

GUSTAVO SAMPAIO DE LIMA MARTINS

**RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO EM FUNÇÃO DA
REVEGETAÇÃO NATURAL DA ILHA DA TRINDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de
Viçosa - Campus Viçosa**

T

**M386r
2015**

**Martins, Gustavo Sampaio de Lima, 1990-
Recuperação da qualidade do solo em função da revegetação
natural da Ilha da Trindade / Gustavo Sampaio de Lima Martins. -
Viçosa, MG, 2015.**

xv, 68f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Marcos Rogério Tótola.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.51-64.

**1. Microbiologia agrícola. 2. Solos - Manejo. 3. Revegetação.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Microbiologia.
Programa de Pós-graduação em Microbiologia Agrícola. II. Título.**


CDD 22. ed. 631.417

GUSTAVO SAMPAIO DE LIMA MARTINS

**RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO EM FUNÇÃO DA
REVEGETAÇÃO NATURAL DA ILHA DA TRINDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 09 de julho de 2015.


Prof. André Narvaes da Rocha Campos
(Coorientador)


Prof. Maurício Dutra Costa
(Coorientador)


Prof. Júlio César Lima Neves


Prof. Marcos Rogério Tótola
(Orientador)

Aos meus pais, Antônio Carlos e Roseni,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais essa vitória.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Microbiologia, pela oportunidade de realizar o curso, pela minha formação e por todo o suporte.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Programa de Pesquisas Científicas da Ilha da Trindade (PROTRINDADE), representado pelo gerente CF. Sidnei da Costa Abrantes.

À Marinha do Brasil, pelo apoio logístico.

Ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos, pela disponibilização dos dados ambientais.

Ao Prof. Marcos Rogério Tótola, meu orientador, por todo apoio neste projeto, pelos ensinamentos, pelos “puxões de orelha” e pela amizade.

Ao Prof. André Narvaes da Rocha Campos, pelo apoio, pelo incentivo e pela amizade.

Ao Prof. Maurício Dutra Costa, pelos ensinamentos, pelas palavras de conforto nas conversas durante os “cafezinhos”, pela confiança, pelos conselhos e pela amizade.

Ao Prof. Júlio César Lima Neves, pela participação na banca de avaliação, pelas sugestões e contribuições para melhoria do trabalho.

Ao Prof. Moysés Nascimento, pela paciência, pela boa vontade e pelo auxílio nas análises estatísticas.

À Cássia, pelo auxílio, pelas dicas na condução das análises microbiológicas, pela amizade e por estar sempre disposta a ajudar.

Ao Karlos, pelo auxílio na condução das análises e pela amizade.

Ao Joel, pelo auxílio nas coletas de solos.

Aos amigos do LBBMA: Bruna, Edmo, Fernanda, Leonardo, Max e Péricles, pelo convívio agradável, pelo apoio nos momentos difíceis e pelas risadas.

Ao Daniel, pelas ideias inovadoras, pela enorme paciência e pela amizade.

Aos amigos do LEM: Júlio e Paulo, pelos conselhos e pelo apoio.

À Nilcéa, pela preocupação de mãe, pelo auxílio inestimável e pela amizade.

À Letícia e Sandra, pelo auxílio e pela amizade.

Aos demais professores do Departamento de Microbiologia, pela contribuição em minha formação acadêmica.

Aos amigos, Hiunes e Vanessa, pela paciência, pelos estudos em grupo e pelo apoio.

Ao Diogo, meu amigo, pelos “papos furados”, pelos conselhos, pelo apoio e pela confiança.

Aos colegas da República 201, pela força e pela hospitalidade.

À Dona Cida, por manter a casa sempre limpa e organizada, e pela amizade.

Aos meus pais, Antônio Carlos e Roseni, pelo amor, pela educação, pelas orações, pelo auxílio e incentivo em todas as etapas da minha vida.

Ao meu irmão Alexandre, pelo companheirismo e pelo apoio.

À minha namorada e companheira, Andressa, pela ajuda incondicional, pelo amor, pelo apoio nos momentos difíceis e pela paciência ao longo dessa jornada.

Aos demais familiares, pelas orações, pela força e pela torcida.

A todos os meus amigos e colegas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

GUSTAVO SAMPAIO DE LIMA MARTINS, filho de Antônio Carlos Corrêa Martins e Roseni Sampaio de Lima Martins, nasceu em Canaã - MG, no dia 09 de julho de 1990.

Em fevereiro de 2008, ingressou no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, em Rio Pomba - MG e, em fevereiro de 2013, graduou-se em Agroecologia. Nesse mesmo ano, iniciou o Curso de Mestrado em Microbiologia Agrícola, no Departamento de Microbiologia da Universidade Federal de Viçosa - MG.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE QUADROS	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Ilha da Trindade.....	3
2.2. Indicadores microbiológicos e a qualidade dos solos	4
2.3. Biomassa microbiana	5
2.4. Respiração basal do solo	6
2.5. Quociente metabólico	6
2.6. Quociente microbiano.....	7
2.7. Nitrogênio mineralizável	8
2.8. Atividades enzimáticas	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1. Histórico e local de estudo	9
3.2. Dados climáticos	10
3.3. Amostragem de solo.....	11
3.4. Análises físicas	18
3.5. Análises químicas.....	19
3.6. Análises microbiológicas	22
3.6.1. Respiração basal do solo	22
3.6.2. Carbono da biomassa microbiana	22
3.6.3. Nitrogênio da biomassa microbiana	23
3.6.5. Quociente metabólico.....	24

3.6.4. Quociente microbiano.....	24
3.6.6. Nitrogênio mineralizável	24
3.6.7. Atividades enzimáticas	25
3.6.7.1 Fosfomonoesterase ácida	25
3.6.7.2. Fosfomonoesterase alcalina.....	25
3.6.7.3. β -glicosidase	26
3.7. Análises estatísticas	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1. Indicadores físico-químicos	28
4.2. Indicadores microbiológicos	33
4.2.1. Análises multivariadas.....	33
4.2.1. Análises univariadas.....	40
5. CONCLUSÕES.....	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
7. APÊNDICE	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica da Ilha da Trindade. (A) - Ilha da Trindade em relação à costa do Brasil; (B) - Mapa da Ilha da Trindade. Adaptado de Almeida et al., 2011.

Figura 2 - Precipitação diária (barras verticais) e temperatura média diária (linha sólida) durante os trinta dias anteriores à primeira (A: 26/05/2014) e à segunda (B: 21/09/2014) amostragens de solos na Ilha da Trindade. Dados fornecidos pelo Banco Nacional de Dados Oceanográficos, 2014.

Figura 3 - Regiões selecionadas para estudo dos indicadores microbiológicos em resposta à revegetação natural na Ilha da Trindade. Pico das Grazinhas (PG), Morro da Fazendinha (MF), Morro do Paredão (MP) e Morro Vermelho (MV). Figura elaborada por Calliari et al., 2013.

Figura 4 - Análise multivariada de componentes principais (PCA) representando a distribuição das áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas (PG, MF, MP e MV), de acordo com as características microbiológicas dos solos na camada de 0 a 10 cm. Os dados são referentes à amostragem realizada no mês de maio de 2014. Variáveis: carbono da biomassa microbiana (C-mic); nitrogênio da biomassa microbiana (N-mic), nitrogênio mineralizável (N-min); respiração basal do solo (RBS); quociente metabólico (qCO_2); quociente microbiano ($qMIC$), fosfatase ácida (F.áci); fosfatase alcalina (F.alc) e β -glicosidase (B-glic).

Figura 5 - Análise multivariada de componentes principais (PCA) representando a distribuição das áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas (PG, MF, MP e MV), de acordo com as características microbiológicas dos solos na camada de 0 a 10 cm. Os dados são referentes à amostragem realizada no mês de

setembro de 2014. Variáveis: carbono da biomassa microbiana (C-mic); nitrogênio da biomassa microbiana (N-mic), nitrogênio mineralizável (N-min); respiração basal do solo (RBS); quociente metabólico (qCO_2); quociente microbiano ($qMIC$), fosfatase ácida (F.áci); fosfatase alcalina (F.alc) e β -glicosidase (B-glic).

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Caracterização das áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), selecionadas para estudo, nas quatro regiões amostradas da Ilha da Trindade.

Quadro 2 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta de solos em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões amostradas da Ilha da Trindade.

Quadro 3 - Valores de indicadores físicos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas no mês de maio de 2014.

Quadro 4 - Valores de indicadores químicos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas(D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas no mês de maio de 2014.

Quadro 5 - Valores médios de indicadores físicos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade. Dados referentes a amostras coletadas em maio de 2014

Quadro 6 - Valores médios de indicadores químicos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas no mês de setembro de 2014.

Quadro 7 - Dados complementares da análise multivariada de componentes principais dos valores obtidos para os indicadores microbianos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas no mês de maio de 2014.

Quadro 8 - Dados complementares da análise multivariada de componentes principais dos valores obtidos para os indicadores microbiológicos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas

quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas no mês de setembro de 2014.

Quadro 9 - Valores médios de indicadores microbiológicos no solo em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade, em resposta à presença ou ausência de vegetação. Dados referentes à amostragem realizada em maio de 2014, na camada de 0 a 10 cm de profundidade.

Quadro 10 - Valores médios de indicadores microbiológicos de solos em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade, em resposta à presença ou ausência de vegetação. Dados referentes à amostragem realizada em setembro de 2014, na camada de 0 a 10 cm de profundidade.

Quadro 11 - Efeito da sazonalidade sobre os indicadores microbiológicos do solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade.

Quadro 1A - Valores de indicadores microbiológicos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas no mês de maio de 2014.

Quadro 2A - Valores de indicadores microbiológicos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas no mês de setembro de 2014

RESUMO

MARTINS, Gustavo Sampaio de Lima, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Recuperação da qualidade do solo em função da revegetação natural da Ilha da Trindade.** Orientador: Marcos Rogério Tótola. Coorientadores: André Narvaes da Rocha Campos e Maurício Dutra Costa.

A Ilha da Trindade está situada no Oceano Atlântico Sul, a aproximadamente 1.160 km da linha de costa, paralela à cidade de Vitória-ES. A ilha apresenta alguns problemas ambientais, dentre os quais se destaca a intensa erosão ocasionada pela retirada da vegetação há alguns séculos e pelo pastejo excessivo, resultante da introdução de espécies exóticas de animais. Com o objetivo de verificar se a revegetação natural tem influenciado na recuperação da qualidade dos solos em diferentes regiões da Ilha da Trindade, analisaram-se os indicadores microbiológicos carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (C-mic e N-mic), respiração basal (RBS), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMIC$), nitrogênio mineralizável (N-min) e atividades enzimáticas (fosfatase ácida, fosfatase alcalina e β -glicosidase). Duas amostragens foram realizadas, sendo a primeira em maio de 2014 e a segunda em setembro de 2014. Foram coletadas amostras de solos em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), na camada de 0 a 10 cm, nas regiões Pico das Grazinhas (PG), Morro da Fazendinha (MF), Morro do Paredão (MP) e Morro Vermelho (MV). Os solos apresentaram teores elevados de silte. A textura variou de média a argilosa, e altos teores de nutrientes foram observados, com destaque para o P. Os solos das áreas sob vegetação apresentaram teores mais elevados de matéria orgânica, quando comparados aos solos das áreas desnudas da mesma região. Os solos sob vegetação de todas as áreas estudadas apresentaram valores mais elevados dos indicadores microbiológicos C-mic, N-mic, RBS, $qMIC$, N-min e atividades enzimáticas. Com exceção da área MPV, o qCO_2 foi capaz de detectar a recuperação da qualidade do solo nas demais áreas sob vegetação (PGV, MFV e MVV). A atividade das enzimas fosfatase ácida e alcalina foram afetadas pela revegetação natural e pelo pH dos solos. A RBS

e atividade da enzima fosfatase ácida mostraram-se sensíveis ao efeito sazonal. A área MFV apresentou maiores valores de C-mic, N-mic, RBS e atividade das enzimas fosfatase ácida e β -glicosidase, nos dois períodos de amostragem. Conclui-se que a revegetação natural, em curso na Ilha da Trindade, está contribuindo para a recuperação dos indicadores microbiológicos de qualidade de solos e, conseqüentemente, para o restabelecimento das funções ambientais dos solos. O reflorestamento de áreas degradadas com espécies nativas pode ser uma forma eficiente de recuperação da qualidade dos solos da Ilha da Trindade.

ABSTRACT

MARTINS, Gustavo Sampaio de Lima, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2015. **Soil quality function recovery in the natural revegetation of the Trindade Island.** Adviser: Marcos Rogério Tótola. Co-advisers: André Narvaes da Rocha Campos and Maurício Dutra Costa.

The Trindade Island is situated in the South Atlantic Ocean, approximately 1160 km of shoreline, parallel to the city of Vitória-ES. The island has some environmental problems, among which stands out the intense erosion caused by removal of vegetation a few centuries and excessive grazing resulting from the introduction of exotic animal species. In order to verify that the natural revegetation has influenced the recovery of soil quality in different regions of the Trindade Island, analyzed microbiological indicators carbon and nitrogen of microbial biomass (C-mic and N-mic), basal respiration (RBS), metabolic quotient ($q\text{CO}_2$), microbial quotient ($q\text{MIC}$), mineralized nitrogen (N-min) and enzymatic activities (acidic phosphatase, alkaline phosphatase and β -glucosidase). Two samples were taken, the first in May 2014 and the second in September 2014. Soil samples were collected in denuded areas (D) and under vegetation (V) in the layer 0-10 cm, in the regions of Pico Grazinas (PG), Morro Fazendinha (MF), Morro Paredão (MP) and Morro Vermelho (MV). The soils showed high levels of silt. The texture ranged from medium to clay, and high levels of nutrients were observed, especially the P. The soils of the areas under vegetation had higher levels of organic matter compared to the soils of the denuded areas of the same region. The soils under vegetation of all areas studied showed higher values of microbiological indicators C-mic, N mic, RBS, $q\text{MIC}$, N-min and enzymatic activities. Excluding the MPV area, $q\text{CO}_2$ was able to detect the recovery of soil quality in other areas under vegetation (PGV, MFV and MVV). The activity of the enzymes acid and alkaline phosphatase were affected by natural revegetation and the pH of the soil. RBS and activity of the enzyme acid phosphatase were sensitive to the seasonal effect. The MFV area had higher C-mic values, N-mic, RBS and activity of the enzymes acid phosphatase and β -glucosidase in the two sampling periods. It is concluded

that natural revegetation, taking place in the Trindade Island, is contributing to the recovery of microbiological indicators of soil quality and, consequently, for the restoration of environmental functions of soils. The reforestation of degraded areas with native species can be an efficient way to recover the quality of Trindade Island soil.

1. INTRODUÇÃO

O recente interesse em se compreender como as perdas da biota influenciam os processos ecossistêmicos tem chamado a atenção da comunidade científica. Estudos têm sugerido que a biodiversidade é um dos principais pilares dos ecossistemas, executando funções na transformação e decomposição da matéria orgânica, na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia (NAEEM et al., 1994; WARDLE e ZACKRISSON, 2005).

As rápidas mudanças nos ecossistemas, causadas por espécies exóticas invasoras, podem ser evidentes em ilhas oceânicas (WARDLE, 2002; NOVO et al., 2015). Tais ambientes apresentam espécies de baixa redundância funcional (DENSLOW, 2003), teias alimentares simplificadas (PIMM, 1991) e rápido crescimento populacional de espécies exóticas introduzidas (VITOUSEK et al., 1996).

O estudo da diversidade microbiana do solo tem sido considerado importante na sustentabilidade de ecossistemas, e a redução ou eventual extinção de espécies pode comprometer funções do solo e sua resiliência (GILLER et al., 1998). A caracterização da diversidade microbiana em ambientes naturais e impactados pode fornecer informações sobre como as comunidades microbianas funcionam, além da composição e resposta dessas comunidades frente às mudanças ambientais (ØVREÅS, 2000).

O solo, incluindo sua diversidade biológica e funcional, é considerado de grande importância para a sustentação dos ecossistemas terrestres (COPLEY, 2000; MENDES FILHO et al., 2010). Pesquisas sobre microorganismos de solos de ilhas oceânicas são escassas e ainda muito recentes. Dessas, destacam-se os estudos do comportamento funcional da microbiota sob uma possível contaminação de petróleo (PYLRO et al., 2014; MORAIS et al., 2015; RODRIGUES et al., 2015) e o trabalho de Silva et al. (2015), relativo a bactérias produtoras de biosurfactante, todos realizados com solos da Ilha da Trindade. Tal lacuna de conhecimento deve ser preenchida, visando à geração de informações que possam subsidiar medidas intervencionistas de recuperação e preservação desses ambientes.

Propriedades microbiológicas dos solos são usadas para compreensão do ambiente edáfico, uma vez que os micro-organismos constituem a parte viva e mais ativa da matéria orgânica do solo, e são muito importantes nos processos de decomposição de resíduos de plantas e animais, ciclagem dos elementos, fixação biológica do nitrogênio, intemperização de minerais, solubilização de nutrientes, formação da matéria orgânica e estruturação do solo (JENKINSON e POWLSON, 1976).

Respiração basal, quociente metabólico, quociente microbiano, biomassa microbiana, nitrogênio mineralizável e atividade enzimática são importantes indicadores da qualidade de solos (TÓTOLA e CHAER, 2002), pois são os primeiros a sofrerem alterações frente aos processos de degradação (DINESH et al., 2003). Na maioria dos estudos sobre indicadores químicos e microbiológicos, é difícil encontrar homogeneidade no tipo de solo, espécies de plantas e histórico de gestão, especialmente em um ambiente tão peculiar como uma ilha oceânica em processo de recuperação.

Nesse trabalho, o objetivo foi verificar se o reestabelecimento da vegetação natural tem influenciado no processo de recuperação da qualidade do solo em diferentes regiões da Ilha da Trindade, utilizando os indicadores microbiológicos biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico, quociente microbiano, nitrogênio mineralizável e atividades enzimáticas (fosfatase ácida, fosfatase alcalina e β -glicosidase).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Ilha da Trindade

As ilhas oceânicas constituem ambientes únicos, considerados verdadeiros laboratórios naturais. O elevado grau de endemismo é resultante do isolamento geográfico promovido pelo mar, juntamente com as condições particulares de formação geológica e evolução biológica (CLEMENTE et al., 2009). Representando apenas 5% da superfície terrestre do planeta, estima-se que cerca de um terço de todas as espécies de mamíferos, aves e anfíbios ameaçadas de extinção se encontram nesses ambientes (FONSECA et al., 2006).

O Brasil é um país continental, banhado pelo Oceano Atlântico em uma vasta faixa ao leste, correspondendo a 7.408 km (CIMA, 1991). Sua área oceânica adjacente é composta por diversos conjuntos de ilhas e ilhotas, destacando-se cinco arquipélagos principais: Fernando de Noronha; São Pedro e São Paulo; Trindade e Martin Vaz; Abrolhos e Atol das Rocas.

A ilha oceânica da Trindade está situada no Oceano Atlântico Sul, aproximadamente no paralelo da cidade de Vitória, Estado do Espírito Santo, afastada 1.160 km da linha de costa (SECIRM, 2015). A diversidade de solos é profundamente relacionada com as variações do material de origem vulcânica e posição altimétrica. De maneira geral, os solos apresentam alta fertilidade natural e grau de intemperismo pouco acentuado (CASTRO e ANTONELLO, 2006).

Desde as suas primeiras ocupações pelos ingleses, datadas de 1781 (DUARTE, 2012), a ilha tem sofrido intenso processo de degradação. Na Ilha da Trindade, os maiores problemas se devem à intensa erosão que se instalou a partir da retirada da vegetação há alguns séculos (ALVES, 1998). Muitas áreas descobertas apresentam voçorocas, onde o relevo movimentado favorece a erosão e a retirada da vegetação expôs sua cobertura pedológica pouco desenvolvida. Assim, estudos de solos são necessários para permitir um planejamento de ações visando à recuperação

ambiental da ilha, severamente degradada, com imensas áreas completamente erodidas (CLEMENTE et al., 2011).

2.2. Indicadores microbiológicos e a qualidade dos solos

Nas últimas décadas, a preocupação com a avaliação da qualidade do solo tem merecido destacada atenção da comunidade científica. A quantificação de alterações nos seus atributos, decorrentes da intensificação de sistemas de uso e manejo, tem sido amplamente realizada para monitorar a produtividade sustentável e a conservação da qualidade dos solos (TÓTOLA e CHAER, 2002).

A qualidade do solo pode ser definida como “a capacidade deste de funcionar dentro dos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde de plantas e animais, visando não apenas à produção agrícola, mas também à sua participação em funções específicas no ecossistema, das quais depende a sustentabilidade a longo prazo” (DORAN e PARKIN, 1994). A restauração da qualidade do solo após a ocorrência de processos de degradação está diretamente relacionada com o restabelecimento dessas funções (KIMPE e WARKENTIN, 1998).

O funcionamento do ecossistema solo é largamente governado pela dinâmica da microbiota. O componente biológico é responsável pela formação do húmus, pela ciclagem de nutrientes, por melhorar a estrutura física e por muitas outras funções (LYNCH e BRAGG, 1985). A execução de todas essas funções pelas comunidades microbianas do solo pode ser afetada pela redução em sua diversidade ou abundância (GILLER et al., 1998). Por apresentarem natureza dinâmica e executarem diversas atividades, os micro-organismos do solo podem ser bons indicadores de sua qualidade, refletindo distúrbios físicos e/ou químicos causados por seu uso e manejo (KIMPE e WARKENTIN, 1998), ou por processos de degradação (TÓTOLA E CHAER, 2000).

De maneira geral, informações detalhadas sobre propriedades químicas e físicas do solo frequentemente estão disponíveis nos estudos de solos, enquanto os aspectos biológicos tendem a ser negligenciados.

Destaca-se, no entanto, que indicadores biológicos também deveriam ser utilizados para se avaliar a qualidade e a fertilidade do solo (TÓTOLA e CHAER, 2002). Contudo, deve ser enfatizado que nenhum indicador analisado individualmente consegue descrever e quantificar todos os aspectos da qualidade do solo. Assim, mais de um indicador deve ser selecionado e os dados relacionados entre si.

Os critérios para a seleção de indicadores relacionam-se, principalmente, com as suas funções nos processos do ecossistema. Esses indicadores devem integrar as propriedades biológicas dos solos, além de se relacionarem com as suas propriedades físicas e químicas. Para serem úteis no estudo da qualidade dos solos, os indicadores devem ainda apresentar sensibilidade ao uso e manejo do solo (DORAN e PARKIN, 1994). Dentre os indicadores microbiológicos do solo mais utilizados, incluem-se a respiração basal do solo, a biomassa microbiana, o quociente metabólico, o quociente microbiano, o nitrogênio potencialmente mineralizável e atividade de algumas enzimas ligadas aos ciclos biogeoquímicos (KASCHUK et al., 2010).

2.3. Biomassa microbiana

A manutenção da produtividade dos ecossistemas terrestres depende, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica e, por conseguinte, da biomassa microbiana (GAMA-RODRIGUES e GAMA-RODRIGUES, 2008).

A biomassa microbiana é definida como a parte viva da matéria orgânica do solo, excluindo raízes e animais maiores que $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$, que atua na transformação de todos os materiais orgânicos do solo, além de funcionar como reservatório de nutrientes disponíveis às plantas (JENKINSON e LADD, 1981).

A biomassa microbiana é um compartimento da matéria orgânica do solo diretamente influenciado por fatores bióticos e abióticos, de tal forma que sua avaliação sistemática, ou de metabólitos derivados do metabolismo microbiano, permite detectar distúrbios no ambiente muito mais rapidamente do que por meio da avaliação de teores de carbono total do solo (GAMA-

RODRIGUES et al., 2008). Estimativas da biomassa microbiana têm sido utilizadas em estudos do fluxo de carbono e nitrogênio, ciclagem de nutrientes e produtividade das plantas em diferentes ecossistemas terrestres. Essa variável também pode ser associada à fertilidade e ao potencial de produtividade do solo.

A influência das plantas sobre a biomassa microbiana pode ser direta, como no caso do efeito seletivo da rizosfera, ou indireta, por meio das fontes de carbono provenientes dos resíduos culturais (RAHN e LILLYWHITE, 2001).

Solos que mantêm um alto conteúdo de biomassa microbiana são capazes não somente de estocar, mas também de ciclar maior quantidade de nutrientes no sistema (STENBERG, 1999). Isoladamente, porém, a biomassa microbiana pouco reflete as alterações da qualidade do solo, apesar de ser um indicador precoce de intervenções antrópicas (BROOKES, 1995).

2.4. Respiração basal do solo

A análise da respiração basal do solo, seja por meio da quantificação do CO₂ liberado ou do O₂ consumido pela respiração dos micro-organismos, é um dos métodos mais utilizados para se avaliar a atividade metabólica das populações microbianas do solo (ALVAREZ et al., 1995). A respiração microbiana é um indicador sensível da decomposição de resíduos, da mineralização do carbono orgânico do solo e de distúrbios no ecossistema, apresentando amplas variações em decorrência da umidade, temperatura e disponibilidade de substratos (ANDERSON e DOMSCH, 1993).

A interpretação dos dados de respiração deve ser cautelosa, uma vez que o incremento na atividade respiratória pode ser desencadeado tanto pela alta produtividade de um determinado ecossistema, quanto pelo estresse advindo de distúrbios ambientais (SILVA et al., 2007).

2.5. Quociente metabólico

Em decorrência das diferentes interpretações dos dados referentes à respiração basal do solo, uma variável de interpretação do “status” metabólico das populações microbianas do solo, derivada das variáveis respiração basal e carbono da biomassa microbiana, é frequentemente aplicada aos estudos de qualidade de solos: a taxa de respiração por unidade de biomassa microbiana, ou quociente metabólico. O quociente metabólico tem sido utilizado como um indicador de estresse microbiano e interpretado como “eficiência microbiana”, já que se trata de uma medida da energia necessária para manutenção da atividade metabólica em relação à energia utilizada para síntese e manutenção da biomassa (BARDGETT e SAGGAR, 1994).

Uma alta taxa de respiração pode indicar tanto um distúrbio ecológico (incorporação de resíduos orgânicos, por exemplo), como um alto nível de produtividade do ecossistema (ISLAM e WEIL, 2000). Assim, o quociente metabólico é tido como um atributo que permite a avaliação da eficiência na utilização de carbono e energia pela biomassa microbiana (ANDERSON e DOMSCH, 1993). Esses valores auxiliam na definição do grau de distúrbio ou estresse à qual está submetida a microbiota do solo (CHAER e TÓTOLA, 2007).

2.6. Quociente microbiano

O quociente microbiano é um índice utilizado para fornecer indicações sobre a qualidade da matéria orgânica, sendo expresso pela relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total do solo. Sob condições adversas para os micro-organismos (alto ou baixo pH, deficiências nutricionais, presença de metais pesados, etc), a capacidade de utilização do carbono é reduzida, conduzindo ao decréscimo do quociente microbiano (GAMA-RODRIGUES e GAMA-RODRIGUES, 2008). No entanto, após a adição de matéria orgânica de melhor qualidade, ou com o término de uma condição de estresse, ocorre um incremento na biomassa microbiana, assim como no quociente microbiano, ainda que os teores de carbono orgânico total do solo permaneçam praticamente inalterados (POWLSON et al., 1987).

2.7. Nitrogênio mineralizável

A quase totalidade do nitrogênio no solo está na forma de compostos orgânicos que não podem ser utilizados diretamente pelas plantas e também não são suscetíveis à lixiviação (BALDOCK e NELSON, 2000). O conteúdo de N convertido da forma orgânica para a mineral (mineralização) depende do manejo adotado, do clima e de propriedades inerentes ao solo (DRINKWATER et al., 1996). Esse potencial de conversão do N orgânico para o N mineral, ou seja, nitrogênio potencialmente mineralizável, tem sido considerado importante sob o ponto de vista edáfico, sendo, portanto, um indicador relevante de qualidade do solo.

2.8. Atividades enzimáticas

A avaliação da atividade de enzimas do solo pode ser útil para indicar em que medida este está desempenhando seu potencial de ciclagem de nutrientes, oxidação e outros processos vitais (DICK et al., 1996). Há ainda a vantagem dos métodos empregados para se medir a atividade das enzimas do solo serem geralmente simples, rápidos, precisos e reproduzíveis (TABATABAI, 1994). Nesse sentido, estudos têm demonstrado a utilidade das avaliações de atividades enzimáticas dos solos na determinação de sua qualidade (CHAER et al., 2009).

As glicosidases, que podem ser encontradas em plantas, animais e micro-organismos, catalisam reações de hidrólise de maltose e celobiose, cujos produtos são importantes fontes de energia para os micro-organismos do solo (TABATABAI, 1994).

As fosfomonoesterases são fundamentais na mineralização do fósforo e, conseqüentemente, na ciclagem desse nutriente no ambiente. Elas são amplamente distribuídas nos solos e têm sido muito estudadas, pois catalisam a hidrólise de fósforo orgânico a fósforo inorgânico, disponibilizando-o para os vegetais e para as populações microbianas do solo. De acordo com seu pH ótimo de ação, podem ser classificadas como ácidas (pH 6,5) ou alcalinas (pH 11) (TABATABAI, 1994).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Histórico e local de estudo

A ilha oceânica da Trindade, com superfície de 10,2 km², situa-se no Oceano Atlântico Sul, aproximadamente no paralelo de Vitória, capital do Espírito Santo, afastada 1.160 km da linha de costa, entre os paralelos de 20° 29' e 20° 32' S e os meridianos de 29° 17' e 29° 21' W. Caracteriza-se por relevo íngreme associado a uma zona de fratura transversal de montes vulcânicos submarinos. A parte emersa da ilha, em forma de um cimo erodido, está sobre o assoalho oceânico a quase 5.500 m de profundidade (SECIRM, 2015) (Figura 1).

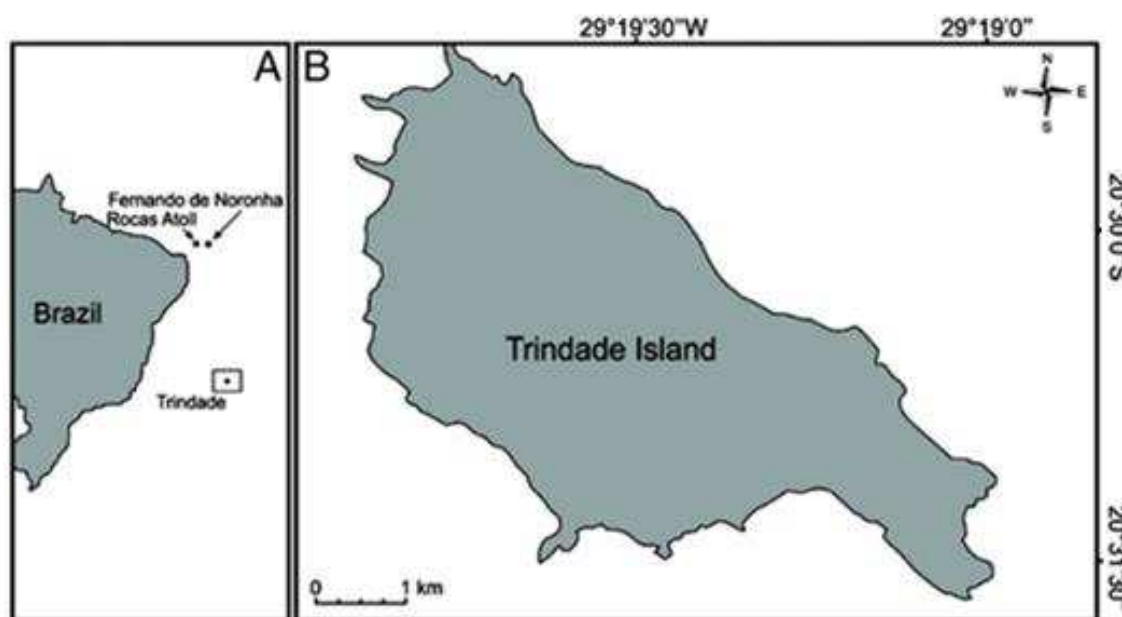


Figura 1 - Localização geográfica da Ilha da Trindade. (A) - Ilha da Trindade em relação à costa do Brasil; (B) - Mapa da Ilha da Trindade. Adaptado de Almeida et al., 2011.

O desaparecimento de grande parte da vegetação original está relacionado ao sobrepastoreio pelas centenas de descendentes selvagens de cabras e porcos, introduzidos por Edmund Halley em 1700, juntamente

com ovelhas introduzidas pelos ocupantes posteriores (CARVALHO-SILVA et al., 2013). Esses rebanhos selvagens promoveram um constante esgotamento da vegetação da ilha. A eliminação de porcos e ovelhas começou em 1965 e permaneceu até 1980. As cabras foram erradicadas apenas em 2005 por meio de esforços conjuntos da Marinha do Brasil e do Museu Nacional do Rio de Janeiro (SILVA e ALVES, 2011).

Atualmente, a Ilha da Trindade possui vegetação composta, na maioria, por gramíneas (cerca de 60% são campos abertos dominados por Poaceae e Cyperaceae) e aproximadamente 5% são cobertas por vegetação florestal, localizada acima de 400 m, composta principalmente pela samambaia gigante endêmica *Cyathea copelandii* e poucos representantes de *Colubrina glandulosa* (FARIA et al., 2012).

3.2. Dados climáticos

O clima é do tipo oceânico tropical, com temperatura média anual de 25 °C, sendo o mês de fevereiro o mais quente (30 °C) e o de agosto o mais frio, com temperatura em torno de 17 °C (SOARES, 1964).

Para avaliação do efeito sazonal sobre os indicadores microbiológicos estudados, dados meteorológicos foram solicitados ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos. A temperatura média diária e a precipitação acumulada, referentes ao período de trinta dias antecedentes à cada amostragem (Figura 2), foram obtidas por meio da estação meteorológica automática instalada na ilha.

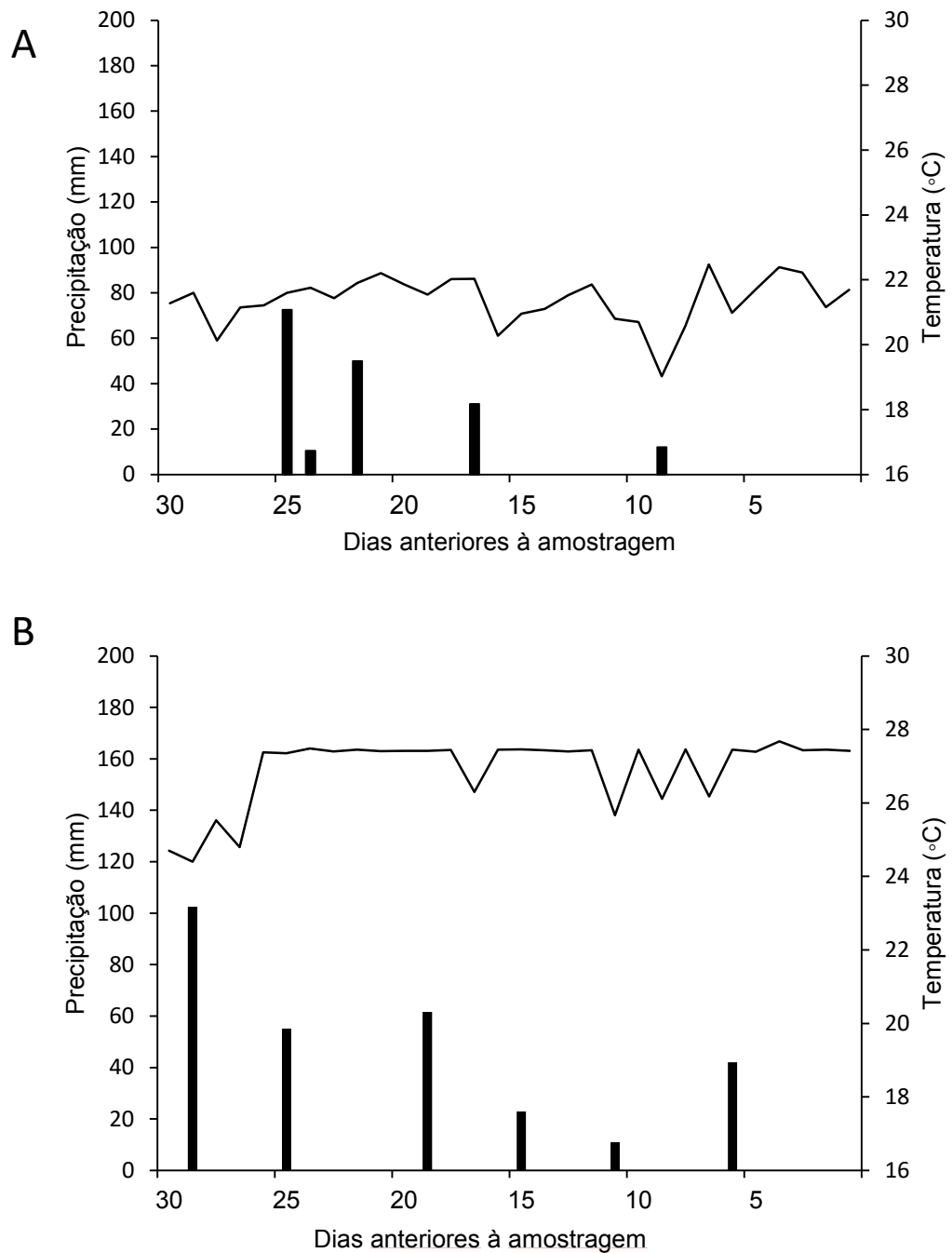


Figura 2 - Precipitação diária (barras verticais) e temperatura média diária (linha sólida) durante os trinta dias anteriores à primeira (A: 26/05/2014) e à segunda (B: 21/09/2014) amostragens de solos na Ilha da Trindade. Dados fornecidos pelo Banco Nacional de Dados Oceanográficos, 2014.

3.3. Amostragem de solo

Foram selecionadas quatro diferentes regiões de estudo: Pico das Grazinhas (PG), Morro da Fazendinha (MF), Morro do Paredão (MP) e Morro Vermelho (MV) (Figura 3).

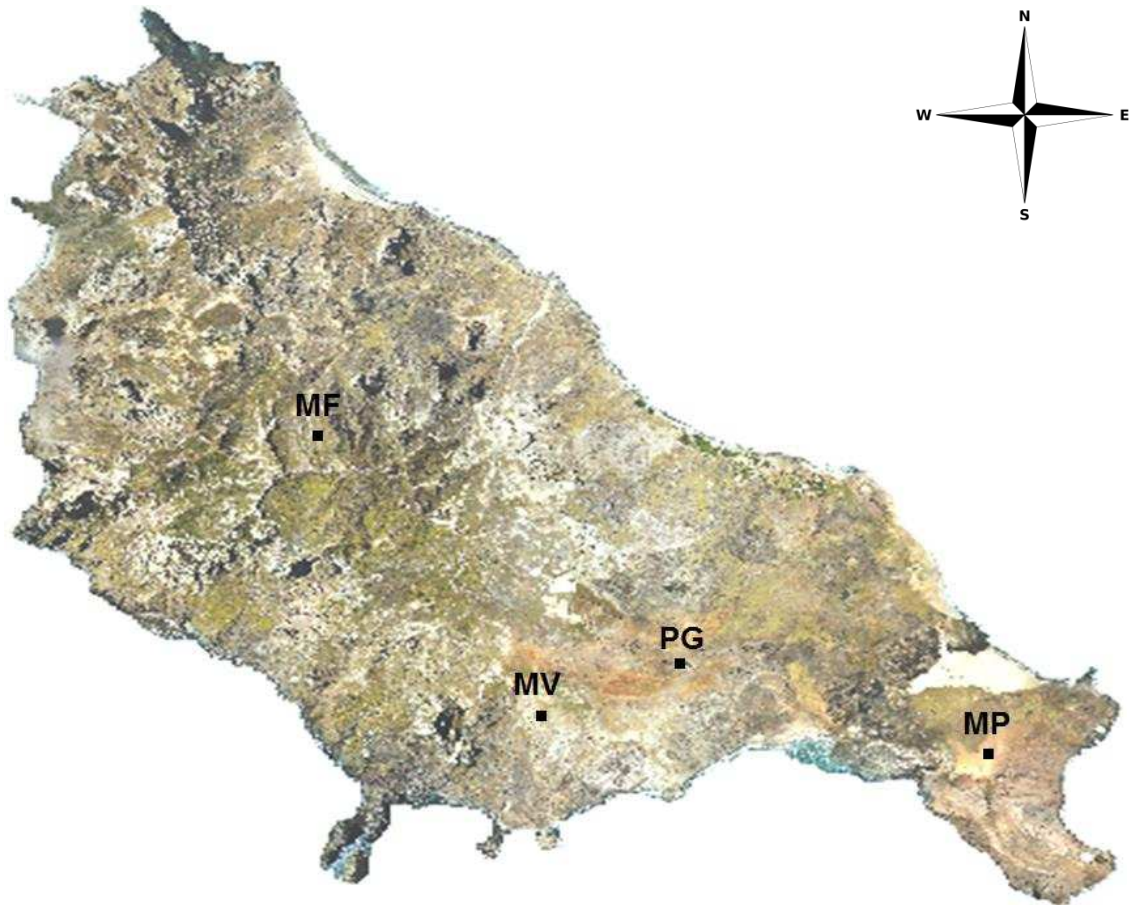





Figura 3 - Regiões selecionadas para estudo dos indicadores microbiológicos em resposta à revegetação natural na Ilha da Trindade. Pico das Grazinhas (PG), Morro da Fazendinha (MF), Morro do Paredão (MP) e Morro Vermelho (MV). Figura elaborada por Calliari et al., 2013.

Foram realizadas coletas de solo, na camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação(V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade (Quadro 1).

Quadro 1 - Caracterização das áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), selecionadas para estudo, nas quatro regiões amostradas da Ilha da Trindade

Região	Caracterização das Áreas	
Pico das Grazinas (PG)	PGD - Erosão laminar extremamente forte, em sulcos frequentes e profundos nas bordas. Ocorrência de voçorocas. Solo classificado como Cambissolo.	
altitude 375 m	PGV - Platô do Pico das Grazinas. Vegetação rasteira de <i>Bulbostylis nesiotis</i> , <i>Cyperus atlanticus</i> e alguns indivíduos de <i>Pityrogramma calomelanos</i> . Solo classificado como Cambissolo.	
Morro da Fazendinha (MF)	MFD - Sequência rochosa entre o Pico do Desejado e o Pico da Trindade. Área com ligeira erosão laminar. Solo classificado como Cambissolo.	
altitude 500 m	MFV - Abaixo do planalto axial do Desejado (face sul), sob Floresta Nebular de <i>Cyathea copelandii</i> e samambaias diversas. Solo classificado como Organossolo.	

Quadro 1 - Continuação

Região	Caracterização das Áreas	
Morro do Paredão (MP)	MPD - Declividade acima de 45°. Erosão laminar extremamente forte, em sulcos muito frequentes e profundos. Solo classificado como Neossolo.	
altitude 112 m	MPV - Declividade próxima à Praia das Tartarugas. Predominância de <i>Cyperus atlanticus</i> , com poucos indivíduos de <i>Pityrograma calomelanos</i> . Muitas aves e ninhais no local. Solo classificado como Neossolo.	
Morro Vermelho (MV)	MVD - Erosão laminar muito forte nas bordas. Solo classificado como Cambissolo.	
altitude 383 m	MVV - Platô do Morro Vermelho. Vegetação rasteira de <i>Bulbostylis nesiotis</i> , <i>Cyperus atlanticus</i> e <i>Pityrograma calomelanos</i> . Solo classificado como Cambissolo.	

Em cada área, foram escolhidos, aleatoriamente, nove pontos de coleta georreferenciados (Garmin eTrex - Mod. Vista H). A partir do solo coletado em três pontos de uma mesma área, foi constituída uma amostra composta, ou seja, em cada área estudada foram obtidas três amostras compostas de solo (Quadro 2). Cada ponto corresponde a vinte prospecções, na profundidade de 0 a 10 cm, realizadas com distância de 20 cm entre as mesmas. Para as prospecções, foi utilizado tubo de aço inoxidável (diâmetro de 20 mm).

Foram realizadas duas amostragens: uma no mês de maio de 2014 e outra no mês de setembro de 2014. A partir dos solos coletados na primeira amostragem, além das análises microbiológicas, foram realizadas análises físicas e químicas. Ambas as amostragens contaram com o apoio logístico da Marinha do Brasil e do Programa de Pesquisa PROTRINDADE.

Quadro 2 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta de solos em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões amostradas da Ilha da Trindade

Região	Área Desnuda (D)				Área sob Vegetação (V)			
	Ponto	Amostra Composta	Latitude (S)	Longitude (W)	Ponto	Amostra Composta	Latitude (S)	Longitude (W)
Pico das Grazinhas (PG)	1	PGD1	20° 31' 00,3"	29° 19' 20,5"	1	PGV1	20° 31' 01,0"	29° 19' 19,2"
	2	PGD1	20° 31' 00,1"	29° 19' 19,5"	2	PGV1	20° 31' 00,5"	29° 19' 19,4"
	3	PGD1	20° 31' 00,2"	29° 19' 20,0"	3	PGV1	20° 31' 00,4"	29° 19' 19,6"
	4	PGD2	20° 30' 59,9"	29° 19' 20,4"	4	PGV2	20° 31' 00,6"	29° 19' 19,8"
	5	PGD2	20° 30' 59,6"	29° 19' 20,5"	5	PGV2	20° 31' 01,0"	29° 19' 19,7"
	6	PGD2	20° 30' 59,1"	29° 19' 20,6"	6	PGV2	20° 31' 00,9"	29° 19' 20,1"
	7	PGD3	20° 30' 59,4"	29° 19' 21,1"	7	PGV3	20° 31' 1,00"	29° 19' 20,5"
	8	PGD3	20° 30' 59,7"	29° 19' 21,5"	8	PGV3	20° 31' 00,8"	29° 19' 20,3"
	9	PGD3	20° 30' 58,7"	29° 19' 21,9"	9	PGV3	20° 31' 00,9"	29° 19' 20,8"
Morro da Fazendinha (MF)	1	MFD1	20° 30' 36,1"	29° 19' 37,1"	1	MFV1	20° 30' 36,3"	29° 19' 38,0"
	2	MFD1	20° 30' 36,3"	29° 19' 36,5"	2	MFV1	20° 30' 36,6"	29° 19' 38,2"
	3	MFD1	20° 30' 36,6"	29° 19' 36,6"	3	MFV1	20° 30' 37,0"	29° 19' 38,6"
	4	MFD2	20° 30' 37,3"	29° 19' 35,2"	4	MFV2	20° 30' 36,4"	29° 19' 39,2"
	5	MFD2	20° 30' 38,8"	29° 19' 32,6"	5	MFV2	20° 30' 36,9"	29° 19' 39,9"
	6	MFD2	20° 30' 39,4"	29° 19' 31,5"	6	MFV2	20° 30' 39,5"	29° 19' 37,2"
	7	MFD3	20° 30' 33,1"	29° 19' 37,0"	7	MFV3	20° 30' 35,7"	29° 19' 38,8"
	8	MFD3	20° 30' 27,9"	29° 19' 34,3"	8	MFV3	20° 30' 36,0"	29° 19' 38,4"
	9	MFD3	20° 30' 32,2"	29° 19' 33,2"	9	MFV3	20° 30' 36,7"	29° 19' 37,6"

Quadro 2 - Continuação

Região	Área Desnuda				Área sob Vegetação			
	Ponto	Amostra Composta	Latitude (S)	Longitude (W)	Ponto	Amostra Composta	Latitude (S)	Longitude (W)
Morro do Paredão (MP)	1	MPD1	20° 30' 27,8"	29° 18' 49,8"	1	MPV1	20° 31' 15,1"	29° 18' 18,7"
	2	MPD1	20° 31' 16,1'	29° 18' 19,8"	2	MPV1	20° 31' 14,9"	29° 18' 18,2"
	3	MPD1	20° 31' 16,0"	29° 18' 20,3"	3	MPV1	20° 31' 14,4"	29° 18' 18,7"
	4	MPD2	20° 31' 16,9"	29° 18' 20,2"	4	MPV2	20° 31' 13,8"	29° 18' 17,5"
	5	MPD2	20° 31' 16,5"	29° 18' 19,5"	5	MPV2	20° 31' 14,1"	29° 18' 18,0"
	6	MPD2	20° 31' 16,4"	29° 18' 18,9"	6	MPV2	20° 31' 14,4"	29° 18' 19,4"
	7	MPD3	20° 31' 17,1"	29° 18' 18,0"	7	MPV3	20° 31' 13,9"	29° 18' 19,1"
	8	MPD3	20° 31' 17,4"	29° 18' 18,3"	8	MPV3	20° 31' 13,9"	29° 18' 19,8"
	9	MPD3	20° 31' 17,9"	29° 18' 18,7"	9	MPV3	20° 31' 13,1"	29° 18' 19,0"
Morro Vermelho (MV)	1	MVD1	20° 30' 58,3"	29° 19' 22,5"	1	MVV1	20° 31' 01,0"	29° 19' 26,6"
	2	MVD1	20° 30' 58,2"	29° 19' 22,7"	2	MVV1	20° 31' 01,2"	29° 19' 26,2"
	3	MVD1	20° 30' 57,8"	29° 19' 22,7"	3	MVV1	20° 31' 01,0"	29° 19' 25,6"
	4	MVD2	20° 30' 58,0"	29° 19' 22,3"	4	MVV2	20° 31' 00,9"	29° 19' 25,3"
	5	MVD2	20° 30' 57,8"	29° 19' 22,3"	5	MVV2	20° 31' 00,7"	29° 19' 26,3"
	6	MVD2	20° 30' 57,5"	29° 19' 22,4"	6	MVV2	20° 31' 00,2"	29° 19' 26,5"
	7	MVD3	20° 30' 57,4"	29] 19' 22,2"	7	MVV3	20° 31' 00,2"	29° 19' 25,8"
	8	MVD3	20° 30' 57,2"	29° 19' 22,5"	8	MVV3	20° 31' 00,5"	29° 18' 19,8"
	9	MVD3	20° 30' 57,6"	29° 19' 23,0"	9	MVV3	20° 31' 00,8"	29° 18' 20,3"

3.4. Análises físicas

As análises físicas foram realizadas em laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (Quadro 3).

Quadro 3 - Valores de indicadores físicos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas no mês de maio de 2014

Região	Área	Variável (dag/kg)				Classe Textural
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
Pico das Grazinhas (PG)	PGD1	18	4	36	42	Argila
	PGD2	16	5	38	41	Argila
	PGD3	14	6	33	47	Argila
	PGV1	10	10	50	30	Franco-Argilosa
	PGV2	12	9	48	31	Franco-Argilosa
	PGV3	9	7	50	34	Franco-Argilosa
Morro da Fazendinha (MF)	MFD1	14	4	32	50	Argila
	MFD2	18	4	32	46	Argila
	MFD3	14	4	31	51	Argila
	MFV1	12	4	33	51	Argila
	MFV2	16	5	31	48	Argila
	MFV3	13	4	30	53	Argila
Morro do Paredão (MP)	MPD1	54	13	21	12	Franco-Arenosa
	MPD2	57	13	16	14	Franco-Arenosa
	MPD3	62	11	17	10	Franco-Arenosa
	MPV1	43	13	24	20	Franco-Arenosa
	MPV2	41	15	25	19	Franco-Arenosa
	MPV3	43	16	23	18	Franco-Arenosa
Morro Vermelho (MV)	MVD1	3	4	29	64	Muito Argilosa
	MVD2	1	3	26	70	Muito Argilosa
	MVD3	3	3	24	70	Muito Argilosa
	MVV1	4	13	59	24	Franco-Siltosa
	MVV2	6	11	64	19	Franco-Siltosa
	MVV3	6	23	57	14	Franco-Siltosa

A granulometria dos solos foi obtida por dispersão com NaOH 0,1 mol L⁻¹ e agitação em alta rotação, durante 15 minutos. As frações areia grossa e fina foram separadas por tamisação; a argila foi determinada pelo método da pipeta e a fração silte calculada por diferença (EMBRAPA, 1997).

3.5. Análises químicas

As análises químicas foram realizadas em laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (Quadro 4).

O pH foi determinado potenciométricamente na suspensão solo-água 1:2,5. Cálcio e magnésio trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹, pH 7,0, e dosados por espectrometria de absorção atômica (DEFELIPO e RIBEIRO, 1997). O potássio foi extraído em solução de HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹ (Mehlich-1), sendo dosado por espectrometria de emissão de chama (DEFELIPO e RIBEIRO, 1997). O alumínio trocável foi extraído com KCl 1 mol L⁻¹ e determinado por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹. A acidez extraível (H⁺ + Al³⁺) foi extraída com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, tamponada em pH 7,0 e determinada por titulação com NaOH 0,06 mol L⁻¹. O fósforo assimilável foi extraído com Mehlich-1 e determinado por fotolorimetria.

O carbono orgânico (CO) foi determinado pelo método de Walkley-Black, e a matéria orgânica (MO) do solo estimada pela equação: MO = CO × 1,724. O nitrogênio foi extraído pelo método de Kjeldahl, por meio de destilação a vapor e determinado por acidimetria. O fósforo remanescente (P-rem) foi determinado pelo fósforo em solução, após agitação por uma hora, de 60 mg L⁻¹ de P em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, na relação solo:solução 1:10 (ALVAREZ et al., 1999).

Quadro 4 - Valores de indicadores químicos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas no mês de maio de 2014

Variável	Regiões Amostradas											
	Pico das Grazinhas						Morro da Fazendinha					
	Área Degradada			Área sob Vegetação			Área Degradada			Área sob Vegetação		
	PGD1	PGD2	PGD3	PGV1	PGV2	PGV3	MFD1	MFD2	MFD3	MFV1	MFV2	MFV3
pH	7,66	7,52	6,93	6,33	6,11	6,68	4,95	4,85	4,92	4,71	4,71	4,91
MO	0,26	0,26	0,26	1,68	1,94	1,94	4,52	1,55	3,23	19,7	18,73	21,31
P	133,6	35,6	61,6	16,1	21,1	18,3	194,2	181,1	206,2	330,8	532,8	536,7
K	29	44	32	159	199	195	101	82	84	59	70	95
Ca ²⁺	5,12	3,9	2,19	3,98	3,48	4,54	0,68	0,34	0,53	0,91	0,56	0,34
Mg ²⁺	4,9	5,28	5,11	2,39	2,47	2,63	1,07	0,43	0,79	0,7	0,51	0,35
Al ³⁺	0	0	0	0	0	0	3,3	3,2	2,9	2,7	3	2,7
SB	10,09	9,29	7,38	6,78	6,46	7,67	2,01	0,98	1,54	1,76	1,25	0,93
H+Al	2,6	2,1	2,8	5,3	6,1	4,8	10,9	15,5	13,9	24,1	24,6	22,1
T	10,09	9,29	7,38	6,78	6,46	7,67	5,31	4,18	4,44	4,46	4,25	3,63
M	0	0	0	0	0	0	62,1	76,6	65,3	60,5	70,6	74,4
P-rem	8,6	6	7,5	4	3,5	8,2	12,5	14,1	13,8	30,7	24,4	26,7
N-tot	0,168	0,192	0,213	0,175	0,147	0,217	0,192	0,178	0,21	0,245	0,252	0,227
C:N	0,90	0,79	0,71	5,57	7,66	5,19	13,66	5,05	8,92	46,64	43,11	54,45

pH, H₂O (1:2,5); matéria orgânica (MO), dag/kg; P e K, mg/dm⁻³; Ca, Mg, Al, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t) e acidez extraível (H+Al), cmol_c/dm⁻³; saturação de alumínio (m), porcentagem; nitrogênio total (N-tot), dag/kg; fósforo remanescente (P-rem), mg/L e relação carbono:nitrogênio (C:N), g/g.

Quadro 4 - Continuação

Variável	Regiões Amostradas											
	Morro do Paredão						Morro Vermelho					
	Área Degradada			Área sob Vegetação			Área Degradada			Área sob Vegetação		
	MPD1	MPD2	MPD3	MPV1	MPV2	MPV3	MVD1	MVD2	MVD3	MVV1	MVV2	MVV3
pH	7,73	7,69	7,45	6,54	6,8	6,76	6,18	5,95	7,05	5,93	6,63	6,98
MO	0	0,13	0	3,36	2,2	2,71	0,65	0,26	0,39	3,75	4,91	3,49
P	84,9	77,6	208,5	102,1	100,4	73	14,2	63,3	78,3	9,6	6	14,3
K	335	346	310	531	546	511	84	275	142	144	200	164
Ca ²⁺	6,12	3,53	4,52	3,7	3,6	3,87	1,27	0,33	2,02	2,16	2,83	2,95
Mg ²⁺	2,81	2,7	1,93	3,03	2,99	3,54	1,85	2,64	2,37	1,97	2,21	2,98
Al ³⁺	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SB	9,79	7,12	7,24	8,09	7,99	8,72	3,34	3,68	4,75	4,5	5,55	6,35
H+Al	2,1	1,3	1	4,1	3,6	2,8	5,9	8,6	8,6	6,1	5,3	5,6
T	9,79	7,12	7,24	8,09	7,99	8,72	3,34	3,68	4,75	4,5	5,55	6,35
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P-rem	24,1	26,3	32,6	30,5	25	25,8	1,4	3,1	2,8	1,9	4,9	6,5
N-tot	0,178	0,147	0,145	0,175	0,141	0,21	0,215	0,213	0,25	0,252	0,157	0,182
C:N	0,00	0,51	0,00	11,14	9,05	7,49	1,75	0,71	0,90	8,63	18,14	11,12

pH, H₂O (1:2,5); matéria orgânica (MO), dag/kg; P e K, mg/dm⁻³; Ca, Mg, Al, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t) e acidez extraível (H+Al), cmol_c/dm⁻³; saturação de alumínio (m), porcentagem; nitrogênio total (N-tot), dag/kg; fósforo remanescente (P-rem), mg/L e relação carbono:nitrogênio (C:N), g/g.

3.6. Análises microbiológicas

As análises dos indicadores microbiológicos foram conduzidas no Laboratório de Biotecnologia e Biodiversidade para o Meio Ambiente (LBBMA) e no Laboratório de Ecologia Microbiana (LEM), no Departamento de Microbiologia da Universidade Federal de Viçosa.

3.6.1. Respiração basal do solo

A respiração basal do solo (RBS) foi determinada a partir dos valores de respiração, no período de dez dias, obtidos após incubação das amostras em frascos acoplados a respirômetro (Sable Systems - Mod. TR-RM8 Respirometer Multiplexer) equipado com detector de CO₂ a infravermelho (HEINEMEYER et al., 1989; ALEF, 1995). As amostras foram mantidas a 25 °C por imersão dos frascos em banho-maria ultratermostatizado (Marconi – Mod. MA-184).

3.6.2. Carbono da biomassa microbiana

O carbono da biomassa microbiana (C-mic) foi obtido pelo método da fumigação e extração (VANCE et al., 1987) e quantificado pela reação com permanganato de potássio (BARTLETT e ROSS, 1994).

Foram pesadas duas frações de 10 g de solo úmido de cada amostra de solo em dois tubos de centrífuga de 50 mL, uma para ser submetida à fumigação e a outra para representar o controle (solo não-fumigado). A fumigação das amostras nos tubos foi realizada em atmosfera de clorofórmio, em dessecador acoplado a bomba de vácuo. Foram utilizados 25 mL de clorofórmio e o vácuo foi aplicado por três minutos após o início do borbulhamento do clorofórmio, antes do desligamento da bomba e fechamento hermético do dessecador. Após vinte e quatro horas de incubação, o frasco contendo clorofórmio foi retirado e o clorofórmio residual das amostras foi removido por aplicações sucessivas de vácuo ao sistema, por um mínimo de oito vezes, antes da adição de 25 mL de K₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹ às amostras fumigadas e não-fumigadas. Os tubos foram agitados a 250

rpm em agitador orbital (Thermo - Mod. 402) por uma hora e centrifugados a 3000 g por cinco minutos em centrífuga (Jouan - Mod. B4I). Os sobrenadantes foram filtrados em papel de filtro quantitativo para a obtenção dos extratos, que foram utilizados nas determinações de carbono e nitrogênio da biomassa. Os extratos foram conservados a -20 °C até o momento da realização das análises (BARTLETT e ROSS, 1994). A determinação do carbono da biomassa foi realizada em alíquotas de 2 mL de extrato, após a adição de 1,1 mL de água destilada, 1,4 mL da solução de trabalho ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 0,1 mol L⁻¹, H_2SO_4 0,5 mol L⁻¹, KMnO_4 0,10 mol L⁻¹, MnSO_4 0,10 mol L⁻¹) e 1,5 mL de H_2SO_4 concentrado em tubo de vidro (2 mm) de tampa rosqueável. Os tubos foram agitados em agitador de tubo (Biomixer - Mod. VTX2500) e colocados em repouso por duas horas antes da leitura da absorbância a 495 nm, em espectrofotômetro (Femto - Mod. 600S). A concentração de carbono foi calculada a partir de gráfico da curva de calibração resultante dos dados dos padrões de 0, 6, 12, 18 e 24 mg mL⁻¹ de carbono (ácido oxálico) (BARTLETT et al., 1994).

3.6.3. Nitrogênio da biomassa microbiana

O nitrogênio da biomassa microbiana (N-mic) foi determinado pelo método da ninhidrina reativa (JOERGENSEN e BROOKES, 1990).

O mesmo extrato obtido para a determinação do carbono da biomassa foi utilizado na determinação do nitrogênio da biomassa microbiana. Após seu descongelamento, foram adicionados a tubo de vidro (2 mm) com tampa rosqueável 0,3 mL do extrato, 0,7 mL do tampão de ácido cítrico e, vagarosamente, 0,5 mL do reagente de ninhidrina. O tubo foi vedado e aquecido em banho-maria a 100 °C por 25 minutos, resfriado em temperatura ambiente, adicionando-se em seguida 2 mL de etanol:água (1:1). O conteúdo foi homogeneizado antes de se proceder à leitura em espectrofotômetro (Femto - Mod. 600S) a 570 nm. A concentração de nitrogênio foi calculada a partir de gráfico da curva de calibração resultante dos dados dos padrões de 0, 50, 100, 250, 500, 750 e 1000 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de N.

3.6.5. Quociente metabólico

O quociente metabólico (qCO_2) é representado e calculado pela razão entre o C-CO₂ produzido pela respiração basal e o carbono da biomassa microbiana por unidade de tempo, sendo expresso em $\mu\text{g CO}_2 \cdot \mu\text{g C-mic}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (ANDERSON e DOMSCH, 1993).

3.6.4. Quociente microbiano

O quociente microbiano ($qMIC$) foi determinado a partir dos valores do C-mic e da conversão dos valores de matéria orgânica do solo (MO) para carbono orgânico do solo (CO), pela relação $CO = MO/1,724$ (SILVA, 1999), empregando-se a fórmula: $qMic (\%) = (C\text{-mic}/CO) \times 100$.

3.6.6. Nitrogênio mineralizável

A determinação do nitrogênio mineralizável (N-mic) foi feita por método colorimétrico (BUNDY e MEISINGER, 1994; FORSTER, 1995).

O controle, referente ao tempo zero de incubação, foi obtido misturando-se 2,5 g da amostra de solo e 12,5 mL de KCl 2 mol L⁻¹, seguindo-se agitação da suspensão em agitador orbital (Thermo - Mod. 402) por uma hora a 250 rpm, em temperatura ambiente. Após esse período, a suspensão foi passada através de papel de filtro quantitativo e uma alíquota do filtrado foi utilizada para determinação da concentração do NH₄⁺ por colorimetria. Uma segunda fração de 2,5 g da mesma amostra de solo foi misturada a 6,25 mL de H₂O em tubos de vidro de 2 mm. Os tubos foram hermeticamente vedados com tampa de rosca e incubados a 40 °C durante sete dias. Após esse período, foram adicionados 6,25 mL de KCl 4 mol L⁻¹, seguindo-se agitação da suspensão em agitador orbital (Thermo - Mod. 402) a 250 rpm por uma hora, em temperatura ambiente. Os demais procedimentos foram realizados conforme descrito para a amostra correspondente ao tempo zero de incubação. A leitura das absorbâncias a 660 nm dos produtos da reação amostras foi realizada em espectrofotômetro (Femto - Mod. 600S). O N-min foi obtido pela diferença entre a concentração

de NH_4^+ no tempo zero e a concentração de NH_4^+ no tempo correspondente a sete dias de incubação. A concentração de NH_4^+ -N foi calculada a partir de gráfico da curva de calibração resultante dos dados dos padrões de 0,5; 10; 15; 20 e 25 mg L^{-1} de NH_4^+ - N.

3.6.7. Atividades enzimáticas

3.6.7.1 Fosfomonoesterase ácida

A atividade da fosfomonoesterase (fosfatase) ácida foi determinada por colorimetria, utilizando-se o p-nitrofenil fosfato como substrato da reação enzimática (TABATABAI, 1994).

A determinação foi realizada em tubos de ensaio (1,5 mm) contendo 1 g de solo (peso úmido), ao qual se adicionaram 0,2 mL de tolueno, 4 mL de MUB, 1 mL de solução de p-nitrofenil fosfato $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ em tampão MUB. Os tubos foram agitados vigorosamente em agitador de tubos (Biomixer - Mod. VTX 2500) por trinta segundos, vedados com Parafilm M[®] e incubados em banho-maria (Marconi - Mod. MA159/BB) a 37 °C por uma hora. A reação foi interrompida adicionando-se 1 mL de CaCl_2 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e 4 mL de NaOH. Os tubos foram novamente agitados por trinta segundos antes da suspensão de solo ser filtrada através de papel de filtro quantitativo. A intensidade da cor amarela do filtrado foi determinada por colorimetria em espectrofotômetro (Femto - Mod. 600S), no comprimento de onda de 420 nm. A concentração de p-nitrofenol foi calculada a partir de gráfico da curva de calibração resultante dos dados dos padrões de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de p-nitrofenol.

3.6.7.2. Fosfomonoesterase alcalina

O procedimento para a determinação da fosfomonoesterase (fosfatase) alcalina (TABATABAI, 1994) é similar ao da fosfatase ácida, excetuando-se o valor do pH do MUB utilizado (pH 11).

3.6.7.3. β -glicosidase

A atividade da β -glicosidase foi determinada pela concentração do p-nitrofenol resultante da atividade da enzima após a incubação das amostras de solo em solução tampão MUB (tris hidroximetil aminometano $12,1 \text{ g L}^{-1}$; ácido maleico $11,6 \text{ g L}^{-1}$; ácido cítrico 14 g L^{-1} ; ácido bórico $6,3 \text{ g L}^{-1}$; NaOH $0,488 \text{ mol L}^{-1}$; pH 6,5) (pH 6,0) contendo p-nitrofenil- β -D-glicosídeo como substrato (EIVAZI e TABATABAI, 1988). A reação foi realizada em tubos de ensaio adicionando-se 1 g de solo (peso úmido), 0,25 mL de tolueno, 4 mL do tampão e 1 mL de solução de p-nitrofenil- β -D-glicosídeo $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ em MUB (pH 6,0). Os tubos foram agitados vigorosamente por trinta segundos em agitador de tubos (Biomixer - Mod. VTX 2500), vedados com Parafilm M[®] e incubados em banho-maria (Marconi - Mod. MA159/BB) a $37 \text{ }^\circ\text{C}$ por uma hora. Após a incubação, a reação foi interrompida adicionando-se 1 mL de CaCl_2 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e 4 mL de THAM (Tris-hidroximetilaminometano) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, pH 12. Os tubos foram novamente agitados por trinta segundos e a suspensão filtrada em papel de filtro quantitativo. A intensidade da cor amarela do filtrado foi determinada em espectrofotômetro (Femto - Mod. 600S) ajustado para o comprimento de onda de 400 nm. A concentração de p-nitrofenol foi calculada a partir de gráfico da curva de calibração resultante dos dados dos padrões de 0, 10, 20, 30, 40 e $50 \text{ } \mu\text{g mL}^{-1}$ de p-nitrofenol.

3.7. Análises estatísticas

Visando analisar a correlação entre o restabelecimento da vegetação natural e a recuperação da qualidade do solo, os valores obtidos para os indicadores microbiológicos, em cada período de amostragem, foram submetidos a análises multivariadas de componentes principais (ACP). As análises foram realizadas utilizando-se o *software* PAST (HAMMER et al., 2001).

Para avaliação do efeito do restabelecimento da vegetação natural sobre a microbiota do solo, em cada região, e a determinação do efeito sazonal, os valores dos indicadores microbiológicos foram submetidos à

análise de variância (Two-way ANOVA), aplicando-se fatorial (período x área amostrada), sendo as médias, comparadas pelo teste F ($P < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* R (CORE TEAM, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Indicadores físico-químicos

Os resultados obtidos nas análises físicas (textura) e químicas são relativos às amostras de solos coletadas somente no mês de maio de 2014, visto que essas variáveis são relativamente estáveis e o intervalo de tempo entre uma amostragem e outra foi de apenas três meses (Quadro 5 e 6).

Quadro 5 - Valores médios de indicadores físicos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade*

Região	Área	Variável (dag/kg)				Classe Textural
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
Pico das Grazinhas (PG)	PGD	16	5	36	43	Argila
	PGV	10	7	50	33	Franco-Argilosa
Morro da Fazendinha (MF)	MFD	15	4	32	49	Argila
	MFV	14	4	31	51	Argila
Morro do Paredão (MP)	MPD	58	12	18	12	Franco-Arenosa
	MPV	42	15	24	19	Franco-Arenosa
Morro Vermelho (MV)	MVD	2	3	26	68	Muito Argilosa
	MVV	5	16	60	19	Franco-Siltosa

* Dados referentes a amostras coletadas em maio de 2014

As texturas médias a argilosas foram predominantes nos solos da Ilha da Trindade, com destaque para a fração silte, que apresentou valores elevados para todos os solos. A textura média predomina na parte mais baixa (MP); já a textura argilosa, nas partes mais elevadas (PG, MF e MV).

Todos os solos apresentam valores expressivos de silte, acompanhados de alta relação silte/argila, corroborando o estágio incipiente de desenvolvimento dos solos da ilha. Esses resultados indicam que os solos em estudo se encontram em estágio intermediário de desenvolvimento pedogenético. Solos mais siltosos são mais jovens e apresentam maior erodibilidade (RESENDE, 1985), fato evidente na Ilha da Trindade.

Os solos da Ilha da Trindade apresentam, de maneira geral, altos teores de nutrientes em relação aos valores de referência (ALVAREZ et al., 1999), com destaque para o fósforo, cujos teores são médios a altos para os solos mais arenosos, e muito altos para os solos de textura média a argilosa.

Os teores elevados de P, mesmo onde o teor de matéria orgânica é baixo, indica uma origem predominantemente inorgânica desse nutriente nos solos da ilha. Os teores mais elevados nos substratos minerais dos solos das áreas PGD e MVD podem ser explicados pelo material de origem composto de rochas ultrabásicas/alcalinas, ricas em apatita (BARBOSA et al., 1970). No entanto, nas áreas desnudas MFD e MPD, a presença de aves, pretérita ou atual, explica os valores elevados de P disponível nesses solos. A presença de aves marinhas migratórias no sistema imprime alterações químicas, mineralógicas e aumentam substancialmente os teores de Ca^{2+} e P nos solos (SCHAEFER et al., 2010).

As regiões Pico das Grazinhas, Morro do Paredão e Morro Vermelho estão localizadas na porção mais oriental da ilha. Essas formações possuem vulcanismo básico, com rochas subsaturadas em sílica e ricas em biotita, responsáveis pela riqueza em Mg^{2+} , Ca^{2+} e K^+ desses solos (ALMEIDA, 1961). Além disso, essas regiões estão mais próximas do mar, onde são esperados aportes de *sprays* marinhos e carbonatos bioclásticos. A arrebentação das ondas liberta para a atmosfera pequenas gotículas de água, ocorrendo precipitação dos sais nelas contidos durante a sua evaporação (DREVER, 1988), representando uma adição considerável de sais aos substratos minerais. A vegetação, assim como os solos das áreas próximas ao mar, também recebem quantidades apreciáveis de sais marinhos, tais como cloretos e sulfetos provenientes do *spray* salino. Os solos apresentam pH predominantemente neutro e alcalino nas regiões Pico

Quadro 6 - Valores médios de indicadores químicos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas no mês de setembro de 2014

Variável	Regiões Amostradas							
	Pico das Grazinhas		Morro da Fazendinha		Morro do Paredão		Morro Vermelho	
	PGD	PGV	MFD	MFV	MPD	MPV	MVD	MVV
pH	7,37	6,37	4,91	4,78	7,62	6,70	6,39	6,51
MO	0,26	1,85	3,10	19,91	0,04	2,76	0,43	4,05
P	76,9	18,5	193,8	466,8	123,7	91,8	51,9	10,0
K	35,0	184,3	89,0	74,7	330,3	529,3	167,0	169,3
Ca ²⁺	3,74	4,00	0,52	0,60	4,72	3,72	1,21	2,65
Mg ²⁺	5,10	2,50	0,76	0,52	2,48	3,19	2,29	2,39
Al ³⁺	0,0	0,0	3,1	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0
SB	8,92	6,97	1,51	1,31	8,05	8,27	3,92	5,47
H+Al	2,50	5,40	13,43	23,60	1,47	3,50	7,70	5,67
T	8,92	6,97	4,64	4,11	8,05	8,27	3,92	5,47
M	0	0	68	68,5	0	0	0	0
P-rem	7,37	5,23	13,47	27,27	27,67	27,10	2,43	4,43
N-tot	0,19	0,18	0,19	0,24	0,16	0,18	0,23	0,20
C:N	0,80	6,14	9,21	48,07	0,17	9,22	1,12	12,63

pH, H₂O (1:2,5); matéria orgânica (MO), dag/kg; P e K, mg/dm⁻³; Ca, Mg, Al, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t) e acidez extraível (H+Al), cmol_c/dm⁻³; saturação de alumínio (m), porcentagem; nitrogênio total (N-tot), dag/kg; fósforo remanescente (P-rem), mg/L; relação carbono:nitrogênio (C:N), g/g.

das Grazinas, Morro do Paredão e Morro Vermelho. Já os solos mais ácidos estão localizados na região Morro da Fazendinha, com altitudes mais elevadas. Nessa região, onde o pH é ácido e há menor possibilidade de aportes marinhos, os solos apresentaram teores de Ca^{2+} total bem menores do que os encontrados nos solos das demais regiões estudadas. De certa forma, os teores de Ca^{2+} apresentaram comportamento inverso ao do Al^{3+} , evidenciando a influência do pH na distribuição dos dois elementos igualmente litófilos.

Os teores de Al^{3+} trocável na região Morro da Fazendinha estão relacionados às maiores altitudes, ao ambiente de clima mais úmido, onde o acúmulo de matéria orgânica em condições mais ácidas favorece sua solubilidade. Nessas áreas, o ambiente permite maior lixiviação e remoção de bases, aliada ao contínuo processo de acidificação do solo, o que parece favorecer o estabelecimento e crescimento da população das samambaias gigantes endêmicas (*Cyathea copelandii*), vegetação característica dessa região da ilha. Em regiões tropicais, 12 espécies de samambaias encontradas na Venezuela, entre elas a espécie *Cyathea gibbosa*, comportaram-se como acumuladoras de alumínio, crescendo naturalmente em solos ácidos (OLIVARES et al., 2009).

Dentre as quatro regiões amostradas, o teor de matéria orgânica do solo é maior na região Morro da Fazendinha, onde o solo é argiloso, a altitude é elevada e se concentram os ambientes mais preservados e úmidos da ilha. Tais características, somadas à presença constante de aves, contribuem para o maior teor de matéria orgânica na área MFD, comparativamente às demais áreas desnudas amostradas (PGD, MPD e MVD). A área MFV apresentou os maiores valores de matéria orgânica e encontra-se sob Floresta Nebular de *C. copelandii*, voltada para o sul. Samambaias arborescentes crescem satisfatoriamente em solos com elevados teores de matéria orgânica, o que favorece a retenção de água e o aumento da acidez (LARGE e BRAGINS, 2004). A riqueza de material orgânico no solo da área MFV se deve, principalmente, ao elevado aporte de matéria orgânica fibrosa com características recalcitrantes e à pobreza em organismos decompositores. Há pouca atividade de meso e macrofauna de solo nos solos da ilha, o que já havia sido retratado por Barth (1958) e

Clemente et al. (2009). Além disso, o elevado teor de Al^{3+} inibe a atividade de decomposição do material orgânico, contribuindo de forma significativa para o acúmulo de matéria orgânica no solo dessa área (BUURMAN e BREEMEN, 2002).

Nas demais áreas onde os solos se encontram sob vegetação (PGV, MPV e MVV), os menores teores de matéria orgânica, comparativamente à área MFV, possivelmente está relacionada à vegetação menos abundante, na qual predominam as Cyperaceae. Estudos demonstram que *Cyperus atlanticus*, espécie nativa e endêmica, está adaptada ao substrato dos tufos vulcânicos da ilha, que possuem solo raso com pouca matéria orgânica. Essa espécie pioneira inicia o processo de recuperação da vegetação, aporte de MO e proteção física do solo, proporcionando ainda a formação de um microclima favorável à implantação de outras espécies (MARTINS e ALVES, 2007). Entretanto, analisando-se as taxas de respiração basal do solo (Quadros 7 e 8), observa-se que as maiores taxas de decomposição de matéria orgânica ocorrem no solo MFV, o qual apresentou os teores mais elevados de matéria orgânica. Desse modo, os menores teores de matéria orgânica nas áreas PGV, MPV e MVV, comparativamente à área MFV, devem-se ao menor aporte de matéria orgânica pela vegetação ainda em fase de restabelecimento, e não a uma atividade de decomposição mais intensa.

A área MPV, mesmo estando em baixa altitude, apresenta acúmulo considerável de material orgânico, o que parece estar relacionado à intensa presença de aves no local. O aporte de materiais orgânicos, como guano fresco, cascas de ovos e restos de animais pela avifauna resultam em solos com alta disponibilidade de fósforo e teores variáveis de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} (SIMAS et al., 2004; MICHEL, et al., 2006; SCHAEFER et al., 2010). As demais áreas (PGD, MPD e MVD), com menores teores de MO, são as que apresentam sinais mais fortes de erosão, com perda de solo, de cobertura vegetal e presença de ravinas e/ou voçorocas.

Os solos das quatro regiões da ilha possuem razão C/N variando entre 0,17 a 48. A relação C/N da matéria orgânica dos solos estudados é de muito baixa a elevada, com tendência a aumentar na área de material vegetal mais recalcitrante (MFV). Os solos das áreas desnudas e menos

úmidas (PGD, MPD e MVD) apresentam menor relação C/N. Uma relação C/N baixa faz com que a mineralização da matéria orgânica seja facilitada e, por consequência, maior quantidade de N torna-se disponível no solo, favorecendo a adição de C pela vegetação e a decomposição da matéria orgânica do solo. Por outro lado, altas relações C/N normalmente significam níveis mais baixos de incorporação de N e baixo grau de decomposição do material orgânico no solo.

4.2. Indicadores microbiológicos

4.2.1. Análises multivariadas

As figuras 4 e 5 representam, em duas dimensões, a distribuição dos solos provenientes de áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões amostradas, avaliados de acordo com as suas características microbiológicas.

Nas figuras, os pontos representam as áreas amostradas e os raios, as variáveis analisadas. O comprimento dos raios é proporcional à correlação das variáveis com o componente ao qual se encontra paralelo, sendo que os raios oblíquos correlacionam-se igualmente com os componentes principais 1 e 2.

Na amostragem realizada no mês de maio de 2014, a variabilidade explicada na análise multivariada foi de 70,30% e 17,38% pelos componentes principais 1 e 2, respectivamente (Quadro 7). Já na amostragem realizada no mês de setembro de 2014, a variabilidade explicada na análise multivariada foi de 70,48% e 15,68% pelos componentes principais 1 e 2, respectivamente (Quadro 8). Em ambos os períodos de amostragem, os resultados obtidos nas análises de componentes principais (ACPs) foram muito semelhantes, sendo possível observar que as correlações, positivas e negativas, existentes entre as variáveis e os componentes principais se mantiveram praticamente inalteradas, assim como a distribuição das áreas com solos desnudos e sob vegetação das quatro regiões amostradas (Figuras 4 e 5).

Nos quadrantes I e IV encontram-se as áreas sob vegetação e todos indicadores microbiológicos, com exceção do quociente metabólico (qCO_2). A correlação positiva entre as variáveis microbiológicas e as áreas PGV, MFV, MPV e MVV evidencia a influência positiva da vegetação sobre a microbiota do solo. Maiores valores dos indicadores carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, respiração basal do solo, quociente microbiano, nitrogênio mineralizável e atividades enzimáticas estão relacionados a uma condição mais favorável à microbiota do solo, atribuída pelo aporte, maior e contínuo, de substratos orgânicos provenientes dos vegetais (PILLON, et al., 2002). O $qMIC$, que corresponde à relação entre o C-mic e o carbono orgânico, reflete processos importantes relacionados às adições e transformações da matéria orgânica, assim como a eficiência de conversão de C dessa matéria orgânica em C microbiano (SPARLING, 1992). Nesse contexto, a maior correlação da variável $qMIC$ com os solos sob vegetação indica maior eficiência da biomassa microbiana em imobilizar o carbono disponível e é um indicativo da disponibilidade de matéria orgânica em estado menos avançado de mineralização.

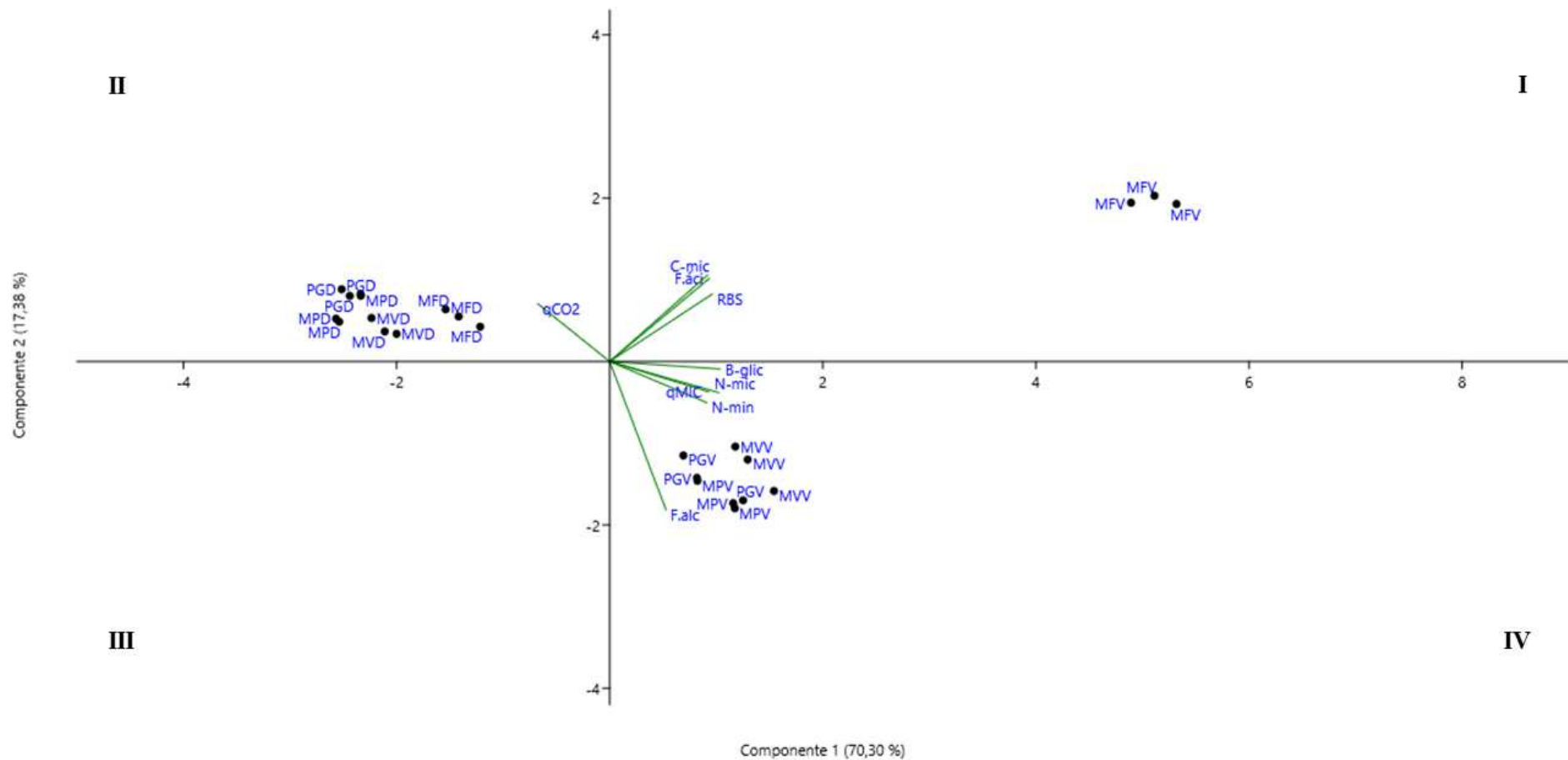


Figura 4 - Análise multivariada de componentes principais (PCA) representando a distribuição das áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas (PG, MF, MP e MV), de acordo com as características microbiológicas dos solos na camada de 0 a 10 cm. Os dados são referentes à amostragem realizada no mês de maio de 2014. Variáveis: carbono da biomassa microbiana (C-mic); nitrogênio da biomassa microbiana (N-mic), nitrogênio mineralizável (N-min); respiração basal do solo (RBS); quociente metabólico (qCO_2); quociente microbiano ($qMIC$), fosfatase ácida (F.áci); fosfatase alcalina (F.alc) e β -glicosidase (B-glic).

Quadro 7 - Dados complementares da análise multivariada de componentes principais dos valores obtidos para os indicadores microbianos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas no mês de maio de 2014

Variável	Componentes Principais								
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9
C-mic	0,34254	0,39512	- 0,029271	- 0,14644	- 0,067191	- 0,054153	0,32649	0,50629	- 0,57781
RBS	0,35946	0,30865	- 0,00060419	0,15993	0,54913	- 0,38666	0,28049	- 4,5454	0,11633
qCO ₂	- 0,25174	0,26395	0,87647	0,20134	0,10025	0,19312	0,090063	0,52515	0,0029834
qMIC	0,34637	0,13826	0,43112	- 0,46034	- 0,35646	- 0,46821	- 0,27473	- 0,19959	- 0,039171
F. ácida	0,34875	0,37976	- 0,027206	- 0,040489	- 0,14066	0,11628	- 0,11628	0,36871	0,74087
F. alcalina	0,19725	- 0,67772	0,19036	-0,10564	0,30186	- 0,031335	0,43211	0,36626	0,20355
β-glicosidase	0,3858	- 0,033998	0,038051	- 0,28562	- 0,053608	0,7409	0,16842	- 0,4271	- 0,066356
N-mic	0,38176	- 0,14172	0,070021	0,25936	0,41893	0,16098	- 0,68787	0,18069	- 0,23403
N-min	0,33911	- 0,18725	0,041401	0,73409	- 0,51725	- 0,039814	0,17136	- 0,09651	- 0,039012
Autovalor	6,32747	1,56445	0,615153	0,376521	0,048233	0,0415132	0,0173185	0,0076268	0,001715
Variância (%)	70,305	17,383	6,835	4,1836	0,53593	0,46126	0,19243	0,084743	0,019056

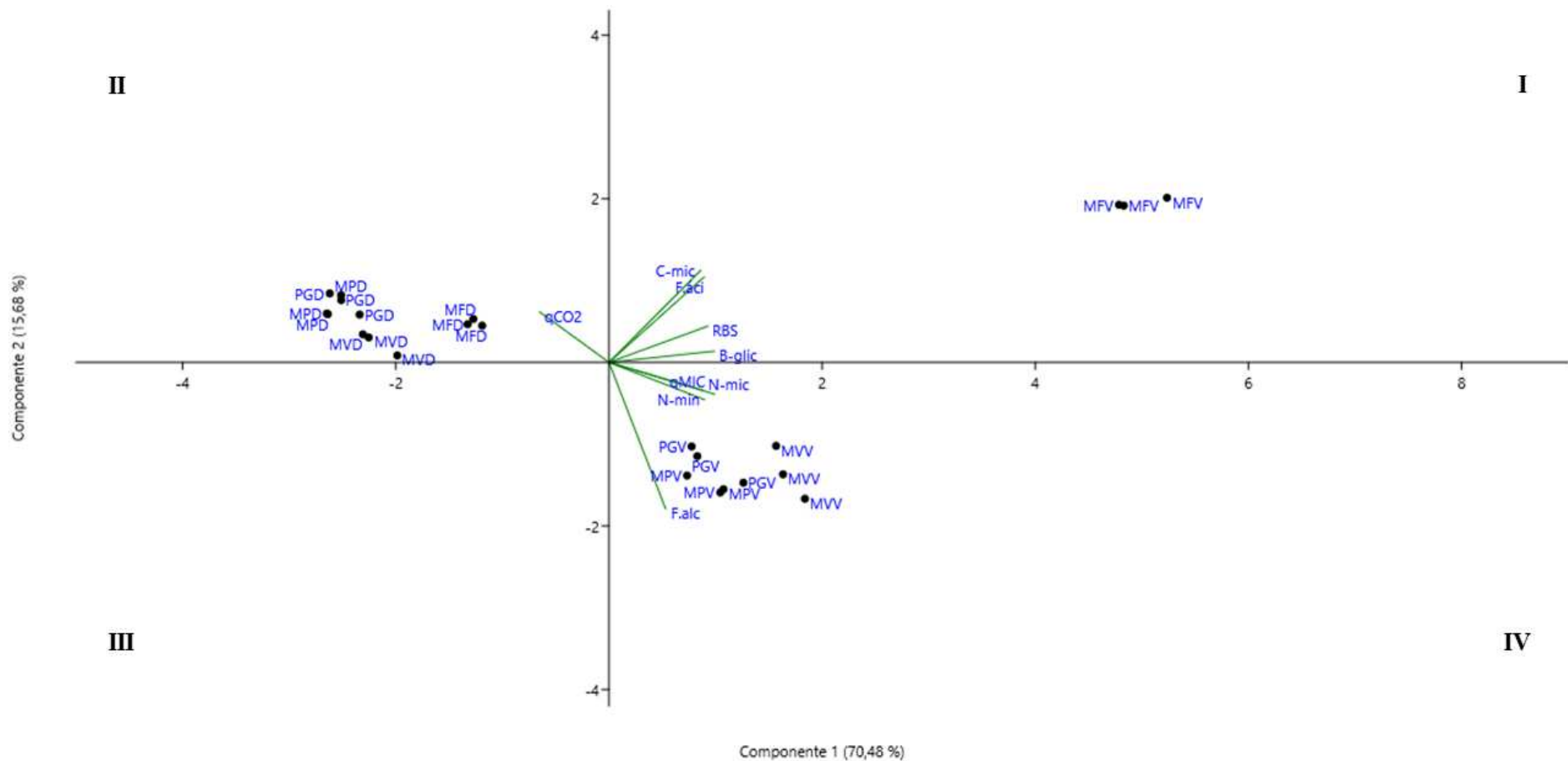


Figura 5 - Análise multivariada de componentes principais (PCA) representando a distribuição das áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas (PG, MF, MP e MV), de acordo com as características microbiológicas dos solos na camada de 0 a 10 cm. Os dados são referentes à amostragem realizada no mês de setembro de 2014. Variáveis: carbono da biomassa microbiana (C-mic); nitrogênio da biomassa microbiana (N-mic), nitrogênio mineralizável (N-min); respiração basal do solo (RBS); quociente metabólico (qCO_2); quociente microbiano ($qMIC$), fosfatase ácida (F.áci); fosfatase alcalina (F.alc) e β -glicosidase (B-glic).

Quadro 8 - Dados complementares da análise multivariada de componentes principais dos valores obtidos para os indicadores microbiológicos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas no mês de setembro de 2014

Variável	Componentes Principais								
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9
C-mic	0,84171	0,51878	- 0,0027779	- 0,11574	0,0029261	- 0,059609	0,053001	0,03641	- 0,036106
RBS	0,90736	0,2043	- 1,9014	0,27275	0,23611	0,040792	- 0,055111	0,010632	- 0,0041694
qCO ₂	- 0,63341	0,28357	0,69661	0,17847	- 0,0065101	0,015883	0,030961	-0,0032223	- 0,00031974
qMIC	0,86488	- 0,15811	0,36061	- 0,29109	- 0,034884	- 0,046617	- 0,093854	-0,004334	- 0,0011722
F. ácida	0,87284	0,48152	- 0,0087075	- 0,041857	- 0,0017196	- 0,023865	0,026982	0,011048	0,052349
F. alcalina	0,52024	-0,82661	0,16598	- 0,05302	0,10094	- 0,0032257	0,062005	0,039944	0,0084033
β-glicosidase	0,96454	0,062738	0,047773	- 0,19184	- 0,060244	0,1477	0,027814	- 0,019045	- 0,0071881
N-mic	0,96763	- 0,17892	0,018065	0,13874	0,023564	-0,061263	0,043336	-0,076763	- 0,0051922
N-min	0,87388	- 0,20975	- 0,012129	0,37722	- 0,22068	0,0032757	- 0,021046	0,02705	- 0,0035725
Autovalor	6,3438	1,41136	0,645696	0,40728	0,120384	0,0338024	0,0232807	0,0101725	0,00422489
Variância %	70,487	15,682	7,1744	4,5253	1,3376	0,37558	0,25867	0,11303	0,046943

Dentre as áreas sob vegetação, a área MFV apresenta grande discrepância com as demais áreas, nos dois períodos amostrados (quadrante I). Sua maior correlação positiva com o componente 1 explica os maiores valores obtidos para os indicadores carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, atividades das enzimas fosfatase ácida e β -glicosidase, respiração basal do solo, nitrogênio mineralizável e quociente microbiano. Tal fato está relacionado à presença da densa floresta de samambaias gigantes (*C. copelandii*) no local. Essa espécie produz quantidade consideravelmente maior de serrapilheira, se comparada às espécies *Bulbostylis nessiotis*, *Cyperus atlanticus* e *Pityrogramma calomelanos*, presentes nas áreas PGV, MPV e MVV. Além disso, o solo mais argiloso, juntamente com o microclima mais úmido e a densa camada de serrapilheira, favorecem o acúmulo de matéria orgânica e, conseqüentemente contribui para o aumento da biomassa microbiana na área. Solos mais argilosos comumente apresentam maior reserva de carbono orgânico (SILVA e MENDONÇA, 2007), propiciando maior disponibilidade de substratos para o crescimento e manutenção da biomassa microbiana (VAN VEEN et al., 1987).

Houve uma maior correlação da atividade da fosfatase alcalina com solos das áreas PGV, MPV e MVV em ambos os períodos de amostragem (quadrante IV). Mesmo considerando-se que a matéria orgânica, em grande concentração no solo, pode proteger as enzimas da decomposição (HARRISON, 1983), a redução na eficiência catalítica, relacionada possivelmente com a desnaturação parcial das enzimas em valores de pH abaixo ou acima do valor de pH ótimo de atividade, parece ter contribuído para a maior atividade da fosfatase ácida e menor atividade da fosfatase alcalina na área MFV. O contrário se pode influir nas áreas PGV, MPV e MVV, onde o pH elevado contribuiu para uma maior atividade da fosfatase alcalina (Quadros 7 e 8).

Assim como discutido em relação à atividade das enzimas fosfatase ácida e alcalina, as diferenças na classe textural, pH, teor e qualidade da matéria orgânica e tipo de vegetação podem explicar os maiores valores de atividade da β -glicosidase na área MFV. O acúmulo de matéria orgânica na área MFV, proveniente da floresta de samambaias gigantes endêmica, atua

protegendo e mantendo as enzimas do solo em suas formas ativas, por meio da formação de complexos enzima-compostos húmicos (PILLON et al., 2002). Além disso, a atividade da enzima β -glicosidase é influenciada não só pelos fatores químicos (MELILLO et al., 1982), mas também por fatores dependentes de clima e de características físicas do solo. O clima mais úmido nessa área, relacionado à maior altitude e localização geográfica, e o maior teor de argila, contribuem para a menor amplitude de variação térmica do solo, favorecendo possivelmente a atividade dessa enzima.

Em contraste com as áreas sob vegetação, as áreas desnudas PGD, MFD, MPD e MVD apresentam maior correlação negativa com o componente 1, ou seja, menor correlação com os indicadores microbiológicos, exceto o quociente metabólico (quadrante II). Valores mais elevados de qCO_2 são normalmente associados com ecossistemas jovens, submetidos a alguma condição de estresse, enquanto que valores menores são normalmente associados com ecossistemas maduros e mais estáveis (ANDERSON; DOMSCH, 1993).

4.2.1. Análises univariadas

Os resultados das análises dos indicadores microbiológicos, avaliados nas quatro regiões da Ilha da Trindade, evidenciam a existência de diferenças na qualidade dos solos quanto ao efeito da ausência e presença de vegetação. Nas duas amostragens realizadas, os valores do carbono da biomassa microbiana (C-mic) e do nitrogênio da biomassa microbiana (N-mic) foram significativamente maiores nos solos das áreas sob vegetação, se comparados às áreas desnudas da mesma região (Quadros 9 e 10).

Os resultados demonstram que a presença da vegetação, em todas as áreas amostradas, está promovendo o restabelecimento da biomassa microbiana e o aumento de atividades a ela relacionadas. O efeito observado está relacionado com a produção de biomassa vegetal, o acúmulo de resíduos orgânicos e a liberação de exsudados radiculares na camada superficial dos solos em processo de revegetação.

Quadro 9 - Valores médios de indicadores microbiológicos no solo em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade, em resposta à presença ou ausência de vegetação *

	Regiões Amostradas							
	Pico Grazinas		Morro da Fazendinha		Morro do Paredão		Morro Vermelho	
	PGD	PGV	MFD	MFV	MPD	MPV	MVD	MVV
C-mic ¹	3,89 b	48,38 a	19,56 b	819,83 a	0,88 b	96,28 a	5,19 b	108,08 a
RBS ²	1,15 b	2,64 a	2,25 b	10,56 a	0,59 b	1,67 a	0,81 b	4,30 a
qCO ₂ ³	7,11 a	1,32 b	3,13 a	0,31 b	2,19 a	0,42 a	3,95 a	0,97 b
qMIC ⁴	0,26 b	0,45 a	0,11 b	0,71 a	0,12 b	0,61 a	0,21 b	0,46 a
F. ácida ⁵	11,94 b	50,86 a	46,27 b	361,95 a	5,09 b	56,75 a	16,28 b	63,86 a
F. alcalina ⁵	25,42 b	151,08 a	15,29 b	53,08 b	4,40 b	165,22 a	28,68 b	151,36 a
β-glicosidase ⁵	15,70 b	72,90 a	12,90 b	129,37 a	12,21 b	56,20 a	7,00 b	76,11 a
N-mic ⁶	10,31 b	65,96 a	30,88 b	92,82 a	3,51 b	52,12 a	15,67 b	67,64 a
N-min ⁷	10,28 b	35,16 a	29,30 b	47,02 a	7,69 b	31,79 a	14,69 b	43,92 a

* Dados referentes à amostragem realizada em maio de 2014, na camada de 0 a 10 cm de profundidade.

Médias seguidas pela mesma letra, em cada região, não diferem pelo teste F a 5%.

¹ µg C-mic g⁻¹ solo seco; ² µg CO₂ g⁻¹ solo seco h⁻¹; ³ µg CO₂ µg C-mic d⁻¹; ⁴ porcentagem; ⁵ µg p-nitrofenol g⁻¹ solo seco h⁻¹; ⁶ µg N-mic g⁻¹ solo seco; ⁷ µg N-min g⁻¹ solo seco.

Quadro 10 - Valores médios de indicadores microbiológicos de solos em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade, em resposta à presença ou ausência de vegetação*

	Regiões Amostradas							
	Pico Grazinas		Morro da Fazendinha		Morro do Paredão		Morro Vermelho	
	PGD	PGV	MFD	MFV	MPD	MPV	MVD	MVV
C-mic ¹	3,88 b	48,32 a	20,01 b	785,58 a	0,80 b	92,19 a	4,68 b	105,01 a
RBS ²	1,03 b	2,19 a	1,84 b	4,93 a	0,63 b	1,17 a	0,53 b	3,44 a
qCO ₂ ³	6,35 a	1,10 b	2,49 a	0,15 b	1,97 a	0,31 a	3,05 a	0,80 b
qMIC ⁴	0,26 b	0,45 a	0,12 b	0,68 a	0,11 b	0,59 a	0,19 b	0,45 a
F. ácida ⁵	9,83 b	54,43 a	41,21 b	310,69 a	4,76 b	48,07 a	17,77 b	62,31 a
F. alcalina ⁵	35,44 b	146,29 a	19,07 b	58,01 a	3,92 b	156,71 a	41,25 b	165,32 a
β-glicosidase ⁵	13,82 b	69,04 a	11,38 b	133,31 a	10,86 b	54,45 a	7,41 b	68,92 a
N-mic ⁶	7,62 b	56,86 a	31,15 b	88,84 a	3,24 b	52,95 a	13,19 b	72,29 a
N-min ⁷	8,37 b	33,34 a	28,45 b	44,64 a	5,73 b	29,92 a	12,89 b	40,33 a

* Dados referentes à amostragem realizada em setembro de 2014, na camada de 0 a 10 cm de profundidade.

Médias seguidas pela mesma letra, em cada região, não diferem pelo teste F a 5%.

¹ µg C-mic g⁻¹ solo seco; ² µg CO₂ g⁻¹ solo seco h⁻¹; ³ µg CO₂ g⁻¹ µg C-mic; ⁴ porcentagem; ⁵ µg p-nitrofenol g⁻¹ solo seco h⁻¹; ⁶ µg N-mic g⁻¹ solo seco; ⁷ µg N-min g⁻¹ solo seco.

Condições mais favoráveis para a biomassa microbiana em solos sob vegetação nativa podem ser atribuídas ao acúmulo de serrapilheira, que proporciona menor variação e níveis mais adequados de temperatura e umidade (WARDLE, 1992; MATSUOKA et al., 2003). Além disso, em solos rizosféricos, a biomassa microbiana tende a ser maior, onde a liberação de exsudados liberados pelas raízes mantém uma elevada atividade e densidade microbianas (SMALLA et al. , 2001 ; YERGEAU, et al., 2013).

Não foram observadas variações significativas entre os dois períodos de amostragem (Quadro 11). Apesar das diferenças na temperatura e precipitação entre uma amostragem e outra, a ausência de variação sugere que a biomassa microbiana não foi afetada pelo efeito sazonal (Quadro 11).

Na primeira amostragem, a respiração basal do solo (RBS) variou de 0,59 a 10,56 $\mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo seco h^{-1} e, na segunda, de 0,53 a 4,93 $\mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo seco h^{-1} . Assim como na análise do C-mic e N-mic, os valores de RBS foram significativamente maiores nos solos das áreas sob vegetação, se comparados às áreas desnudas da mesma região, nos dois períodos de amostragem (Quadros 9 e 10).

No período de trinta dias antecedentes à primeira amostragem (maio de 2014), a temperatura média foi de 26,9 °C e a precipitação acumulada de 295,3 mm (Figura 2-A). Já no período de trinta dias antecedentes à segunda amostragem (setembro de 2014), a temperatura média e a precipitação acumulada foram, respectivamente, de 21,4 °C e de 176 mm (Figura 2-B). A queda significativa nos valores de RBS obtidos nos solos das áreas sob vegetação (PGV, MFV, MPV e MVV) e da área desnuda MFD, entre o primeiro e o segundo período de amostragem, evidencia o efeito sazonal sobre esse indicador microbiológico, em decorrência da queda de temperatura e precipitação. Apesar da disponibilidade de C no solo influenciar significativamente a RBS, esse indicador possui estreita relação com as condições abióticas do solo, entre elas a umidade e a temperatura (CATTELAN e VIDOR, 1990).

Quadro 11 - Efeito da sazonalidade sobre os indicadores microbiológicos do solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade

Variável	Regiões Amostradas							
	Pico Grazinas				Morro da Fazendinha			
	PGD		PGV		MFD		MFV	
	Maio/2014	Setembro/2014	Maio/2014	Setembro/2014	Maio/2014	Setembro/2014	Maio/2014	Setembro/2014
C-mic ¹	3,89 b	3,88 a	48,38 a	48,32 a	19,56 a	20,01 a	819,83 a	785,58 a
RBS ²	1,15 b	1,03 a	2,64 a	2,19 b	2,25 a	1,84 b	10,56 a	4,93 b
qCO ₂ ³	7,11 a	6,35 a	1,32 a	1,10 a	3,13 a	2,49 a	0,31 a	0,15 a
qMIC ⁴	0,26 a	0,26 a	0,45 a	0,45 a	0,11 a	0,12 a	0,71 a	0,68 a
F. ácida ⁵	11,94 a	9,83 a	50,86 a	54,43 a	46,27 a	41,21 a	361,95 a	310,69 b
F. alcalina ⁵	25,42a	35,44 a	151,08 a	146,29 a	15,29 a	19,07 a	53,08 a	58,01 a
β-glicosidase ⁵	15,70 a	13,82 a	72,90 a	69,04 a	12,90 a	11,38 a	129,37 a	133,31 a
N-mic ⁶	10,31 a	7,62 a	65,96 a	56,86 a	30,88 a	31,15 a	92,82 a	88,84 a
N-min ⁷	10,28 a	8,37a	35,16 a	33,34 a	29,30 a	28,45a	47,02 a	44,65 a

Médias seguidas pela mesma letra em cada área, nas duas épocas de amostragem, não diferem pelo teste F a 5%.

¹ µg C-mic g⁻¹ solo seco; ² µg CO₂ g⁻¹ solo seco h⁻¹; ³ µg CO₂ g⁻¹ µg C-mic; ⁴ porcentagem; ⁵ µg p-nitrofenol g⁻¹ solo seco h⁻¹; ⁶ µg N-mic g⁻¹ solo seco; ⁷ µg N-min g⁻¹ solo seco.

Quadro 11 - Continuação

Variável	Regiões Amostradas							
	Morro do Paredão				Morro Vermelho			
	MPD		MPV		MVD		MVV	
	Maio/2014	Setembro/2014	Maio/2014	Setembro/2014	Maio/2014	Setembro/2014	Maio/2014	Setembro/2014
C-mic ¹	0,88 a	0,80 a	96,28 a	92,19 a	5,19 a	4,68 a	108,08 a	105,01 a
RBS ²	0,59 a	0,63 a	1,67 a	1,17 b	0,81 a	0,53 a	4,30 a	3,44 b
qCO ₂ ³	2,19 a	1,97 a	0,42 a	0,31 a	3,95 a	3,05 a	0,97 a	0,80 a
qMIC ⁴	0,12 a	0,11 a	0,61 a	0,59 a	0,21 a	0,19 a	0,46 a	0,45 a
F. ácida ⁵	5,09 a	4,76 a	56,75 a	48,07 a	16,28 a	17,77 a	63,86 a	62,31 a
F. alcalina ⁵	4,40 a	3,92 a	165,22 a	156,71 a	28,68a	41,25 a	151,36 a	165,32 a
β-glicosidase ⁵	12,21 a	10,86 a	56,20 a	54,45 a	7,00 a	7,41 a	76,11 a	68,92 a
N-mic ⁶	3,51 a	3,24 a	52,12 a	52,95 a	15,67 a	13,19 a	67,64 a	72,29 a
N-min ⁷	7,69 a	5,73 a	31,79 a	29,92 a	14,69 a	12,89 a	43,92 a	40,33 a

Médias seguidas pela mesma letra em cada área, nas duas épocas de amostragem, não diferem pelo teste F a 5%.

¹ µg C-mic g⁻¹ solo seco; ² µg CO₂ g⁻¹ solo seco h⁻¹; ³ µg CO₂ g⁻¹ µg C-mic; ⁴ porcentagem; ⁵ µg p-nitrofenol g⁻¹ solo seco h⁻¹; ⁶ µg N-mic g⁻¹ solo seco; ⁷ µg N-min g⁻¹ solo seco.

A interpretação de dados respirométricos deve ser cautelosa, uma vez que taxas respiratórias elevadas podem indicar tanto um alto nível de produtividade do ecossistema quanto um distúrbio ecológico (ISLAM e WEIL, 2000). Anderson e Domsch (1993) propuseram o uso do quociente metabólico (qCO_2), definido pela razão entre a respiração basal por unidade de biomassa microbiana do solo e por unidade de tempo, para se estimar o “status” metabólico da biomassa microbiana do solo. O qCO_2 é o atributo que permite a identificação de solos contendo biomassa mais eficiente na utilização de C e energia, os quais refletem ambientes com menor grau de distúrbio ou estresse (TÓTOLA e CHAER, 2002). De acordo com Odum (1969), uma biomassa será mais eficiente na utilização dos recursos do ecossistema quando aumentar a proporção de C incorporado ao tecido microbiano e diminuir o C liberado pela respiração como CO_2 . Assim, uma biomassa com maior eficiência apresenta menor taxa respiratória e, portanto, menor qCO_2 , comparativamente a uma biomassa menos eficiente (TÓTOLA e CHAER, 2002). Conclui-se, portanto, que os solos das áreas sob vegetação PGV, MFV e MVV, os quais apresentam baixo qCO_2 , refletem ambientes com menor grau de distúrbio ou estresse.

A ausência de efeito significativo para esse indicador entre as áreas MPD e MPV pode estar relacionada ao período inicial de sucessão ecológica e a recente retomada da vegetação nessa área, na qual predomina indivíduos de *Cyperus atlanticus*. Alguns autores questionam o uso do quociente metabólico como um índice apropriado para avaliação do desenvolvimento e grau de distúrbio de um ecossistema, visto que os valores de qCO_2 aumentam nos estádios iniciais da sucessão ecológica de alguns ecossistemas, decrescem durante a sucessão e tornam a aumentar nos estádios finais, demonstrando assim que a aplicabilidade desse índice não deve ser universal (WARDLE e GHANI, 1995; WARDLE et al., 2004). O aumento do qCO_2 nas fases iniciais de colonização primária ou secundária de ecossistemas terrestres parece se relacionar a um período de distúrbio no ecossistema nos primeiros estádios de sucessão microbiana. Nas fases finais da sucessão, o qCO_2 volta a aumentar, em razão de estresses impostos à biomassa microbiana, relacionados especialmente com a

depleção de nutrientes decorrente da produção de serrapilheira com qualidade inferior (WARDLE e GHANI, 1995; WALKER, 2010).

Os valores de $qMIC$ variaram de 0,11 a 0,71% na primeira amostragem (maio de 2014), enquanto que na segunda amostragem (setembro de 2014), a variação foi de 0,11 a 0,68% (Quadros 9 e 10). As variações de temperatura e precipitação, verificadas entre os períodos de amostragem, não influenciaram nos valores do indicador, sugerindo a ausência de efeito sazonal (Quadro 11).

Ao se compararem as áreas desnudas e sob vegetação em uma mesma região, observaram-se diferenças significativas entre os valores de $qMIC$. Os menores valores encontrados nas áreas desnudas (PGD, MFD, MPD e MVD) são possivelmente relacionados ao desequilíbrio ambiental nas mesmas e ao forte grau de mineralização da matéria orgânica presente nos solos dessas áreas, a qual é incapaz de sustentar uma elevada biomassa microbiana. Em circunstâncias em que a biomassa experimenta algum fator de estresse (deficiência de nutrientes, déficit hídrico, etc.), a capacidade de utilização de C é diminuída e, nesse caso, o $qMIC$ tende a diminuir (WARDLE, 1992). Por outro lado, em ecossistemas mais estáveis e com aporte contínuo de matéria orgânica fresca, como as áreas sob vegetação (PGV, MFV, MPV e MVV), há uma tendência de aumento da atividade e biomassa microbianas e, em consequência, o $qMIC$ tende a crescer até atingir um equilíbrio (POWLSON et al., 1987).

Os resultados obtidos nas análises de atividades enzimáticas demonstram elevada sensibilidade desses indicadores para diferenciação das áreas desnudas e sob vegetação, nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas (Quadros 9 e 10). De forma geral, a avaliação da atividade enzimática é essencial para se entender uma série de processos que ocorrem no solo, inclusive para o monitoramento e entendimento das atividades de decomposição da matéria orgânica (MARGESIN et al., 2000; TAYLOR et al., 2002).

A atividade das fosfatases ácida e alcalina e da β -glicosidase foi maior em todas as áreas sob vegetação, se comparadas às áreas desnudas da mesma região, em ambos os períodos de amostragem. A ausência de vegetação promove redução da biomassa microbiana e, conseqüentemente,

leva à diminuição na produção enzimática e a um declínio na abundância relativa de diferentes tipos de enzimas (WEINTRAUB et al., 2007; BURNS et al., 2013).

Na primeira amostragem (maio de 2014), os valores de atividade da fosfatase ácida variaram entre 5,1 e 361,9 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo seco h^{-1} , enquanto os da fosfatase alcalina variaram de 4,4 a 165,2 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo seco h^{-1} (Quadros 9 e 10). Na segunda amostragem (setembro de 2014), os valores de fosfatase ácida variaram de 4,7 a 310,6 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo seco h^{-1} e os de fosfatase alcalina de 3,9 a 165,3 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo seco h^{-1} (Quadros 9 e 10).

Os valores de atividade da enzima β -glicosidase na primeira amostragem variaram de 7 a 129,3 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo seco h^{-1} , enquanto na segunda, os valores variaram de 7,4 a 133,3 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo seco h^{-1} (Quadros 9 e 10). A β -glicosidase está relacionada à etapa final de decomposição da celulose, catalisando a hidrólise de resíduos do dissacarídeo celobiose em β -D-glicopiranosídeos (EIVAZI e TABATABAI, 1988). Os maiores valores obtidos nas áreas sob vegetação, se comparados aos das áreas desnudas, estão relacionados à maior quantidade de matéria orgânica e à maior atividade decompositora das populações microbianas do solo, favorecida pelo efeito rizosférico.

Nos solos provenientes de áreas desnudas, a redução na atividade enzimática indica que a qualidade bioquímica desses solos foi negativamente afetada, provavelmente pelo decréscimo da síntese da enzima, associada à escassez de substratos orgânicos e conseqüentemente à inibição do crescimento microbiano.

Não houve variações significativas nos valores de atividades das enzimas fosfatase alcalina e β -glicosidase entre os dois períodos de amostragem. No entanto, na segunda amostragem foi observado menor valor de atividade da enzima fosfatase ácida para o solo da área MFV (Quadro 11). Esse resultado sugere maior sensibilidade dessa enzima às variações climáticas, quando comparada com as enzimas β -glicosidase e fosfatase alcalina, que são altamente estáveis a diferentes temperaturas, e muito similares estruturalmente nos diferentes tipos de micro-organismos (LI et al., 2006). Além disso, a região Morro da Fazendinha é mais suscetível à

queda acentuada de temperatura nos períodos mais frios do ano, visto que dentre as demais regiões amostradas é a que possui maior altitude, o que pode explicar a queda significativa da atividade da enzima no segundo período de amostragem apenas nessa região.

Os valores de N-mineralizável variaram de 7,6 a 47 μg de N-min g^{-1} de solo seco na primeira amostragem (maio de 2014) (Quadro 9). Já na segunda amostragem (setembro de 2014), os valores variaram de 5,7 a 44,64 μg de N-min g^{-1} de solo seco (Quadro 10). Nos dois períodos de amostragem, os valores obtidos para o N-min foram maiores nas áreas sob vegetação (PGV, MFV, MPV e MVV), quando comparados aos solos desnudos da mesma região. O potencial de mineralização do nitrogênio é afetado positivamente pelo acúmulo de matéria orgânica e pelo aumento do teor de argila (SMETHURST, 2000). Solos de textura fina e com altas concentrações de carbono apresentaram maiores valores para esse indicador em florestas nativas de clima tropical (NEILL et al., 1997; SILVER et al., 2000). No entanto, mesmo no solo da área MPV, com textura predominantemente arenosa, a deposição de guano fresco advindo da avifauna, associada à vegetação em fase de restabelecimento, contribuem para o acúmulo de matéria orgânica e, conseqüentemente, para os maiores valores do indicador nessa área.

Entre os dois períodos de amostragem não houve diferenças significativas nos valores de N-min, indicando que a variável não foi afetada pelas variações climáticas (Quadro 11).

5. CONCLUSÕES

Os indicadores microbiológicos C-mic, N-mic, N-min, RBS, $qMIC$ e atividades das enzimas fosfatases ácida e alcalina e β -glicosidase foram capazes de detectar a recuperação da qualidade dos solos em função da revegetação natural, nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas.

O indicador microbiológico qCO_2 não foi capaz de detectar o efeito da revegetação natural sobre a recuperação da qualidade do solo entre as áreas MPD e MPV na região Morro do Paredão, visto que a área MPV se encontra no estágio inicial de sucessão ecológica secundária.

Além do efeito positivo do restabelecimento da vegetação sobre os indicadores microbiológicos do solo, a atividade das enzimas fosfatase ácida e alcalina foram afetadas pela variação de pH dos solos, nas diferentes regiões amostradas.

Os indicadores respiração basal do solo (RBS) e fosfatase ácida foram sensíveis ao efeito sazonal em áreas sob vegetação. Os demais indicadores microbiológicos não variaram entre as épocas amostradas.

O elevado teor de matéria orgânica, a maior acidez e a textura mais argilosa do solo, juntamente com o microclima mais úmido na área MFV, contribuíram para os maiores valores obtidos para os indicadores microbiológicos C-mic, N-mic, RBS e atividade das enzimas fosfatase ácida e β -glicosidase, nos dois períodos de amostragem.

O reflorestamento de áreas degradadas com espécies nativas pode ser uma forma rápida e eficiente de recuperação da qualidade dos solos da Ilha da Trindade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEF, K. Soil respiration. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Eds.) **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. P-214-129.

ALMEIDA, A.; MOREIRA, L.; BRUNO, S. *et al.* Green turtle nesting on Trindade Island, Brazil: abundance, trends, and biometrics. **Endanger Species Research Journal**, v. 14, p. 193–201, 2011.

ALMEIDA, F. F. M. Geologia e Petrologia da ilha da Trindade. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 197 p. 1961. (Monografia XIX).

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. p.25-32. 1999.

ALVAREZ, R.; DÍAZ, R. A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O. J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage system. **Soil and Tillage Research**, v. 33, p. 17-28, 1995.

ALVES, R. J. V. **Ilha da Trindade e Arquipélago Martin Vaz**: um ensaio geobotânico. Rio de Janeiro-RJ: Serviço de Documentação da Marinha, 1998, 144 p.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.25, p.393-395, 1993.

BALDOCK, J.A.; NELSON, P.N. Soil organic matter. In: SUMMER, M.E. (Ed.). **Handbook of soil science**. Georgia,: University of Georgia, 2000. p.B25-B84.

BANCO NACIONAL DE DADOS OCEANOGRÁFICOS. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/oceanografia/acesso_dados_produtos.html> Acesso em: 10 de dezembro de 2014.

BARDGETT, R. D.; SAGGAR, S. Effect of heavy metal contamination on the shortterm decomposition of labelled (14C) in a pasture soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 26, p. 727-733, 1994.

BARTH, R. Observações biológicas e meteorológicas feitas na ilha da Trindade. In: Memórias do Instituto Osvaldo Cruz. p 261-279. 1958.

BARTLETT, R. J.; ROSS, D. S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science American Journal**, v. 52, p. 1191-1192,1994.

BROOKES, P. C. The use microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metal. **Biology and Fertility of Soils**, v. 19, p. 269-279, 1995.

BUNDY, L. G.; MEISINGER, J. J. Nitrogen availability indices. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P. (Eds.) **Methods of soil analysis**. Part 2. Microbiological and biochemical properties, n. 5. Soil Science Society of America, Madson, WI, 1984. p. 951-984, 1994.

BURNS, R. G.; DEFOREST, J. L.; MARXSEN, J. et al. Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 58, p. 216-234, 2013.

BUURMAN, P.; BREEMEN, N. Soil formation. 2.ed. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2002. 404p.

CALDWELL, B. A. Enzyme activities as a component of soil biodiversity: A review. **Pedobiologia**, v. 49, p.637-644, 2005.

CARVALHO-SILVA, M.; AMORIM, P. R. F.; CAMARA, P. E. A. S. New goats on the island?. **Rodriguésia**, v. 64, n. 3, p. 661-663, 2013.

CASTRO, J. W. A.; ANTONELLO, L. L. Geologia das ilhas oceânicas brasileiras. In: ALVES, R. J. V.; CASTRO, J. W. A. (Eds.) **Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo**. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, p. 29-57, 2006.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 133-142, 1990.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1381- 1396, 2007.

CHAER, G.; FERNANDES, M.; MYROLD, D.; BOTOMLEY, P. Comparative resistance and resilience of soil microbial communities and enzyme activities in adjacent native forest and agricultural soils. **Microbial Ecology**, , v. 8, p. 414-424, 2009.

CIMA. Subsídios técnicos para elaboração do relatório nacional do Brasil para a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Comissão Interministerial para a preparação da preparação a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Brasília, 172p, 1991.

CLEMENTE, E. P.; REYNALD, C. E.; SCHAEFER, G.; OLIVEIRA, F. O. **Proposta de zoneamento ambiental para a ilha da Trindade**. Rio de Janeiro-RJ: Embrapa Solos, 2011. 27 p.

CLEMENTE, E. P.; SCHAEFER, C. E. G. R.; OLIVEIRA, F. S.; FILHO, M. R. A.; ALVES, R.V.; SÁ, M. M. F.; MELO, V. F.; CORRÊA, G. R. Topossequência de Solos na Ilha Da Trindade, Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1357-1371, 2009.

COPLEY, J. Ecology goes underground. **Nature**, v. 406, p. 452-454, 2000.

DA SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília-DF: EMBRAPA – Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999, 369p.

DEFILIPO. B.V.; RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo – metodologia**. 2. Ed. Viçosa- MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 26p.

DENSLOW, J. S. Weeds in Paradise: thoughts on the invasibility of tropical islands. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 90, p. 119-127, 2003.

DICK, R.P.; BREACKWELL, D.P.; TURCO, R.F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Eds.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society America, p.247-271, 1996.

DINESH, R.; CHAUDHURI, S.G.; GANESHAMURTHY, A.N.; DEY, C. Changes in soil microbial indices and their relationships following deforestation and cultivation in wet tropical forests. **Applied Soil Ecology**, v. 24, p. 17-26, 2003.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. *et al.* (Eds.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, v. 35, p. 3-21, 1994.

DREVER, J.I. The Geochemistry of Natural Waters. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 437 pp. 1988.

DRINKWATER, L. E.; CAMBARDELLA, C. A.; REEDER, J. D. *et al.* In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds.) **Methods for assessing soil quality**. Wisconsin: Soil Science Society America, p. 217-219, 1996.

DUARTE, R.H.; HORTA, G. C. M. M. Barth and Trindade Island, 1957-1959. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 19, n. 3, p. 951-968, 2012.

EIVAZI, F.; TABATABAI, M. A. Glicosidades and galactosidaases in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, p. 601-606, 1988.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. Ed., Rio de Janeiro-RJ: EMBRAPA-CNES, 1997, 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 2. Ed. Rio de Janeiro-RJ: EMBRAPA-CNES, 2006. 323p.

FARIA, A. L. A.; CARVALHO-SILVA, M.; COSTA, D. P. *et al.* The bryophytes of Trindade Island, South Atlantic, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 4, p. 785-795, 2012.

FONSECA, G. A. B.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G. Conservation of island biodiversity – importance, challenges and opportunities. Center for Applied Biodiversity Sciences, Conservation International, Washington, USA, 16 p., 2006.

FOSTER, J. C. Soil nitrogen. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Eds.) **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press Inc., 1995. P. 79-87.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da matéria**

orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Metrópole, 2. ed. rev. e atual, p. 159-170, 2008.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; PAULINO, G. M.; FRANCO, A. A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1521-1530, 2008.

GILLER, K. E.; WITTER, E.; McGRATH, S. P. Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agriculture soils: a review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, p. 1389-1414, 1998.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. **PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis.** Palaeontologia Electronica 4 (1), 9 p, 2001.

HARRISON, A. F. Relationship between intensity of phosphatase activity and physico-chemical properties in woodland soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 15, p. 93-99, 1983.

HEINEMEYER, O.; INSAM H.; KAISER E. A.; WALENZIK, G. Soil microbial biomass and respiration measurements: Na automated technique based on infrared gás analysis. **Plant and Soil**, v. 116, p. 191-195, 1989.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems e Environment**, v.79, p.9-16, 2000.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N., (Eds.) **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, v. 5, p. 415-471, 1981.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 8, p. 209-213, 1976.

JOERGENSEN, R. G.; BROOKES, P. C. Ninhydrin – reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0,5 m K₂SO₄ soils extracts. **Soil Biolgy and Biochemistry**, v. 22, p. 1129-1136, 1990.

KASCHUK, G; ALBERTON, O; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, p. 1-13, 2010.

KIMPE, C. R.; WARKENTIN, B. P. Soil functions and the future of natural resources. **Advances in GeoEcology**, v. 31, p. 3-10, 1998.

LARGE, M. F.; BRAGGINS, J. E. Tree Ferns. Timber Press, 2004, 359 p.

LI, J.; MARIONNEAU, C.; ZHANG, R.; SHAH, V.; HELL, J.W.; NERBONNE, J.M.;ANDERSON,M.E. Calmodulin Kinase II Inhibition Shortens Action Potential Duration byUpregulation of K⁺ Currents. **Circulation Research**, v. 99, p.1092-1099, 2006.

LUCHESE, E.B.; FAVERO, L.O.B.; LENZI, E. Fundamentos da química do solo. Rio de Janeiro-RJ: Freitas Bastos, 2001. 182p.

LYNCH, J. M.; BRAGG, E. Microorganism and soil aggregate stability. **Advances in Soil Science**, v. 2, p. 133-171, 1985.

MARGESIN, R.; ZIMMERBAUER, A.; SCHINNER, F. Monitoring of bioremediation by soil biological activities. **Chemosphere**, v. 40, n. 4, p. 339-346, 2000.

MARTINS, L. S. G.; ALVES, R. J. V. Regeneração Natural do Morro Vermelho, Ilha da Trindade. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 39-41, 2007.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003.

MELILLO, J. M.; ABER, J. D.; MURATORE, J. F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Ecology, Durham**, v. 63, p. 621-626, 1982.

MENDES FILHO, P. F.; Vasconcellos, R.L.F; PAULA, A. M.; CARDOSO, E. J. B. N. Evaluating the potential of forest species under microbial management for the restoration of degraded mining áreas. **Water, Air and Soil Pollution**, Dordrecht, v. 208, n. ¼, p. 79-89, 2010.

MICHEL, R. F. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; DIAS, L. E.; SIMAS, F. N. B.; BENITES, V. de M.; SÁ MENDONÇA, E. de. Ornithogenic Gelisols (Cryosols) from Maritime Antarctica: Pedogenesis, Vegetation, and Carbon Studies. In: *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:1370–1376. 2006.

MORAIS, D. K.; PYLRO, V. S.; TÓTOLA, M. R. Microbial Community Responses to Toxic Hydrocarbon Exposure. **The FASEB Journal (Online)**, v. 29, p. LB169, 2015.

NAEEM, S.; THOMPSON, L. J.; LAWLER, S. P.; LAWTON, J. H.; WOODFIN, R. M. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. **Nature**, v. 368, p. 734-737, 1994.

NEILL, C.; MELILLO, J.M.; STEUDLER, P.A.; CERRI, C.C.; MORAES, J.F.L.; PICCOLO, M.C.; BRITO, M. Soil carbon and nitrogen stocks following

forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon. **Ecological Applications**, v.7, n. 4, p. 1216-1225, 1997.

NOVO, M.; CUNHAA, L.; MACEDA-VEIGA, A. *et al.*. Multiple introductions and environmental factors affecting the establishment of invasive species on a volcanic island. **Soil Biology and Biochemistry**, v.85, p. 89-100, 2015.

ODUM, E. P. The strategy of ecosystem development. **Science**, v. 164, p. 262-270, 1969.

OLIVARES, E. *et al.* Aluminum accumulation and its relationship with mineral plant nutrients in 12 pteridophytes from Venezuela. **Environmental and Experimental Botany**, v. 65, n. 1, p 132-141, 2009.

ØVREÅS, L. Population and community level approaches for analyzing microbial diversity in natural environments. **Ecology Letters**, v. 3, p. 236-251, 2000.

PILLON, C. N; MIELNICZUK, J.; LADISLAU, M. N. Dinâmica da matéria orgânica no ambiente. Pelotas-RS: EMBRAPA Clima Temperado, 2002, 41 p.

PIMM, S. L. **The Balance of Nature**: ecological issues in the conservation of species and communities. Chicago-IL:University of Chicago Press, 1991. 428 p.

POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, p. 1121-1127, 1987.

PYLRO, V. S.; ROESCH L. F.; ORTEGA, J. M. Brazilian Microbiome Project: Revealing the Unexplored Microbial Diversity-Challenges and Prospects. **Microbial Ecology**, v. 67, p. 237-241, 2014.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, 2015.

RAHN, C. R.; LILLYWHITE, R. D. A study of the quality factors affecting the short – term decomposition of field vegetable residues. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, p. 19-26, 2001.

RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. *Inf. Agropec.*, 11:3-18, 1985.

RODRIGUES, E. M.; KALKS, K. H. M.; TÓTOLA, M. R. Prospect, isolation, and characterization of microorganisms for potential use in cases of oil bioremediation along the coast of Trindade Island, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 156, p. 15-22, 2015.

SÁ, M. M. F. Caracterização ambiental, classificação e mapeamento dos solos da Ilha da Trindade, Atlântico Sul. 2010. 58p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

SCHAEFER, C. E. G. R.; SIMAS, F. N. B., ALBUQUERQUE, M. A., SOUZA, E. DE, DELPUPO, K. K. Fosfatização de solos e evolução da paisagem no arquipélago de Abrolhos, BA. 2010.

SECRETARIA DA COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR - SECIRM. Programa de pesquisas científicas na Ilha da Trindade. Disponível em: < <http://www.mar.mil.br/secirm/portugues/trindade.html>> Acesso em: 26 de junho de 2015.

SERAFINI, T. Z.; FRANÇA, G. B.; ANDRIGUETTO-FILHO, J. M. Brazilian oceanic islands: known biodiversity and its relation to the history of human use and occupation. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 10, p. 281-301, 2010.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO_2)**. Seropédica-RJ: Embrapa Agrobiologia, 2007, 4p.

SILVA, F. S. P; PYLRO, V. S.; FERNANDES, P. L. *et al.* Unexplored Brazilian oceanic island host high salt tolerant biosurfactant-producing bacterial strains. **Extremophiles** (Tokyo. Print), v. 19, p. 561-572, 2015.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

SILVA, N. G.; ALVES, R. J. V. The eradication of feral goats and its impact on plant biodiversity - a milestone in the history of Trindade Island, Brazil. **Rodriguésia**, v. 62, p. 717-719, 2011.

SILVER, W.L.; NEFF, J.; MCGRODDY, M.; VELDKAMP, E.; KELLER, M.; COSME, R. Effects of soil texture on belowground carbon and nutrient storage in a lowland Amazonian forest ecosystem. **Ecosystems**, v. 3, n. 2, p. 193-209, 2000.

SIMAS, F.N.B.; C.E.G.R. SCHAEFER, M.R.; ALBUQUERQUE FILHO, R.F.M.; MICHEL, L.E.; DIAS, J.R.; BORGES, M.L.;. Atributos químicos de criossolos ornitogênicos da Baía do Almirantado, Antártica. In: Ecossistemas Terrestres e Solos da Antártica Marítima. p. 39–44. 1st edn. NEPUT. 2004.

SMALLA K; WIELAND G; BUCHNER A; ZOCK A, PARZY J; KAISER S *et al.* Bulk and rhizosphere soil bacterial communities studied by denaturing gradient gel electrophoresis: plant-dependent enrichment and seasonal shifts revealed. *Applied Environmental Microbiology*, v. 67. P. 4742–4751, 2001.

SMETHURST, P.J. Soil solution and other soil analyses as indicators of nutrient supply: a review. **Forest Ecology and Management**, v.138, n.1/3, p. 397-411, 2000.

SOARES, L.C. As ilhas oceânicas. In: AZEVEDO, A., (Ed.) **Brasil, a terra e o homem, bases físicas**. São Paulo-SP: Companhia Editora Nacional, v.1, p. 341-378, 1964.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v. 30, p.195-207, 1992.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Soil and Plant Science**, v. 49, p.1-24, 1999.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P. (Eds.) Methods of soil analysis. Part 2. **Microbiological and biochemical properties**. Madison: Soil Science Society of America n. 5, p. 775-883, 1994.

TAYLOR, J. P. et al. Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, n. 3, p. 387-401, 2002.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: ALVAREZ V., V. H., SCHAEFER; C. E. G. R., BARROS; N. F., MELLO; J. W. V., COSTA, L. M. (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 2, p. 196-275, 2002.

van VEEN, J.A.; LADD, J.N.; MARTIN, J.K.; AMATO, M. Turnover of carbon, nitrogen and phosphorus through the microbial biomass in soils incubated with ¹⁴C, ¹⁵N and ³²P labeled bacterial cells. *Soil. Biol. Biochem.*, 19:559-565, 1987.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction Method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 6, p. 703-707, 1987.

VASCONCELLOS, R.L.F.; BONFIM, J. A.; ANDREOTE, F.D. et al. Microbiological indicators of soil quality in a riparian forest recovery gradient. **Ecological Engineering**, v. 53, p.313-320, 2013.

VITOUSEK, P.M.; D'ANTONIO, C. M.; LOOPE, L. L.; WESTBROOKS, R. Biological invasions as global environmental change. **American Scientist**, v. 84, p. 468-478, 1996

WALKER, L. R; WARDLE, D. A.; BARDGETT, R.D; CLARCKSON, B. D. The use of chronosequences in studies of ecological succession and soil development. **Journal of Ecology**, v. 98, p. 725-736, 2010.

WARDLE D.A.; GHANI, A. A critique of the microbial metabolic quotient (qCO_2) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 27, p. 1601–1610, 1995.

WARDLE, D. A. Islands as model systems for understanding how species affect ecosystem properties. **Journal of Biogeography**, v. 29, p. 583-591, 2002.

WARDLE, D. A.; WALKER, L. R; BARDGETT, R.D. Ecosystem properties and forest decline in contrasting long-term chronosequences. **Science**, v. 305, p. 509-513, 2004.

WARDLE, D. A.; ZACKRISSON, O. Effects of species and functional group loss on island ecosystem properties. **Nature**, v. 435, p. 806-810, 2005.

WARDLE, D.A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biological Reviews**, v.67, n.3, p. 321-358, 1992.

WEINTRAUB, M. N.; SCOTT-DENTON, L. S.; SCHMIDT, S. K.; MONSON, R. K. The effects of tree rhizodeposition on soil exoenzyme activity, dissolved organic carbon, and nutrient availability in a subalpine forest ecosystem. **Oecologia**, v. 154, p. 327-338, 2007.

YERGEAU E; SANSCHAGRIN S; MAYNARD C; ST-ARNAUD M; GREER C. Microbial expression profiles in the rhizosphere of willows depend on soil contamination. **The ISME Journal**, v.8, p. 344-358, 2014.

7. APÊNDICE

Quadro 1A - Valores de indicadores microbiológicos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas no mês de maio de 2014

Variável	Regiões Amostradas											
	Pico Grazinas						Morro da Fazendinha					
	Área Degradada			Área sob Vegetação			Área Degradada			Área sob Vegetação		
	PGD1	PGD2	PGD3	PGV1	PGV2	PGV3	MFD1	MFD2	MFD3	MFV1	MFV2	MFV3
C-mic ¹	3,89	3,92	3,86	42,85	52,73	49,56	26,35	10,93	21,41	804,46	832,58	822,46
RBS ²	1,13	1,25	1,08	2,66	2,45	2,81	2,27	2,15	2,32	10,77	11,03	9,89
qCO ₂ ³	6,96	7,65	6,74	1,49	1,11	1,36	2,07	4,73	2,60	0,32	0,32	0,29
qMIC ⁴	0,09	0,26	0,26	0,44	0,47	0,44	0,10	0,12	0,11	0,70	0,77	0,67
F. ácida ⁵	11,57	11,48	12,77	52,36	54,61	45,62	46,67	47,82	44,30	362,34	343,92	379,59
F. alcalina ⁵	29,46	25,87	20,92	156,53	132,08	164,64	15,12	17,99	12,76	45,88	67,72	45,66
β-glicosidase ⁵	17,88	14,66	14,57	69,47	75,11	74,12	14,52	10,05	14,13	129,98	122,85	135,29
N-mic ⁶	9,87	14,11	6,94	66,57	58,71	72,61	35,71	30,08	26,84	98,49	86,74	93,23
N-min ⁷	8,14	14,63	8,07	32,35	28,36	44,77	29,32	31,19	27,40	54,55	36,96	49,54

¹ µg C-mic g⁻¹ solo seco; ² µg CO₂ g⁻¹ solo seco h⁻¹; ³ µg CO₂ g⁻¹ µg C-mic; ⁴ porcentagem; ⁵ µg p-nitrofenol g⁻¹ solo seco h⁻¹; ⁶ µg N-mic g⁻¹ solo seco; ⁷ µg N-min g⁻¹ solo seco.

Quadro 1A - Continuação

Variável	Regiões Amostradas											
	Morro do Paredão						Morro Vermelho					
	Área Desnuda			Área sob Vegetação			Área Desnuda			Área sob Vegetação		
	MPD1	MPD2	MPD3	MPV1	MPV2	MPV3	MVD1	MVD2	MVD3	MVV1	MVV2	MVV3
C-mic ¹	0,00	2,63	0,00	107,66	83,66	97,54	7,79	3,96	3,82	93,66	131,47	99,12
RBS ²	0,43	0,72	0,61	1,68	1,84	1,49	1,05	0,55	0,84	4,15	4,34	4,39
qCO ₂ ³	0,00	6,56	0,00	0,37	0,53	0,37	3,22	3,36	5,26	1,06	0,79	1,06
qMIC ⁴	0,00	0,35	0,00	0,55	0,66	0,62	0,21	0,26	0,17	0,43	0,46	0,49
F. ácida ⁵	2,60	10,58	2,08	54,71	56,82	58,70	16,25	14,36	18,21	58,34	63,18	70,06
F. alcalina ⁵	1,44	10,72	1,02	168,43	155,42	171,82	29,36	25,64	31,04	163,48	154,47	136,13
β-glicosidase ⁵	13,64	11,17	11,82	50,84	63,14	54,62	6,49	7,68	6,83	81,85	71,36	75,12
N-mic ⁶	1,06	9,26	0,20	48,42	50,78	57,16	11,78	15,54	19,68	74,49	68,31	60,11
N-min ⁷	5,65	12,73	4,69	39,24	22,53	33,61	18,03	10,62	15,43	54,86	35,82	41,09

¹ µg C-mic g⁻¹ solo seco; ² µg CO₂ g⁻¹ solo seco h⁻¹; ³ µg CO₂ g⁻¹ µg C-mic; ⁴ porcentagem; ⁵ µg p-nitrofenol g⁻¹ solo seco h⁻¹; ⁶ µg N-mic g⁻¹ solo seco; ⁷ µg N-min g⁻¹ solo seco.

Quadro 2A - Valores de indicadores microbiológicos no solo, camada de 0 a 10 cm, em áreas desnudas (D) e sob vegetação (V), nas quatro regiões da Ilha da Trindade amostradas no mês de setembro de 2014

Variável	Regiões Amostradas											
	Pico Grazinas						Morro da Fazendinha					
	Área Degradada			Área sob Vegetação			Área Degradada			Área sob Vegetação		
	PGD1	PGD2	PGD3	PGV1	PGV2	PGV3	MFD1	MFD2	MFD3	MFV1	MFV2	MFV3
C-mic ¹	3,83	3,98	3,84	42,02	53,43	49,52	26,43	11,35	22,24	759,47	809,93	787,34
RBS ²	1,02	1,00	1,06	2,25	2,16	2,17	2,00	1,79	1,73	5,37	4,88	4,54
qCO ₂ ³	6,37	6,06	6,63	1,28	0,97	1,05	1,81	3,79	1,87	0,17	0,14	0,14
qMIC ⁴	0,25	0,26	0,25	0,43	0,47	0,44	0,10	0,13	0,12	0,66	0,75	0,64
F. ácida ⁵	9,98	9,16	10,34	55,24	58,81	49,24	41,02	43,80	38,80	325,75	311,83	294,48
F. alcalina ⁵	34,58	39,54	32,20	144,99	138,92	154,97	19,71	20,83	16,68	54,41	68,71	50,91
β-glicosidase ⁵	16,00	12,25	13,22	65,97	70,36	70,79	10,56	11,41	12,17	140,79	121,63	137,50
N-mic ⁶	9,07	8,46	5,34	57,38	50,44	62,77	30,57	37,13	25,76	85,86	93,46	87,20
N-min ⁷	6,35	12,98	5,78	30,68	26,46	42,88	27,83	30,70	26,82	51,98	34,66	47,30

¹ µg C-mic g⁻¹ solo seco; ² µg CO₂ g⁻¹ solo seco h⁻¹; ³ µg CO₂ g⁻¹ µg C-mic; ⁴ porcentagem; ⁵ µg p-nitrofenol g⁻¹ solo seco h⁻¹; ⁶ µg N-mic g⁻¹ solo seco; ⁷ µg N-min g⁻¹ solo seco.

Quadro 2A - Continuação

Variável	Regiões Amostradas											
	Morro do Paredão						Morro Vermelho					
	Área Desnuda			Área sob Vegetação			Área Desnuda			Área sob Vegetação		
	MPD1	MPD2	MPD3	MPV1	MPV2	MPV3	MVD1	MVD2	MVD3	MVV1	MVV2	MVV3
C-mic ¹	0,00	2,41	0,00	99,64	81,29	95,65	7,25	3,33	3,45	90,48	129,09	95,47
RBS ²	0,59	0,59	0,69	1,07	1,18	1,27	0,57	0,49	0,54	3,18	3,80	3,36
qCO ₂ ³	0,00	5,91	0,00	0,26	0,35	0,32	1,90	3,50	3,73	0,84	0,71	0,85
qMIC ⁴	0,00	0,32	0,00	0,51	0,64	0,61	0,19	0,22	0,15	0,42	0,45	0,47
F. ácida ⁵	3,02	8,80	2,45	50,14	46,79	47,28	17,98	15,88	19,45	59,53	62,42	64,98
F. alcalina ⁵	0,34	10,18	1,22	158,56	152,54	159,04	42,41	37,98	43,37	178,68	181,50	135,78
β-glicosidase ⁵	12,28	9,83	10,49	53,79	49,90	59,65	6,08	7,73	8,42	67,09	69,70	69,99
N-mic ⁶	2,01	6,11	1,60	57,03	46,53	55,27	11,27	13,07	15,24	80,71	69,46	66,68
N-min ⁷	3,03	11,75	2,40	37,47	21,66	30,63	16,35	8,72	13,60	47,46	33,36	40,16

¹ µg C-mic g⁻¹ solo seco; ² µg CO₂ g⁻¹ solo seco h⁻¹; ³ µg CO₂ g⁻¹ µg C-mic; ⁴ porcentagem; ⁵ µg p-nitrofenol g⁻¹ solo seco h⁻¹; ⁶ µg N-mic g⁻¹ solo seco; ⁷ µg N-min g⁻¹ solo seco.