil). 2007.

VASCONCELOS, T. L.; PEREIRA, E. C.; SILVA, N.H.; VICENTE, C.; LEGAZ, M.E. 2013. A natural mechanism of safety developed to prevent ammonium toxicity in the lichen *Cladonia verticillaris*. In: **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 98:310-316 pp., 2013.

VASCONCELOS, T. L.; SILVA, A. K. O.; PEREIRA, E. C.; SILVA, N. H.; VICENTE, C.; LEGAZ, M. E. The lichen *Cladonia verticillaris* retains and modifies mineral soil particles. **CATENA**. 2015.

VASCONCELOS, T. L.; PEREIRA, E. G. ; SILVA, N. H.; FALCÃO, SILVA, E. P. **Ação do fósforo em *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. e sua influência na composição química do solo de origem**. In: IX Encuentro del Grupo Latinoamericano de Lichenólogos, 2009, Corrientes. IX Encuentro del Grupo Latinoamericano de Lichenólogos. Corrientes: IBONE-CONICET, 2009. p. 67-67.

VICENTE, C; SOLAS, M. T.; PEREYRA, M. T. PEREIRA, E. C.; PEDROSA, M. M. Immobilization of lichen cells and enzymes for bioproduction of lichen metabolites: technical requirements and optimization of product recovering. **Flechten Follmann. Contributions to lichenology in honour of Gerhard Follmann**. The Geobotanical and phytotaxonomical StudyGroup, BotanicalInstitute, University of Cologne, Germany, 1995.

ZILLI, J. E.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; Heitor Luiz da Costa COUTINHO, H. L. C.; NEVES, M. C. P. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391-411, set./dez. 2003