

*PABLO DE AZEVEDO ROCHA*

**CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DE CINCO AMBIENTES DE RESTINGA DO  
PARQUE ESTADUAL PAULO CESAR VINHA-ES, BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

R672c  
2012

Rocha, Pablo de Azevedo, 1980-  
Características edáficas de cinco ambientes de restinga do  
Parque Estadual Paulo Cesar Vinha-ES, Brasil / Pablo de  
Azevedo Rocha. – Viçosa, MG, 2012.  
x, 74f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Liovando Marciano da Costa.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 68-74

1. Restingas. 2. Vegetação. 3. Solos - Características. 3.  
Solos arenosos. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 551.457

PABLO DE AZEVEDO ROCHA

**CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DE CINCO AMBIENTES DE RESTINGA DO  
PARQUE ESTADUAL PAULO CESAR VINHA-ES, BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 23 de Abril de 2012.

---

Andreza Viana Neri  
(Coorientadora)

---

Renato Ribeiro Passos  
(Coorientador)

---

Arnaldo Chaer Borges

---

Liovando Marciano da Costa  
(Orientador)

*Dedico este trabalho a meus pais, Adelma de Azevedo Rocha e Ademir Rodrigues Rocha, a meus avôs Etelvino, Alzira, Azarias (In memória) Natália (In Memoria), minha esposa Edivânia Rosa Evangelista, minhas filhas Nátalia e Maria Clara, minha irmã Amanda e meu afilhado Gabriel, meus tios, primos, meus amigos e a meu orientador e amigo, Liovando Marciano da Costa.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus (O autor da existência), pelo dom de existir e por ser conforto e força nas horas de dificuldade, a Jesus Cristo pelas palavras de amor e esperança que trouxe ao mundo.

A meus pais, Ademir e Adelma, pelo esforço empregado para que eu pudesse chegar até aqui e pela educação, conselhos e espiritualidade que me passaram e ainda passam.

A meus avós, Etelvino, Alzira, Azarias (*In memória*) e Natália (*In memória*), pelos ensinamentos e carinho.

A minha esposa Edivânia, pelo companheirismo e amor, por ser uma ótima mãe para minhas filhas e por toda a ajuda durante esta jornada de estudos e pesquisas, te amo meu amor e me desculpe à ausência devido as viagens, fazem parte de minha vida. Mais uma vez te amo!

A minhas filhas Natália e Maria Clara, pelos momentos de amor e diversão, vocês são a razão do meu viver, papai ama muito vocês!

Aos meus tios, Romildo, a quem me espelha muito pela força que tem e por me tratar como um filho e a quem considero um pai, Agnaldo e Arnaldo por todo carinho e atenção.

As minhas tias Francisca e Geuza pelo amor que me transmitem, são duas mães para mim.

A minha irmã, sobrinho e primos.

Aos meus cunhados Helder e Emerson pela amizade e ajuda durante esses anos.

A meus amigos Leandro, Gustavo, Sr.Paulo, Lívia, Fábio Magalhães, Virgínio e Sapão.

Aos colegas de estudo, Adbayor, pela ajuda nos trabalhos de campo, Karol, Raquel, Brunão e André.

Ao Prof.André do Departamento de Geografia, pela amizade e ajuda, que se estendem desde de a graduação.

Aos Professores do Departamento de Solos, João Ker, Igor e Mattiello pelos conselhos e ajuda.

Ao Professor Carlos Ernesto Schaefer, pela ajuda desde a época da graduação e por seu entusiasmo contagiante.

Aos Professores do Departamento de Microbiologia.

Aos funcionários do Departamento de Solos.

Ao Danilo pela ajuda nas análises no laboratório de Física do Solo.

A fisioterapeuta Cristiane, pelos momentos de relaxamento e conversas.

Aos funcionários do Departamento de Microbiologia Júlio e Célio que juntamente com o estudante de pós-graduação Naylor do Departamento de Fitopatologia, me ajudaram nas análises microbiológicas.

Aos estudantes de Pós-Graduação, Fábio, Fernanda e Paulo do Departamento de Microbiologia, pelo apoio e ajuda.

Ao IEMA, por autorizar a pesquisa no parque e por dar todo o suporte para que o trabalho de campo pudesse ser realizado.

Ao Prof. Renato Ribeiro Passos (UFES), pelos conselhos, atenção e ajuda na dissertação, sempre muito prestativo.

A Prof<sup>a</sup>. Andreza, pelos conselhos, ajuda e educação exemplar.

Ao Mateus Viana Vinha, grande amigo de infância e adolescência e seu pai Paulo Cesar Vinha que tive a oportunidade de conhecer.

Por fim, a um ser humano fantástico com quem tenho a satisfação de conviver a dois anos, meu orientador, Prof. Liovando Marciano da Costa. Muito obrigado pelos conselhos e palavras de incentivo e tranquilidade, por poder ter dividido comigo parte das dificuldades que passei dentro e fora da vida acadêmica e que graças a Deus estão começando a ser superadas. Prof. Liovando, antes do ótimo profissional, o senhor é um verdadeiro amigo na essência da palavra.

## ÍNDICE

RESUMO.....	vii
ABSTRACT .....	ix
1 - Introdução .....	1
2 - Material e Métodos.....	5
2.1 - Localização da área de estudo .....	5
2.2 - Trabalho de Campo .....	6
2.3 - Trabalho de Laboratório.....	7
2.3.1 - Análises Químicas dos Solos .....	7
2.3.2 - Calcinação das Amostras nos Horizontes Superficiais dos Solos e Determinação dos Teores de Nutrientes .....	8
2.4 - Análises Físicas dos Solos .....	8
2.4.1 - Textura e Fracionamento da Areia .....	8
2.4.2 - Equivalente de Umidade.....	9
2.4.3 - Curva Característica de Água do Solo.....	10
2.5 - Análises Microbiológicas.....	11
2.5.1 - Coleta do Solo .....	11
2.5.2 - Carbono da Biomassa Microbiana e Quociente Microbiano .....	11
2.5.3 - Análise da Diversidade Genética.....	12
2.5.4 - Reação de Polimerização em Cadeia (PCR).....	12
2.5.5 - DGGE - Eletroforese em Gel com Gradiente Desnaturante .....	14
2.6 - Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) .....	14
3 - Resultados e Discussão.....	16
3.1 - Aberta de Clusia .....	16

3.1.1 - Análise Química das Amostras dos Solos .....	17
3.1.2 - Análises Físicas das Amostras dos Solos .....	25
3.2 - Floresta não Inundada - FNI .....	29
3.2.1 - Análise Química das Amostras dos Solos .....	32
3.2.2 - Análise Física das Amostras dos Solos.....	37
3.3 - Floresta Periodicamente Inundada - FPI .....	39
3.3.1 - Análise Química das Amostras dos Solos .....	42
3.4 - Brejo Herbáceo .....	47
3.4.1 - Análise Química das Amostras dos Solos .....	49
3.4.2 - Análise Física das Amostras dos Solos.....	54
3.5 - Curva Característica de Água do Solo das Formações Vegetais Estudadas .....	56
3.6 - Carbono da Biomassa Microbiana do Solo .....	59
3.7 - Diversidade Microbiológica .....	60
3.8 - Microscopia Eletrônica de Varredura das Partículas de Areia .....	62
4 - Conclusões .....	67
5 - Referências Bibliográficas.....	68

## RESUMO

ROCHA, Pablo de Azevedo Rocha, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2012. **Características Edáficas de Cinco Ambientes de Restinga do Parque Estadual Paulo Cesar Vinha-ES, Brasil.** Orientador: Liovando Marciano da Costa. Coorientadores: Renato Ribeiro Passos e Andreza Viana Neri.

O Parque Estadual Paulo César Vinha (PEPCV) possui cerca de 1.500 ha de área e aproximadamente 12 km de litoral. Situa-se no Município de Guarapari, litoral sul do Espírito Santo entre as coordenadas 20°33'-20°38'S e 40°23'-40°26'W. As Restingas ocupam 80% do litoral brasileiro, o que corresponde a 7.110 km. Esse ambiente tem sua formação vinculada ao período Quaternário, que tem início há cerca de dois milhões de anos. Durante esse período o mar realizou intenso trabalho de erosão e deposição de material arenoso devido aos diferentes estágios de flutuação de níveis relativos do mar e do transporte longitudinal de areia. Esse trabalho teve como objetivos: (1) caracterizar aspectos químicos, físicos e microbiológicos de cinco ambientes de Restinga: Aberta de Clusia (Entre Núcleos Vegetacionais), Aberta de Clusia (Núcleos Vegetacionais), Floresta não Inundável, Floresta Periodicamente Inundada e Brejo Herbáceo; (2) gerar dados que possam subsidiar ações de recuperação de áreas degradadas. Foram realizadas análises químicas de rotina, calcinação de amostras de solo em mufla e posterior determinação em ICP de elementos químicos liberados com a queima. Nos aspectos físicos foram realizadas análises de textura, fracionamento dos grãos de areia em cinco classes, equivalente de umidade, curva característica de água e por fim análises microbiológicas com determinação do carbono da biomassa microbiana e da diversidade de fungos e bactérias. Foi realizado então um transecto na área de estudo, tendo início no complexo vegetacional Aberta de Clusia, passando posteriormente pela Floresta não Inundada, Floresta Periodicamente Inundada e por fim chegando no Brejo Herbáceo. Em cada unidade vegetacional foram abertas cinco minitrincheiras de 40 cm de profundidade, exceção feita na formação Aberta de Clusia, onde foram abertas dez minitrincheiras, sendo

cinco nos núcleos vegetacionais e cinco na região entre núcleos vegetacionais. Nessas minitrincheiras foram coletadas amostras nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm. A microscopia eletrônica de varredura constatou a presença de cavidades nos grão de areia que são preenchidas por material organomineral que faz o capeamento do grão de areia. Estes aspectos são fundamentais para a retenção de água no solo e desenvolvimento da microbiota do solo. Os resultados desta pesquisa mostram que as características químicas e físicas do solo, assim como a acidez e as condições de saturação hídrica têm influência direta na distribuição da vegetação, tendo reflexo na microbiota do solo, em termos de carbono da biomassa microbiana e diversidade de micro-organismos, que se mostram diferentes entre os ambientes.

## ABSTRACT

ROCHA, Pablo de Rocha Azevedo, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, in April, 2012. **Soil characteristics of five environments Restinga of the State Park Paulo Cesar Vinha-ES, Brazil.** Advisor: Liovando Marciano da Costa. Co-advisors: Renato Ribeiro Passos and Andreza Viana Neri

The State Park Paulo Cesar Vinha (PEPCV) has about 1,500 ha in area and approximately 12 km of coastline. It is located in the city of Guarapari, southern coast of the Espirito Santo State between the coordinates 20 ° 33'-20 ° 38'S and 40 ° 23'-40 ° 26'W. The Restingas occupy 80% of the Brazilian coast, which corresponds to 7110 km. This environment has its formation associated to the Quaternary period, which began about two million years ago. During this period the sea erosion it was deposited of sandy material due to the different stages of fluctuation levels on the sea and the longitudinal transport of sand. The study aimed to characterize the chemical, physical and microbiological of Restinga five environments: Open Clusia (nuclei between vegetation), Open Clusia (nuclei of vegetation) non-flooded Forest, periodically flooded Forest, Marsh and Herbaceous; generate data that can support recovery actions of disturbed areas and support for new research. Chemical analyzes were performed routinely calcination samples in a muffle furnace and subsequent determination of chemicals elements in ICP released by calcination. Physical aspects were analyzed such as, texture, fractionation of grains of sand in five classes: moisture equivalent, of the soil water characteristic curve and finally to determine the microbiological biomass and diversity of fungi and bacteria. It was then carried out a transect in the study area, beginning with the complex vegetation Open Clusia, subsequently passing the non-flooded forest, periodically flooded forest and finally arriving in Marsh Herbaceous. In each vegetation unit were open trenches 0 to 40 cm depth, except at the Open Clusia formation, where ten trenches were opened, five and five in the nuclei of vegetation in the region between core vegetation where the soil is almost completely devoid of vegetation. In these trenches were sampled at 0-20 cm and 20-40 cm. Scanning electron microscopy revealed the presence of cavities in the grain of sand that are filled with organic mineral material that is capping the grain of sand. These aspects are fundamental for soil water retention and

development of soil microbial. These results show that the chemical and physical soil properties, as well as the acidity and water saturation conditions have a direct influence on the distribution of vegetation, having reflected on soil, in terms of microbial biomass and diversity of micro-organisms, which show difference between environments.

## 1 - Introdução

O Parque Estadual de Setiba, criado pelo Decreto Estadual nº. 2.993-N de 05 de junho de 1990 encontra-se dentro da Área de Proteção Ambiental de Setiba classificada como de uso sustentável. Em 02 de maio de 1994 foi publicada a Lei Estadual nº. 4.903 que confere uma nova denominação ao parque, que passa a ser identificado como Parque Estadual Paulo Cesar Vinha (PEPCV). A nova denominação dessa área se deve à morte do biólogo Paulo Cesar Vinha, que tinha um histórico de luta contra a extração ilegal de areia em áreas de Restinga da Grande Vitória, estado do Espírito Santo, sendo então assassinado no limite norte do Parque, em 28 de abril de 1993. O PEPCV, tem sede no município de Guarapari-ES, abrangendo 1,6% de seu território e 1,4% do território de Vila Velha - ES

É importante ressaltar que o Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA-ES) é hoje responsável pela administração de nove Unidades de Conservação (UCs) dentre elas a Área de Proteção Ambiental (APA) de Setiba, totalizando cerca de 0,8% (36.840,25 ha) do território do Espírito Santo. Já as UCs declaradas pelo poder público federal, cobrem 75.522,512 ha, correspondendo a 1,64% do território do estado. A Restinga de Setiba foi considerada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) como área prioritária para conservação da biodiversidade, contemplando-a na categoria de alta importância biológica (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000). Além disso, o PEPCV está inserido na Reserva da Biosfera (UNESCO, 2009) e é considerado um Hotspot, ou seja, uma área prioritária para conservação por abrigar alta biodiversidade a qual se encontra ameaçada em grau elevado.

As primeiras menções a respeito de Restingas no Estado do Espírito Santo podem ser encontradas nos trabalhos de Ruschi (1950) e Azevedo (1962) sobre a fitogeografia do estado. Posteriormente, Pereira (1990) iniciou um trabalho de identificação de comunidades vegetais da Restinga de Setiba, o que impulsionou vários outros estudos em diferentes pontos do litoral capixaba.

As formações florestais de Restinga no estado do Espírito Santo foram as menos estudadas, com o conhecimento se restringindo a seis

levantamentos florísticos e dois estudos fitossociológicos (MAGNAGO, 2010). Estudos que relacionam fatores edáficos na delimitação de formações de Restinga são ainda mais escassos, com destaque para Fabris (1995), Sztutman & Rodrigues (2002) e Guedes et al (2006) .

Historicamente, a Restinga do estado foi inicialmente substituída por monoculturas de subsistência, sendo que atualmente os impactos estão principalmente relacionados à extração de areia para construção civil, especulação imobiliária e extração de madeira para utilização como combustível (PEREIRA, 2007). No estado do Espírito Santo o ecossistema Restinga encontra-se localizado ao longo de cerca de 370 km de costa (THOMAZ & MONTEIRO, 1993), interrompido em alguns pontos pelos Tabuleiros e pelas formações Pré-cambrianas (MOREIRA & CAMELIER, 1977).

As Restingas ocupam 80% do litoral brasileiro, o que corresponde a 7.110 km (SUGUIO & TESSLER 1984). Esse ambiente tem sua formação vinculada ao período Quaternário, que tem início há cerca de dois milhões de anos. Durante esse período o mar realizou intenso trabalho de erosão e deposição de material devido aos diferentes estágios de flutuação de níveis relativos do mar e do transporte longitudinal de areia. Assim, foram sendo construídas as planícies costeiras brasileiras com uma seqüência de transgressões e regressões marítimas, dando origem aos cordões litorâneos pleistocênicos mais internos ao continente e cordões holocênicos mais externos ao continente e conseqüentemente mais próximo ao mar. Na maior parte das vezes esses cordões estão associados a sistemas de lagunas.

Os solos de Restinga são essencialmente arenosos, exceção a área intercordões, onde se tem um aporte maior de silte, argila e matéria orgânica. Nas áreas entre os cordões arenosos ocorrem terrenos topograficamente mais baixos, originados da sedimentação parcial ou total de lagunas e, ou, paleo-lagunas, apresentando por isso áreas inundadas ou inundáveis, tendo solos síltosos e, ou, areno-argilosos, mais ricos em matéria orgânica (MARTIN et al. 1997).

Sobre os cordões arenosos, localizam-se as formações não inundáveis de Restinga, ou seja, áreas sem afloramento do lençol freático. Suguio & Tessler (1984) consideram as seguintes fontes de areia na construção das planícies arenosas: escarpas arenosas da Formação Barreiras, rios que provem do interior e desembocam no oceano, escarpas do embasamento cristalino, areias que recobrem a plataforma continental.

O ecossistema Restinga, no sentido geomorfológico, é a paisagem Quaternária arenícola marítima, que desde Ule (1901) e Dansereau (1947) já se distinguia dos litorais rochosos (Costões) e lamosos (Manguezais), que formam o conjunto de formas costeiras do Brasil. A palavra Restinga, no sentido fitogeográfico, designa as formações vegetais que cobrem as planícies Quaternárias arenosas litorâneas. No sentido ecológico, indica todo o conjunto de fatores bióticos e abióticos que interagem entre si, formando um ecossistema com características peculiares (SILVA, 1990). As Restingas resultam da ação conjunta de fontes de areia, correntes de deriva litorânea, variação do nível relativo do mar e de armadilhas para retenção de sedimentos formados durante o Quaternário (SUGUIO & TESSLER, 1984).

As Restingas são ecossistemas que geram grandes preocupações por serem considerados ambientes de grande fragilidade, passíveis de perturbação e baixa capacidade de resiliência, devendo-se isso ao fato da vegetação se encontrar sobre solos arenosos, altamente lixiviados e pobres em nutrientes (ARAÚJO et al., 2004). A supressão dessa vegetação ocasiona uma reposição lenta, geralmente de porte e diversidades menores, onde algumas espécies passam a predominar (CONAMA, 1996). As Restingas são consideradas formações pioneiras, recebendo esta denominação, por serem um conjunto vegetacional que ocupa áreas de solo de deposição recente, ainda instáveis (VELLOSO, 1992), frutos de processos de acumulação marinha, fluviomarinha e eólica. A maior parte dessa formação apresenta porte herbáceo ou arbustivo, mas, à medida que as condições edáficas tornam-se mais favoráveis a densidade de árvores aumenta, favorecendo o aparecimento de florestas (IVANAUSKAS & ASSIS, 2009).

Ambientes de Restinga, cuja comunidade microbiana é pouco conhecida, podem representar grandes bancos genéticos para a pesquisa e desenvolvimento de produtos biotecnológicos, considerando-se que os micro-organismos representam as formas de vida mais abundantes e diversificadas do planeta, e detêm a maior proporção da diversidade genética existente (LAMBALIS, 2005).

A diversidade funcional compreende a diversidade das atividades microbianas no solo. Ela assume grande importância em avaliações ecológicas dos micro-organismos dentro do ecossistema, sobretudo, porque se conhece muito pouco sobre a relação entre diversidade estrutural e funcional desses micro-organismos. Existe, entretanto, o consenso de que a diversidade microbiana está diretamente relacionada à estabilidade do ecossistema (KENNEDY, 1999).

Os micro-organismos constituem grande e dinâmica fonte e depósito de nutrientes em todos os ecossistemas e participam ativamente em processos benéficos como a estruturação do solo, a fixação biológica de N, a solubilização de nutrientes para as plantas, a redução de patógenos e pragas de plantas, a degradação de compostos persistentes aplicados ao solo, em associações micorrízicas e em outras propriedades do solo que afetam o crescimento vegetal (KENNEDY & PAPENDICK, 1995; KENNEDY & SMITH, 1995).

Esse estudo teve como finalidade caracterizar os solos em seus aspectos químicos, físicos e microbiológicos em cinco diferentes formações vegetais de Restinga e gerar subsídios para a recuperação de áreas degradadas em ambientes de Restinga.

## 2 - Material e Métodos

### 2.1 - Localização da área de estudo

O Parque Estadual Paulo César Vinha (PEPCV) possui cerca de 1.500 ha de área e aproximadamente 12 km de litoral. Tem sua sede no município de Guarapari, litoral sul do Espírito Santo, e está entre as coordenadas 20°33'-20°38'S e 40°23'-40°26'W (THOMAZ et al., 2004). O mapa de localização do PEPCV é apresentado na Figura 01.

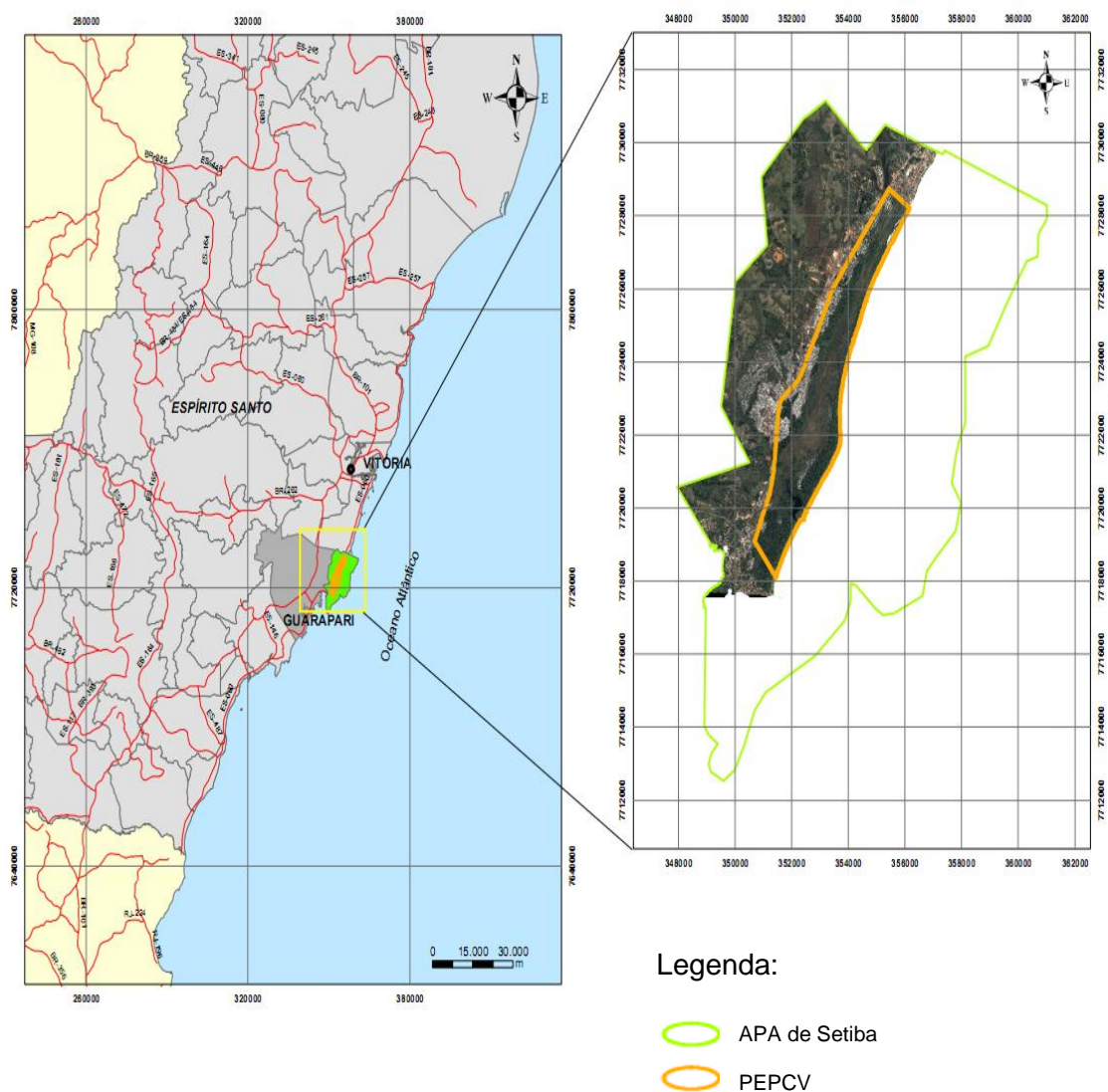


Figura 01- Mapa de Localização do PEPCV, litoral sul do estado do Espírito Santo. O município de Guarapari faz parte da Grande Vitória - ES.  
Fonte: Plano de Manejo do PEPCV (2007)

O PEPCV está inserido na APA de Setiba, Unidade de Conservação de Uso Sustentável, que funciona como zona de amortecimento de impactos, porém também sofre intensa pressão devido à extração ilegal de areia, queimadas, atropelamento de animais, retirada de madeira e ocupação desordenada (IEMA, 2009).

Segundo Köpen, o clima é do tipo Aw, quente e úmido, caracterizado por uma curta e pouco sensível estação seca no inverno e chuvosa no verão.

Em 1990 foram descritas onze formações de Restinga no PEPCV, Pós-praia, Palmae, Mata de Myrtaceae, Floresta não Inundada, Brejo Herbáceo, Floresta Periodicamente Inundada, Floresta Permanentemente Inundada, Aberta de Ericaceae, Aberta de Clusia, Halófila e Psamófila Reptante, tomando-se como base a descrição realizada para as Restingas do Estado do Rio de Janeiro (PEREIRA, 1990). A Restinga do PEPCV possui diferentes fisionomias em função de lagoas, lagunas, depressões entre cordões arenosos, planícies alagadas, que junto com outras variáveis, possibilitaram que as espécies vegetais se agrupassem, de maneira a constituir diferentes comunidades (PEREIRA, 1990).

## **2.2 - Trabalho de Campo**

O trabalho de campo teve como finalidade o reconhecimento do ambiente, com posterior coleta de solo e caracterização fitofisionômica em cinco ambientes de Restinga: Aberta de Clusia, ( Núcleo Vegetacional e área entre Núcleos Vegetacionais) Floresta não Inundada (FNI), Floresta Periodicamente Inundada (FPI) e Brejo Herbáceo.

Foi feito então um transecto na área de estudo, tendo início no complexo vegetacional Aberta de Clusia ( Núcleo Vegetacional e área entre Núcleos Vegetacionais) passando posteriormente pela Floresta não Inundada (FNI), Floresta Periodicamente Inundada (FPI) e por fim chegando ao Brejo Herbáceo. Em cada unidade vegetacional foram abertas cinco minitrincheiras de 40 cm de profundidade, exceção feita na formação Aberta de Clusia, onde foram abertas dez minitrincheiras, sendo cinco nos núcleos vegetacionais e

cinco na área entre núcleos vegetacionais, onde o solo se encontra praticamente desprovido de vegetação. Nos pontos de coleta três e quatro da Floresta Periodicamente Inundada não se realizou a coleta de solo na camada de 20–40 cm devido à altura do lençol freático que cobria essa camada.

Nessas minitíncheiras foram coletadas amostras de solo nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm. Em cada uma dessas profundidades foram retiradas cinco subamostras, que foram homogeneizadas para obtenção de uma amostra composta. As minitíncheiras foram abertas dentro de quadrantes de 50 m por 50 m, em cada unidade vegetacional supracitada, de maneira a representar os diferentes pedoambientes da área em estudo.

As amostras de solo foram secas ao ar e passadas em peneira de 2,0 mm para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA).

## **2.3 - Trabalho de Laboratório**

As análises laboratoriais tiveram como referência a metodologia utilizada no Manual de Métodos de análise de solo, descrito por Embrapa (EMBRAPA, 2007), e possíveis adaptações verificadas na literatura.

### **2.3.1 - Análises Químicas dos Solos**

Foram realizadas as seguintes análises químicas do solo: pH em água (relação 1:2,5); fósforo disponível extraído por Mehlich-1 e determinado por espectrômetro de absorção molecular; potássio e sódio trocáveis extraídos por Mehlich-1 e determinado em espectrofotômetro de emissão de chama; cálcio e magnésio extraídos por KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinado em espectrofotômetro de absorção atômica; alumínio trocável extraído por KCl 2 mol L<sup>-1</sup> e determinado por titulação com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>, utilizando procedimentos metodológicos descritos em Embrapa (1997); carbono orgânico total por extração em meio ácido com K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,167 mol L<sup>-1</sup> e titulação com Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O 0,2 mol L<sup>-1</sup> (YEOMANS & BREMNER, 1988).

O fósforo remanescente (P- rem) teve seu valor obtido em amostra de TFSA com CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>, contendo 60 mg L<sup>-1</sup> de P, na relação

solo:extrator de 1:10 segundo Alvarez & Fonseca (1990) e determinado nos extratos segundo Murphy & Riley (1962).

### **2.3.2 - Calcinação das Amostras nos Horizontes Superficiais dos Solos e Determinação dos Teores de Nutrientes**

Foi efetuada a calcinação das amostras nos horizontes superficiais do solo, representando os primeiros 20 cm das minitrincheiras abertas em cada ambiente estudado.

Desse modo, foram utilizados cadinhos contendo 5 g de solo que foram submetidos à calcinação em mufla por um tempo de duas horas a 500°C. Em seguida o material de solo foi lavado com 20 mL de HCl 1 mol L<sup>-1</sup> e filtrado com papel filtro. O filtrado foi levado ao espectrofotômetro de absorção atômica e ao plasma, a fim de determinar que elementos foram liberados pela queima do material orgânico. Com isso foram avaliadas as concentrações dos seguintes elementos: ferro, sódio, enxofre, magnésio, cálcio, potássio e fósforo.

## **2.4 - Análises Físicas dos Solos**

### **2.4.1 - Textura e Fracionamento da Areia**

A determinação da granulometria foi feita pesando-se aproximadamente 20 g de TFSA em béquer de 250 mL. Após a pesagem acrescentaram-se 50 mL de solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> e 150 mL de água deionizada; logo em seguida procedeu-se a agitação com bastão de vidro, deixando-se em repouso por um período mínimo de seis horas. Decorrido esse tempo inicia-se a dispersão mecânica com agitação da amostra durante 16 h, a 50 rpm com agitador do tipo Wagner. As frações argila e silte, que englobam partículas com tamanho inferior a 0,053 mm, foram separadas por sedimentação, segundo a lei de Stokes.

Sendo o ambiente em estudo caracterizado pelo domínio da fração areia, esta foi fracionada em cinco classes: muito grossa (2,0 mm - 1,0 mm), areia grossa (1,0 mm - 0,5 mm), areia média (0,5 mm - 0,25 mm), areia fina

(0,25 mm - 0,105 mm) e areia muito fina (0,105 mm - 0,053 mm). Esse procedimento foi feito utilizando um conjunto de peneiras acopladas ao aparelho RO-TAP, onde as amostras foram submetidas a agitação por um período de dois minutos, com frequência de 3600 vibrações por minuto (vpm). Posteriormente, procedeu-se a pesagem do material presente em cada uma das peneiras determinando-se a porcentagem em massa de cada classe de areia proposta para o trabalho.

#### **2.4.2 - Equivalente de Umidade**

Amostras de TFSA foram previamente saturadas com água durante duas horas, em pequenas caixas de metal que possuem fina tela de arame contendo papel filtro. Percorrido o tempo citado, o conjunto formado pela caixa e o solo saturado foram submetidos à um processo de centrifugação a 2.440 rpm, durante 30 min. Posteriormente, transferiu-se a amostra para um recipiente com tampa previamente tarado, com aproximação de 0,01 g (MR). Pesou-se então o conjunto solo, água e recipiente, levando-se à estufa a 105°C, durante um período de 24 h. Decorrido o tempo de estufa retirou-se o conjunto, sendo este colocado em dessecador até ser atingida a temperatura ambiente, logo em seguida pesou-se o conjunto (recipiente + solo seco).

Para a os cálculos de umidade foi utilizada a seguinte formula:

$$U = \frac{M(R+Solo+Água) - M(R+ Solo)}{M(R+Solo) - M(R)}$$

Em que: M= massa    R= Recipiente

É importante enfatizar que o procedimento descrito acima foi realizado com o grão de areia capeado, e não capeado. A retirada do capeamento da areia foi feito por processo de lavagem com NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>. Para tal, foram colocadas 110 g de solo de cada amostra em recipiente de vidro adicionando-se a estes um volume de aproximadamente 20 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> de

modo que cobrisse toda a amostra de solo presente no recipiente. O conjunto foi então homogeneizado ficando em descanso por cerca de 12 h, sendo posteriormente lavado três vezes com água destilada, com intervalo de uma hora para cada lavagem. Esse procedimento foi realizado até o momento em que a água da lavagem não mais se encontrava turva.

### **2.4.3 - Curva Característica de Água do Solo**

Para a determinação da curva característica de água do solo, foram utilizados seis valores de tensão, sendo estes: 6 kPa, 10 kPa (capacidade de campo), 30 kPa, 100 kPa, 300 kPa e 1500 kPa (ponto de murcha permanente). Esta determinação foi feita nos solos sob as formações vegetacionais: Aberta de *Clusia* (núcleos vegetacionais e entre núcleos vegetacionais), Floresta não inundada e Brejo Herbáceo.

O procedimento iniciou-se com a saturação das amostras durante um período mínimo de 12 h, logo em seguida as amostras foram submetidas as respectivas tensões acima citadas. Utilizou-se a mesa de tensão, para as tensões de 6 kPa e 10 kPa, e utilizou-se o extrator de Richard, nas tensões de 30 kPa, 100 kPa, 300 kPa e 1500 kPa.

As amostras foram submetidas às tensões por um período de 72 h, decorrido este tempo cada amostra foi transferida para um recipiente com tampa, sendo estes previamente tarados, com aproximação de 0,01 g (MR) Pesou-se o conjunto com aproximação de 0,01 g [M(R+Solo+Água)]. Em seguida tal conjunto foi levado à estufa a 105°C durante 24 h. Transcorrido o tempo citado anteriormente, colocou-se o conjunto em um dessecador, até que a temperatura ambiente fosse atingida, procedendo-se então a pesagem do conjunto (recipiente + solo seco).

Para os cálculos de umidade foi utilizada a seguinte fórmula:

$$U = \frac{M(R+Solo+Água) - M(R+ Solo)}{M(R+Solo) - M(R)}$$

Em que: M= massa; R= Recipiente

## **2.5 - Análises Microbiológicas**

### **2.5.1 - Coleta do Solo**

Para se procederem as análises microbiológicas de forma que os dados sejam seguros, deve-se ter mais cuidados na coleta do solo, principalmente em relação ao transporte e armazenamento do material coletado. As amostras de solo para as análises microbiológicas e de diversidade de micro-organismos dos domínios Bactéria e Eucaria foram colocadas em caixa térmica com gelo para o transporte e posterior armazenagem sob refrigeração a temperatura de 4°C e em ultrafreezer a temperatura de -70°C.

### **2.5.2 - Carbono da Biomassa Microbiana e Quociente Microbiano**

O carbono da biomassa microbiana foi determinado em 12 amostras do horizonte superficial de solo (0-20 cm) de quatro ambientes do PEPCV: Núcleos Vegetacionais, Entre Núcleos Vegetacionais, ambos na formação vegetal Aberta de Clusia, Brejo Herbáceo e Floresta não Inundada (FNI). Em cada um dos ambientes supracitados foram coletadas três amostras.

O carbono da biomassa microbiana foi extraído pelo método fumigação extração (VANCE et al., 1987), e determinado por reação com permanganato de potássio (BARTLETT et al., 1994)

A concentração de carbono foi calculada a partir de gráfico de curva de calibração resultante dos dados dos padrões de, 0, 6, 12, 18 e 24 mg L<sup>-1</sup> de C-ácido oxálico (BARTLETT et al., 1994).

O quociente microbiano (qMIC) foi determinado dos valores de CBM e da conversão dos valores de matéria orgânica do solo para carbono orgânico (CO), pela relação  $CO = MO / 1,724$  (SILVA, 1999) sendo o  $qMIC = CBM / CO \times$

100, o que expressa quanto do C orgânico do solo está imobilizado na biomassa microbiana (SILVA, 2010).

### **2.5.3 - Análise da Diversidade Genética**

A extração de DNA das amostras de solo do PEPCV consistiu em suspender 0,25 g de solo em uma solução contendo detergentes, com a finalidade de enfraquecer as paredes celulares dos micro-organismos, e de pérolas de vidro minúsculas, que rompem as células sob forte agitação, liberando no meio seus componentes celulares. O procedimento foi realizado com a utilização do “Kit” de extração PowerSoil™ DNA (MoBio Laboratories Inc. – Carlsbad, CA, USA), sendo todo o processo de extração e purificação do DNA realizado seguindo-se as recomendações do fabricante.

### **2.5.4 - Reação de Polimerização em Cadeia (PCR)**

A reação da polimerase em cadeia foi feita conforme descrito em Gelsomino e Caco (2006). O DNA extraído do solo foi submetido a reação de polimerização em cadeia (PCR), que tem por finalidade a amplificação do material genético a ser utilizado na Eletroforese em Gel com Gradiente Desnaturante (DGGE). Para tal utilizaram-se pares de iniciadores (“primers”) de acordo com a região-alvo a ser amplificada.

Foram amplificadas as regiões dos genes, rDNA 16S para bactérias e rDNA 18S para fungos. Um grampo GC foi adicionado ao terminal 5’ dos iniciadores para prevenir a completa desnaturação dos amplicons durante a eletroforese com gradiente desnaturante (MUYZER et al., 1993). As reações e os primers utilizados no PCR para bactérias e fungos estão descritas no quadro 01.

Quadro 01 - Reações e os primers utilizados no PCR para bactérias e fungos

<b>Bactérias - Primeira Reação</b>	
<b>Componentes</b>	<b>Volume (µL)</b>
Tampão 5X	5,0
primer 984 GC	0,5
primer 1378	0,5
MgCl <sub>2</sub>	2,3
Taq	0,40
DNTP	0,5
DNA	1,0
BSA	2,5
Formamida	0,5
Água	11,9
TOTAL	25,0
<b>Fungos - Primeira Reação</b>	
<b>Componentes</b>	<b>Volume (µL)</b>
Tampão 5X	5,0
primer EF3	0,5
primer NS1	0,5
MgCl <sub>2</sub>	2,3
Taq	0,20
DNTP	0,5
DNA	1,0
Água	15,1
TOTAL	25,0
<b>Fungos - Segunda Reação</b>	
<b>Componentes</b>	<b>Volume (µL)</b>
Tampão 5X	5,0
primer FF390	0,5
primer FR1GC	0,5
MgCl <sub>2</sub>	2,3
Taq	0,20
DNTP	0,5
DNA	1,0
Água	15,1
TOTAL	25,0

Após a reação de PCR, seus produtos foram verificados em gel de agarose a 1,2 % após a coloração com gel red. Foram aplicados ao gel 5 µL de cada amostra e do marcador de tamanho DNA Ladder – 100 bp (Invitrogen – California, USA). Os rDNA 16S e rDNA 18S obtidos foram submetidos a Nested – PCRs a obter géis de DGGE para serem utilizados para a determinação das unidades taxonômicas operacionais (UTOs).

### **2.5.5 - DGGE - Eletroforese em Gel com Gradiente Desnaturante**

A eletroforese foi realizada utilizando-se o equipamento “Dcode™ Universal Mutation Detection System” (BIO-RAD – Califórnia, USA). Os produtos de PCR foram aplicados em volume de 20 µL, juntamente com 15 µL do tampão da amostra (azul de bromofenol 0,05 %, xileno cianol 0,05 %, glicerol 70 % e TAE 1X) diretamente no gel de poliacrilamida a 5 %, com gradiente de 35-55 % para Eucaria e 40-50% para Bactéria.

As imagens dos géis de DGGE foram reveladas, sendo as mesmas processadas com o uso do software Bionumerics v.6.0 para se obter o agrupamento e as de Unidades Taxonômicas Operacionais (UTO) nas amostras por ambiente. Para análise dos agrupamentos foi utilizado o método UPGMA.

## **2.6 - Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

Foram analisadas oito amostras de areia em três formações de Restinga: Aberta de *Clusia*, Floresta não Inundada e Brejo Herbáceo. As oito amostras foram assim divididas: duas amostras por ambiente, com exceção da formação Aberta de *Clusia*, onde foram analisadas quatro amostras, duas nos núcleos vegetacionais e duas na área entre núcleos vegetacionais.

Os pares de amostras de cada ambiente foram divididos em areias capeadas e não capeadas. Os grãos de areia selecionados foram aderidos ao porta amostra do MEV.

Para serem analisados no MEV os grão de areia foram previamente metalizados. A metalização consiste na precipitação, a vácuo, de uma película micrométrica de material condutor, no caso utilizou-se ouro (Au), sobre a superfície do grão de areia, possibilitando a condução da corrente elétrica.

A imagem eletrônica de varredura é formada pela incidência de um feixe de elétrons no material a ser analisado, sob condições de vácuo. A incidência do feixe de elétrons no material promove a emissão de elétrons secundários, retroespalhados, *auger* e absorvidos, assim como de raios X característicos e de catodoluminescência (REED, 1996).

### 3 - Resultados e Discussão

#### 3.1 - Aberta de Clusia

A formação vegetal Aberta de Clusia está assentada sobre terreno arenoso, ocupa 202,51 ha, apresenta uma fitofisionomia predominantemente arbustiva com altura média de quatro a seis metros, porém ocorrendo também arboretos e árvores de Clusia de médio porte. Essa área encontra-se organizada em, núcleos vegetacionais e área entre-núcleos vegetacionais, sendo que os núcleos se caracterizam pela associação de espécies vegetais que o compõem, com destaque para a Clusia que ocupa posição central no núcleo, bromélias (pioneira) principalmente a *Vriesea neoglutinosa* (Mez) e Orchidaceae como *Eltroplectris calcarata* (Sw.) Garay & H.R. Sweet (Figura 02).

A área entre núcleos vegetacionais apresenta-se em grande parte com solo exposto, podendo apresentar bromélias, cactos, entre outras (Figura 03). Nesta formação o lençol freático encontra-se bem mais afastado da superfície, em alguns pontos mais de seis metros abaixo da superfície. Nesta formação vegetal ocorre o predomínio de Neossolos Quartezarênicos.



Figura 02 - Núcleos Vegetacionais compostos principalmente por espécies arbustivas, lianas, epífitas e herbáceas – PEPCV.



Figura 03 - Área Entre Núcleos Vegetacionais com predomínio de herbáceas e pequenos arbustos –PEPCV.

Algumas das plantas encontradas nessa formação vegetacional encontram-se relacionadas no quadro 03.

Quadro 03 - Lista das espécies vegetais encontradas na formação Aberta de Clusia no PEPCV

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>Nome Vulgar</b>
Smilacaceae	<i>Smilax rufescens</i> (Griseb)	Japecanga preta
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> (DC)	Murici do Brejo
Arecaceae	<i>Allagoptera arenaria</i> (Gomes) Kuntze	Guriri
Cactaceae	<i>Cereus fernambucensis</i> (Lem.)	Cacto rosa
Orchidaceae	<i>Epidendrum denticulatum</i> (Barb. Rodr.)	Orquídea rosa
Malpighiaceae	<i>Stigmaphyllon paralias</i> (A. Juss.)	Mozer
Leg. Faboioidea	<i>Stylosanthes viscosa</i> (L.) Sw	Lima
Clusiaceae	<i>Clusia hilariana</i> (Schltdl.)	Abaneiro
Clusiaceae	<i>Garcinia brasiliensis</i> (Mart.)	Guanandi de areia
Leg. Caesalpinioidea	<i>Chamaecrista ramosa</i> (Vogel) H.S. Irwin & Barneby	Arruda das neves
Bromeliaceae	<i>Vriesea procera</i> (Mart. ex Schult.f.) Wittm.	Bromélia do alto

Fonte: Plano de Manejo do PEPCV, 2007.

### 3.1.1 - Análise Química das Amostras dos Solos

Foi feita a classificação qualitativa dos valores obtidos na análise química das amostras dos solos pelos critérios propostos por Alvarez (1999).

Na Formação Aberta de Clusia o solo apresentou pH baixo, sendo a acidez considerada elevada em todos os cinco pontos de coleta e com ligeiro aumento do pH na profundidade de 20 cm - 40 cm (Quadro 04). É importante ressaltar que as vegetações arbustivas (“heather”) são reconhecidas como fortemente acidificadoras do solo (MIES, 1985).

As concentrações de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> encontradas foram baixas em todos os pontos, embora essa formação esteja localizada a menos de dois quilômetros do mar. Os valores de P, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> determinados são muito baixos,

caracterizando assim um ambiente oligotrófico que apresenta conseqüentemente solos distróficos. A soma de bases (SB) assim como a CTC efetiva (t) e a CTC a pH 7 (T) foram muito baixas. Em relação a T o único ponto de coleta que apresentou elevação foi o três, em razão dos maiores valores de  $Al^{3+}$  e matéria orgânica (M.O.). Considerando-se a saturação por alumínio (m%), os valores são altos, com exceção do ponto de coleta quatro, onde esses valores elevados se devem mais a baixa SB. Os valores de M.O foram baixos na profundidade de 0-20 cm e muito baixos de 20-40 cm, exceção feita ao ponto três que apresentou valores de M.O. nos primeiros 20 cm que podem ser considerados bons.

Ainda conforme dados apresentados no quadro 04, foram observados valores elevados P-rem em todas as amostras analisadas, refletindo o baixo teor de argila encontrado. O aumento da adsorção de fosfatos, em relação à textura do solo, segue a seguinte ordem: argila>silte>areia fina>areia grossa.

Quadro 04 - Atributos químicos e físicos das amostras de solos na formação vegetacional Aberta de Clusia no PEPCV- Núcleos Vegetacionais

Amostra	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-rem	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Equivalente umidade
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	dag kg <sup>-1</sup>			kg kg <sup>-1</sup>					
<b>Aberta de Clusia P1</b>																					
0-20 cm	4,48	0,40	3,00	0,10	0,14	0,34	0,76	7,70	0,49	1,25	8,19	6,00	60,80	1,90	57,00	96	1	0	3	Areia	0,028
20-40 cm	5,01	0,20	1,00	0,00	0,00	0,04	0,10	3,10	0,04	0,14	3,14	1,30	71,40	0,38	59,00	95	2	0	3	Areia	0,011
<b>Aberta de Clusia P2</b>																					
0-20 cm	4,61	0,40	7,00	3,10	0,08	0,12	0,38	5,50	0,23	0,61	5,73	4,00	62,30	1,14	59,70	93	2	1	4	Areia	0,015
20-40 cm	4,95	0,10	1,00	0,00	0,00	0,01	0,10	2,70	0,01	0,11	2,71	0,40	90,90	0,13	56,60	93	4	0	3	Areia	0,009
<b>Aberta de Clusia P3</b>																					
0-20 cm	4,15	1,00	18,00	19,10	0,27	0,45	1,33	14,10	0,85	2,18	14,95	5,70	61,00	4,31	60,00	94	1	0	5	Areia	0,034
20-40 cm	4,74	0,40	1,00	0,00	0,00	0,02	0,19	2,80	0,02	0,21	2,82	0,70	90,50	0,25	58,00	90	7	0	3	Areia	0,009
<b>Aberta de Clusia P4</b>																					
0-20 cm	4,75	0,40	4,00	1,10	0,18	0,27	0,38	4,40	4,46	0,84	4,86	9,50	45,2	1,01	57,50	93	3	0	4	Areia	0,060
20-40 cm	5,19	0,10	1,00	0,00	0,00	0,03	0,00	2,20	0,03	0,03	2,23	1,30	0,00	0,13	52,30	90	7	0	3	Areia	0,009
<b>Aberta de Clusia P5</b>																					
0-20 cm	4,70	0,40	2,00	0,00	0,10	0,10	0,29	3,90	0,21	0,50	4,10	5,10	58,00	0,99	60,0	92	5	0	3	Areia	0,013
20-40 cm	5,01	0,20	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10	2,80	0,02	0,12	2,82	0,70	83,30	0,13	51,00	94	3	0	3	Areia	0,008

Um dos fatores que deve contribuir para a baixa retenção de sais no perfil do solo de Restinga, segundo Casagrande et al. (2006), é a baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e ânions (CTA), resultante do baixo teor de argila e matéria orgânica, principalmente no subsolo. As raízes da vegetação de Restinga desenvolvem-se superficialmente, onde é maior a concentração de cálcio e menor a saturação por alumínio, explorando um pequeno volume de solo (SATO, 2007). Além dessas características, algumas plantas apresentam certa adaptação para suprir suas necessidades nutricionais em ambientes oligotróficos. Uma destas pôde ser vista em campo, como a capacidade da rizosfera em liberar substâncias que promovem grande aderência dos grãos de areia às raízes (Figura 04)



Figura 04 - Aderência de grãos de areia nas raízes – Aberta de Clusia - PEPCV.

Outra adaptação que a planta possui para um ambiente pobre de nutrientes no qual a percolação de água é rápida, é a capacidade de ajustar o seu metabolismo para se adaptar a um ambiente inóspito. Um exemplo é a Clusia uma espécie CAM, que possui o metabolismo ácido das crassuláceas, de elevada ocorrência em Restinga do Brasil, ecossistemas sujeitos a fortes estresses ambientais, de alta irradiação solar, temperaturas elevadas do ar e do solo, baixa disponibilidade de nutrientes e baixa capacidade de retenção de água (LIEBIG et al., 2001). As plantas CAM, têm entre outras características a

capacidade de fixar o CO<sub>2</sub> atmosférico predominantemente à noite. Esta estratégia permite que as plantas CAM apresentem elevada taxa de eficiência no uso da água (DRENNAM & NOBEL, 2000).

Plantas CAM, apresentam diversas características anatômicas e morfológicas, incluindo cutículas espessas, baixa relação superfície-volume, células e vacúolos grandes, elevada capacidade de acumular água (suculência) e redução do tamanho ou da quantidade dos estômatos (CUSHMAN, 2001). Provavelmente por apresentarem poderoso e persistente controle de seu suprimento de CO<sub>2</sub> e água (BLACK & OSMOND, 2003), essas plantas têm maior capacidade de suportar o enorme estresse ambiental a que são submetidas. Neste contexto, segundo Ernest (1983), o posicionamento de uma espécie num ambiente oligotrófico depende, em grande parte, de suas estratégias adaptativas. Acredita-se que parte do seu sucesso na colonização de ambientes inóspitos esteja relacionado ao metabolismo ácido das crassuláceas (FRANCO et al., 1999).

Na formação Aberta de *Clusia* destaca-se a presença de interações ecológicas entre as plantas que compõem os núcleos vegetacionais. Essas Interações são fundamentais para a manutenção da vida em um ambiente pobre em termos de água e nutrientes, assim existem plantas que fornecem proteção contra a irradiação solar enquanto outras proporcionam umidade ao sistema e condições de sombra, aspectos importantes para a germinação e desenvolvimento da *Clusia*, as bromélias podem exercer esse papel. As bromélias são compostas por folhas simples dispostas em forma de roseta, o que permite o acúmulo de água e de detritos orgânicos nas axilas foliares, formando fitotelmata que pode ser considerado um ambiente liminológico isolado, ou seja, um microhabitat para muitas espécies de animais invertebrados e plantas (MESTRE et al., 2001).

Tem sido proposto que plantas pioneiras e, ou, facilitadoras favorecem a entrada de outras espécies nesta comunidade (SCARANO, 2002; ZALUAR & SCARANO, 2000). A *Clusia* tem um papel fundamental no processo de sucessão ecológica. Os estudos desenvolvidos no Parque Nacional do Rio de Janeiro (PNRJ) mostraram que a *Clusia* contribui decisivamente para a

ciclagem de nutrientes nesta formação vegetal, já que 80% do seu material foliar é encontrado na serrapilheira (DIAS et al. 2006).

O papel de iniciação da sucessão nos núcleos vegetacionais é desempenhado pelas bromélias, porém a *Clusia* vem também sendo apontada como facilitadora à germinação e crescimento de um grande número de outras espécies vegetais (DIAS & SCARANO, 2007). Porém, essa planta exerce um papel antagônico nas formas de interações com outras espécies de plantas que crescem sob sua copa, uma vez que no início do processo sucessional atua como facilitadora e, posteriormente, inibe o desenvolvimento dessas plantas, principalmente pela obstrução da passagem de luz para os estratos inferiores (ZALUAR & SCARANO, 2000)

Na região entre núcleos vegetacionais, o solo se apresentou ainda mais pobre em nutrientes, com valores muito baixos e em muitos pontos não detectados para P,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  e M.O (Quadro 05). O único aspecto em termos de melhoria química do solo referem-se aos valores de pH que foram superiores aos observados na região dos núcleos vegetacionais de *Clusia* (Quadro 04). A pobreza em nutrientes apresentada nessa área é ainda mais acentuada pela falta de vegetação, maior exposição solar, altas temperaturas do solo e lixiviação acentuada.

Quadro 05 - Atributos químicos e físicos das amostras de solos na formação vegetacional Aberta de Clusia no PEPCV- Entre Núcleos Vegetacionais

Amostra	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-rem	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Equivalente umidade
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%			dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	dag kg <sup>-1</sup>			kg kg <sup>-1</sup>				
<b>Entre-moitas-aberta de Clusia P1</b>																					
0-20cm	5,35	0,40	1,00	0,00	0,00	0,02	0,38	2,80	0,02	0,40	2,82	0,70	95,00	0,25	59,6	95	1	1	3	Areia	0,010
20-40 cm	5,52	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,20	0,00	0,00	2,20	0,00	0,00	0,00	49,2	95	2	0	3	Areia	0,010
<b>Entre-moitas-aberta de Clusia P2</b>																					
0-20cm	5,29	0,10	2,00	2,10	0,07	0,08	0,00	3,10	0,17	0,17	3,27	5,20	0,00	0,76	50,3	95	1	1	3	Areia	0,014
20-40 cm	5,30	0,30	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	2,40	0,02	0,02	2,42	0,80	0,00	0,00	51,3	94	3	0	3	Areia	0,008
<b>Entre-moitas-aberta de Clusia P3</b>																					
0-20cm	5,35	0,40	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	2,50	0,01	0,01	2,51	0,40	0,00	0,13	57,4	95	2	0	3	Areia	0,009
20-40 cm	5,62	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40	0,00	0,00	2,40	0,00	0,00	0,00	59,4	95	2	0	3	Areia	0,009
<b>Entre-moitas-aberta de Clusia P4</b>																					
0-20cm	5,10	0,40	1,00	0,10	0,00	0,02	0,00	3,00	0,02	0,02	3,02	0,70	0,00	0,38	53,3	96	1	0	3	Areia	0,009
20-40 cm	5,50	0,30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	2,70	0,01	0,01	2,71	0,40	0,00	0,00	51	92	5	0	3	Areia	0,008
<b>Entre-moitas-aberta de Clusia P5</b>																					
0-20cm	5,08	0,40	1,00	0,10	0,01	0,04	0,10	2,80	0,05	0,15	2,85	1,80	66,70	0,38	54,8	95	2	0	3	Areia	0,013
20-40 cm	5,41	0,10	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	2,70	0,01	0,01	2,71	0,40	0,00	0,00	48,4	90	7	0	3	Areia	0,009

### 3.1.1.1 - Calcinação das Amostras dos Horizontes Superficiais dos Solos e Determinação dos Teores de Nutrientes - Aberta de Clusia - Núcleos Vegetacionais

A calcinação das amostras dos horizontes superficiais do solo na formação vegetal Aberta de Clusia teve por objetivo determinar alguns nutrientes que o material orgânico possa estar disponibilizando para a planta, uma vez que a M.O é a principal reserva de nutrientes no ambiente estudado.

De acordo com o quadro 06, o nutriente que apresentou a maior concentração em relação aos demais quando as amostras foram calcinadas foi o Ca, com muitos pontos apresentando valores não detectados para o S e K.

Quadro 06 - Teores de nutrientes presentes em amostras calcinadas dos horizontes superficiais dos solos do PEPCV – Aberta de Clusia – Núcleo Vegetacional.

Amostras	Ca	S	Na	Mg	P	K	Fe
	mg L <sup>-1</sup>						
Clusia1	5,61	0,00	2,48	2,03	0,41	0,00	3,30
Clusia2	96,76	7,90	11,65	22,84	4,36	7,61	5,49
Clusia3	14,30	0,00	6,86	5,88	0,85	3,04	10,45
Clusia4	8,20	0,00	1,23	2,48	0,32	0,00	3,46
Clusia5	7,04	0,00	2,31	1,30	0,26	0,00	4,67

### 3.1.1.2 - Calcinação das Amostras dos Horizontes Superficiais dos Solos e Determinação dos Teores de Nutrientes – Aberta de Clusia - Entre Núcleos Vegetacionais

Os resultados da calcinação das amostras dos horizontes superficiais da área entre os núcleos vegetacionais ressaltam a pobreza em nutrientes desse

ambiente (Quadro 07), muito deficiente em M.O, que comparado com outras áreas estudadas mostra a importância da M.O. como fonte de nutrientes.

Quadro 07 - Teores de nutrientes presentes em amostras calcinadas dos horizontes superficiais dos solos do PEPCV – Aberta de Clusia - Entre Núcleos Vegetacionais

Amostras	Ca	S	Na	Mg	P	K	Fe
	mg L <sup>-1</sup>						
Entre Núcleos1	0,70	0,00	0,84	0,01	0,00	0,00	1,66
Entre Núcleos2	1,59	0,00	1,15	0,18	0,00	0,00	2,64
Entre Núcleos3	0,12	0,00	0,45	0,06	0,00	0,00	2,29
Entre Núcleos4	3,58	0,00	0,41	0,74	0,11	0,00	3,49
Entre Núcleos5	3,80	0,00	1,07	0,78	0,1	0,00	3,37

### 3.1.2 - Análises Físicas das Amostras dos Solos

#### 3.1.2.1 - Fracionamento da Areia – Aberta de Clusia – Núcleos Vegetacionais

O fracionamento da areia identificou o predomínio de areia grossa (Quadro 08), seguida da areia média. Essa informação é fundamental em relação à retenção de água nessa formação, haja vista que areias de maior tamanho contribuem menos para a retenção de água em relação às de menor tamanho, evidenciando a importância da serrapilheira na manutenção da água nos núcleos vegetacionais.

Quadro 08- Fracionamento da areia em amostras de solo no PEPCV, em profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm – Aberta de Clusia – Núcleos Vegetacionais

Amostra	Profundidade (cm)	Areia Muito Grossa	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Areia Muito Fina
		dag kg <sup>-1</sup>				
P1	0-20	4,93	65,71	25,10	0,39	0,03
	20-40	5,81	56,04	32,65	2,04	0,04
P2	0-20	2,92	54,20	36,31	2,18	0,22
	20-40	4,64	49,43	38,47	3,56	0,36
P3	0-20	3,23	62,26	28,34	0,73	0,07
	20-40	3,98	43,07	43,14	5,93	0,69
P4	0-20	3,05	55,29	34,78	3,01	0,09
	20-40	2,35	43,15	44,62	6,13	0,67
P5	0-20c	3,95	60,29	27,35	4,98	0,02
	20-40	3,16	46,98	44,19	2,57	0,05

### 3.1.2.2 - Fracionamento da Areia - Aberta de Clusia - Entre Núcleos Vegetacionais

A área entre núcleos vegetacionais, que apresenta solo exposto, comportou-se da mesma maneira que os núcleos vegetacionais em termos de distribuição dos grãos de areia (Quadro 09). Em função do menor aporte de M.O nos solos dessa área pela ausência de cobertura vegetal, espera-se uma menor retenção de água.

Quadro 09 - Fracionamento da areia em amostras de solo no PEPCV, em profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm – Aberta de Clusia - Entre Núcleos Vegetacionais

Amostra	Profundidade (cm)	Areia Muito Grossa	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Areia Muito Fina
		dag kg <sup>-1</sup>				
P1	0-20	5,61	61,10	28,69	0,73	0,06
	20-40	4,91	66,73	23,67	2,21	0,04
P2	0-20	6,57	56,92	31,48	1,05	0,09
	20-40	4,44	48,59	40,65	3,10	0,07
P3	0-20	3,15	56,43	35,30	1,99	0,10
	20-40	5,80	48,88	40,01	2,19	0,04
P4	0-20	6,26	64,20	25,26	1,15	0,06
	20-40	3,10	45,63	42,83	4,85	0,47
P5	0-20c	3,03	56,51	35,27	1,88	0,08
	20-40	2,23	41,44	45,95	5,92	1,30

### 3.1.2.3 - Equivalente de Umidade - Aberta de Clusia - Núcleos Vegetacionais

Comparando-se os valores de equivalente de umidade entre os solos capeados, que não sofreram o processo de lavagem com NaOH 0,25 mol L<sup>-1</sup>, e os solos não capeados, que foram submetidos a lavagem com NaOH 0,25 mol L<sup>-1</sup>, percebeu-se que as diferenças foram marcantes para os primeiros 20 cm de solo e muito pequenas nas camadas de 20-40 cm (Quadro 10).

Os valores de equivalente de umidade na camada superficial do solo (0-20 cm) foram superiores aos observados em profundidade de 20-40 cm, o que não se repete no solo submetido a lavagem. Estes fatos ressaltam a importância do material orgânico na camada de 0-20 cm para a retenção de água nesse ambiente.

Conforme pode ser visto no quadro 10, existem pontos em que o teor de umidade do grão capeado avaliado pelo equivalente de umidade chega a ser cinco vezes maior que o grão não capeado, mostrando mais uma vez a importância do capeamento das areias na retenção de água.

Quadro 10 – Equivalente de umidade das amostras de solo no PEPCV - Aberta de Clusia – Núcleos Vegetacionais

Amostra	P <sup>1</sup> (cm)	EUC <sup>2</sup> (kg kg <sup>-1</sup> )	EUNC <sup>3</sup> (kg kg <sup>-1</sup> )	EUC/EUNC
P1	0-20	0,028	0,011	2,53
	20-40	0,011	0,009	1,22
P2	0-20	0,015	0,012	1,25
	20-40	0,009	0,008	1,12
P3	0-20	0,034	0,009	3,77
	20-40	0,009	0,008	1,12
P4	0-20	0,060	0,012	5,00
	20-40	0,009	0,008	1,12
P5	0-20c	0,013	0,008	1,62
	20-40	0,008	0,009	0,89

<sup>1</sup>Profundidade

<sup>2</sup>Equivalente de Umidade do grão Capeado

<sup>3</sup>Equivalente de Umidade do grão Não Capeado

#### 3.1.2.4 - Equivalente de Umidade - Aberta de Clusia - Entre Núcleos Vegetacionais

Na área entre Núcleos Vegetacionais, não foram observadas grandes diferenças entre as profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm e entre a presença ou não do capeamento dos grão de areia.

Como pode ser observado no Quadro 11, o teor de umidade do grão capeado não ultrapassa duas vezes a do grão não capeado. Este fato se deve à área entre os núcleos vegetacionais estar em grande parte sem cobertura vegetal, assim o aporte de material orgânico é bastante reduzido conforme pode ser constatado pelo baixo teor de M.O dos solos sob este ambiente (Quadro 05).

Quadro 11 - Equivalente de umidade das amostras de solo no PEPCV - Aberta de Clusia - Entre Núcleos Vegetacionais

Amostra	P <sup>1</sup> (cm)	EUC <sup>2</sup> (kg kg <sup>-1</sup> )	EUNC <sup>3</sup> (kg kg <sup>-1</sup> )	EUC/EUNC
P1	0-20	0,010	0,008	1,25
	20-40	0,010	0,009	1,11
P2	0-20	0,014	0,011	1,27
	20-40	0,008	0,007	1,14
P3	0-20	0,009	0,010	0,90
	20-40	0,009	0,008	1,12
P4	0-20	0,009	0,009	1,00
	20-40	0,008	0,008	1,60
P5	0-20	0,013	0,009	1,44
	20-40	0,009	0,011	0,81

<sup>1</sup>Profundidade

<sup>2</sup>Equivalente de Umidade do grão Capeado

<sup>3</sup>Equivalente de Umidade do grão Não Capeado

### 3.2 - Floresta não Inundada - FNI

A Floresta não Inundada assim como a formação aberta de Clusia está sobre solo predominantemente arenoso e possui uma área no PEPCV de 352,17 ha (SANTOS, 2011), cuja vegetação apresenta grande variação em sua

estrutura e composição florística, de cobertura fechada, com altura variando de 8 a 15 m, muito densa, favorecendo o estabelecimento de epífitas e de várias espécies de sub-bosque (Figuras 05 e 06). Essa formação vegetal esta assentada sobre uma associação de Neossolos Quartzarênicos e Espodosolos.



Figura 05 - Árvores com altura entre 8 e 15 m beneficiando o estabelecimento de espécies de sub-bosque – PEPCV.

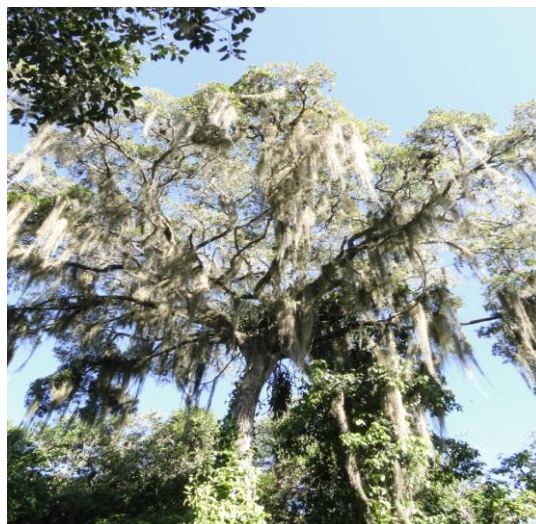


Figura 06 – Exemplo do estabelecimento de epífitas em árvore –PEPCV.

A Floresta não Inundada possui grande riqueza de espécies principalmente arbóreas. Apresenta abundante material orgânico particulado misturado à areia, podendo atingir profundidades nos solos superiores a 20 cm de espessura em determinados locais (Figura 07).



Figura 07 – Minitrincheira em solo na FNI, onde pode ser observado material orgânico particulado misturado aos grão de areia e o adensamento superficial das raízes no solo – PEPCV.

Entre as espécies vegetais de maior destaque citam-se: *Campomanesia guazumiifolia* (Cambess) O. Berg, *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze, *Allophylus puberulus* (Radlk.), *Clusia hilariana* (Schltdl.) , *Emmotum nitens* (Benth.) Miers, *Protium icicariba* (DC.) Marchand (Quadro 12).

Quadro 12 - Lista das espécies vegetais encontradas na formação FNI no PEPCV.

<b>Familia</b>	<b>Espécie</b>	<b>Nome Vulgar</b>
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Amescla cheirosa, Almesca
Myrtaceae	<i>Eugenia sp</i>	-
Myrtaceae	<i>Myrcia falax</i> (Rich.) DC.	Batinga Roxa
Myrtaceae	<i>Gomidesia martiana</i> (O. Berg)	Batinga da mussununda
Myrtaceae	<i>Byrsonima aff. crassifolia</i> (W.R. Anderson)	-
Myrtaceae	<i>Marlierea neuwiedeanana</i> (O. Berg) Nied.	Valtinho
Euphorbiaceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	Cinta larga
Meliaceae	<i>Trichilia casareti</i> (C. DC.)	Matheus
Lauraceae	<i>Ocotea sp.</i>	-
Lauraceae	<i>Ocotea notata</i> (Nees & Mart.) Mez	Zico
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> (DC.)	Murici do brejo
Celastraceae	<i>Maytenus obtusifolia</i> (Mart.)	Café da praia
Myrsinaceae	<i>Myrsine umbellata</i> (G. Don)	Capororoca
Annonaceae	<i>Xylopiá sericea</i> (A. St.-Hil.)	Pindaíba branca
Anacardiaceae	<i>Schinus terebintifolius</i> (Raddi)	Aroeira

Fonte: Plano de Manejo do PEPCV, 2007.

### 3.2.1 - Análise Química das Amostras dos Solos

Os dados obtidos pela análise química das amostras de solo encontram-se ilustrados no Quadro 13, os quais são discutidos a seguir:

Foi feita a classificação qualitativa dos valores obtidos na análise química das amostras dos solos pelos critérios propostos por Alvarez (1999), mostrando que na Formação Floresta não Inundada o ambiente apresenta acidez ativa elevada, especialmente no ponto cinco. Porém no ponto de coleta três a acidez ativa encontra-se fraca, demonstrando que o pH variou entre os pontos de amostragem, o que pode estar associado às diferenças de composição entre as espécies vegetais encontradas neste ambiente, pela variação do material orgânico dessas espécies, quantitativa e qualitativamente, além da baixa capacidade tamponante do solo devido à textura arenosa, logo com baixa densidade de cargas.

Assim como na Formação Aberta de Clusia, o pH aumentou nas camadas de 20-40 cm, com exceção novamente do ponto de coleta três. Apesar da FNI ficar mais próxima do mar que a formação anteriormente citada, as concentrações de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  ainda permanecem baixas.

Os teores de P,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  encontram-se mais elevados em relação à formação Aberta de Clusia, porém, os solos permanecem distróficos. Os pontos de coleta dois e três apresentaram teores de  $\text{Ca}^{2+}$  considerados muito bons.

Os teores de M.O no solo variaram de baixos a muito bons nesse ambiente, demonstrando a variabilidade do material orgânico adicionado ao solo. É importante ressaltar que tanto as concentrações de P,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e M.O, apresentam valores mais elevados nos primeiros 20 cm do solo.

Com relação à SB, o único ponto de coleta que apresentou valores considerados baixos foi o ponto um, o mesmo acontecendo em relação a CTC efetiva. Os valores de T só se apresentaram baixos na camada de 20-40 cm do ponto um.

Em relação ao  $Al^{3+}$ , em nenhum dos pontos de coleta os valores foram considerados altos, somente na camada de 0-20 cm do ponto de coleta três a saturação por base (V%) apresentou-se acima de 50%, o que se deve aos elevados valores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  neste ponto.

A FNI encontra-se em relevo plano, com pequena quebra de relevo na transição para a Floresta Periodicamente Inundada. Devido à predominância de solos de textura arenosa, logo de baixa densidade de carga, a M.O. tem papel crucial nesse ecossistema, no que diz respeito à capacidade de troca que passa a ser altamente dependente da M.O.

Além disso, a retenção de água e o fornecimento de nutrientes para as plantas passam a depender do teor de M.O. Em relação a esse aspecto Raij (1989) ressalta que uma das principais implicações da matéria orgânica do solo é sobre sua capacidade de troca de cátions (CTC), responsável por cerca de 70% da CTC da camada superficial de solos do estado de São Paulo.

A M.O tem uma importância ainda maior no aspecto mencionado em solos essencialmente arenosos, onde os teores de argila são muito pequenos (Quadro 13). Casagrande (2003) ressalta que devido ao baixo teor de argila (normalmente de 1 a 5%), esses solos estão sujeitos a intensa lixiviação pela baixa capacidade de retenção de cátions (CTC), além de serem solos originalmente pobres em nutrientes.

O P-rem assim como nas formações vegetacionais abertas permaneceu com valores altos, devido a predominância da fração areia na avaliação textural do solo, logo tendo reflexo na baixa densidade de cargas do solo.

Quadro 13 - Atributos químicos e físicos das amostras de solos na formação vegetal Floresta não Inundada no PEPCV

Amostra	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-rem	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Equivalente umidade
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	dag kg <sup>-1</sup>			kg kg <sup>-1</sup>					
<b>Floresta não Inundada P1</b>																					
0-20cm	4,03	0,90	10,00	3,10	0,30	0,25	0,76	10,20	0,59	1,35	10,79	5,50	56,30	2,79	60,00	92	3	0	5	Areia	0,036
20-40 cm	4,44	0,90	1,00	0,00	0,00	0,06	0,19	3,60	0,06	0,25	3,66	1,60	76,00	0,51	53,90	90	6	0	4	Areia	0,011
<b>Floresta não Inundada P2</b>																					
0-20cm	4,94	3,20	20,00	8,10	4,60	1,10	0,10	9,70	5,79	5,89	15,49	37,40	1,70	5,96	59,40	89	3	1	7	Areia	0,088
20-40 cm	4,22	1,40	0,00	0,00	1,16	0,17	0,38	9,40	1,33	1,71	10,73	12,40	22,20	2,66	51,00	91	3	1	6	Areia	0,034
<b>Floresta não Inundada P3</b>																					
0-20cm	6,51	3,20	29,00	7,10	4,62	0,89	0,00	2,80	5,61	5,61	8,41	66,70	0,00	3,04	60,00	91	3	1	5	Areia	0,033
20-40 cm	6,36	0,40	11,00	3,10	1,82	0,48	0,00	3,00	2,34	2,34	5,34	43,80	0,00	1,27	59,90	92	4	0	4	Areia	0,020
<b>Floresta não Inundada P4</b>																					
0-20cm	5,06	2,70	23,00	8,10	1,41	0,36	0,19	4,60	1,87	2,06	6,47	28,90	9,20	1,65	59,20	92	3	0	5	Areia	0,029
20-40 cm	4,86	1,40	9,00	5,10	0,59	0,18	0,29	4,40	0,81	1,10	5,21	15,50	26,40	0,89	59,00	93	3	0	4	Areia	0,014
<b>Floresta não Inundada P5</b>																					
0-20cm	3,69	1,80	19,00	24,10	1,00	0,98	1,71	24,50	2,13	3,84	26,63	8,00	44,50	11,09	57,50	85	1	2	12	Areia Franca	0,128
20-40 cm	3,61	0,40	4,00	19,10	0,07	0,48	1,81	16,00	0,64	2,45	16,64	3,80	73,90	4,44	60,00	91	2	0	7	Areia	0,049

A camada orgânica presente nos primeiros centímetros é a camada propulsora da vida na FNI, este fato fica evidente em trabalho realizado por Reis-Duarte (2004) que observou os estágios sucessionais da floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha Anchieta, degradada no passado e que atualmente se encontram em processo de recuperação natural há aproximadamente 46 anos. A camada superficial do solo foi removida e a floresta encontra-se em estágio inicial de recuperação.

Na Restinga, onde o solo não constitui uma fonte significativa de nutrientes, a função da matéria orgânica como um reservatório de nutrientes pode ser especialmente importante (MORAES et al., 1998).

Os valores de pH encontrados não são ideais para uma intensa atividade microbiana, logo os processos de decomposição do material orgânico são feitos de maneira mais ponderada. Esse fato foi ressaltado por Hay & Lacerda (1984), que observaram uma lenta decomposição da serrapilheira em solos de Restinga. Isso possibilita um tempo maior de permanência dos nutrientes próximos às áreas de absorção, visto que o sistema radicular é superficial. O aspecto observado é de fundamental importância em um ambiente com grande capacidade de lixiviação.

Os valores de  $\text{Ca}^{2+}$  encontrados em alguns pontos foram considerados muito bons, segundo classificação de Alvarez (1999). Raji (1996) sugere que teores de cálcio acima de  $0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  sejam considerados altos, o que levaria a conclusão que quatro dos cinco pontos de coleta em suas camadas de 0-20 cm apresentam teores de  $\text{Ca}^{2+}$  considerados altos (Quadro 13).

Raji (1991) ressalta que as raízes tem dificuldade de crescimento nos solos deficientes em  $\text{Ca}^{2+}$ , que é essencial para a divisão celular e para a funcionalidade da membrana celular. A sua exigência, em termos quantitativos, é pequena, porém, deve estar presente nos pontos de crescimento, pois não há translocação do cálcio do floema para as raízes. Além disso, a falta de  $\text{Ca}^{2+}$  afeta particularmente os pontos de crescimento da raiz, causando o aparecimento de núcleos poliplóides, células binucleadas, núcleos constrictos e

divisões amitóticas; o crescimento é paralisado e ocorre escurecimento, com posterior morte da raiz (VITTI et al., 2006). Logo para que haja a sustentação de um ambiente florestal se faz necessário um aporte de  $\text{Ca}^{2+}$  adequado para a sobrevivência e manutenção dessa formação vegetacional.

Os valores de  $\text{Na}^+$  foram considerados baixos apesar da proximidade com o mar, Raij (1991) salienta que o íon sódio tem baixa energia de ligação com os colóides do solo, o que facilita a lixiviação ao longo do perfil. Para Oosting & Billings (1942) a alta pluviosidade, associada à granulometria arenosa do solo, permite uma rápida lixiviação dos sais juntamente com a água, que facilmente percola o perfil do solo. Por fim, Schimper (1935) ressalta que os solos em que estão radicadas as plantas litorâneas são arenosos contendo pouco sal, pois este, é trazido pelo vento, logo é lavado pelas chuvas.

Em um ambiente em que a maior parte dos nutrientes está na camada de 0-20 cm do solo, com pouca retenção de água e baixo percentual de argila, as plantas apresentam mecanismos que possibilitam o uso mais eficiente dos nutrientes. Assim pode-se perceber, em campo, que há um grande número de raízes finas explorando um maior volume de solo, além de uma grande eficiência do sistema radicular. Este fato fica evidente quando comparados os teores de nutrientes nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm, o que mostra uma rápida ciclagem de nutrientes nesse ambiente (Quadro 13).

### **3.2.1.1 - Calcinação das Amostras dos Horizontes Superficiais dos Solos e Determinação dos Teores de Nutrientes - Floresta não Inundada**

Os teores dos nutrientes encontrados em FNI, após calcinação foram superiores àqueles encontrados na formação vegetacional Aberta de Clusia. O  $\text{Ca}^{2+}$  foi o elemento que apresentou maiores teores (Quadro 14), seguidos do  $\text{Mg}^{2+}$ . O  $\text{Ca}^{2+}$  é elemento essencial para o crescimento de meristemas e, particularmente, para o crescimento e funcionamento dos ápices radiculares (DECHEN, 2007). Já o  $\text{Mg}^{2+}$  tem efeito carregador do P, ele contribui para a entrada de P na planta (VITTI et al., 2006).

Quadro 14 - Teores de nutrientes presentes em amostras calcinadas dos horizontes superficiais dos solos do PEPCV – FNI<sup>1</sup>

Amostras	Ca	S	Na	Mg	P	K	Fe
	mg L <sup>-1</sup>						
FNI 1	10,29	0,00	0,59	2,52	0,65	0,00	3,80
FNI 2	316,86	10,98	7,26	19,32	4,32	6,40	14,54
FNI 3	363,15	7,92	0,29	16,29	3,27	4,69	12,61
FNI 4	63,31	0,00	1,19	4,00	1,23	1,39	4,48
FNI 5	97,41	8,29	10,52	22,90	4,36	7,80	24,87

<sup>1</sup>Floresta não Inundada

### 3.2.2 - Análise Física das Amostras dos Solos

#### 3.2.2.1 - Fracionamento da Areia - FNI

Nesse ambiente a fração areia grossa ainda é dominante, seguida da areia média (Quadro 15), porém, tem-se um pequeno aumento da fração areia fina em relação à formação Aberta de Clusia.

Esse padrão de distribuição, onde a fração areia grossa é dominante, foi verificado em 102 camadas de perfis de solos de Restinga analisados por vários levantamentos de solos ao longo da costa brasileira, nos quais a fração areia grossa correspondeu em média a 64,4% do total do sedimento, a fração areia fina a 29,7%, dando assim uma idéia da importância das frações mais grosseiras no ambiente estudado (GOMES, 1994).

Quadro 15 – Fracionamento da areia em amostras de solo no PEPCV, em profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm -Floresta não Inundada

Amostra	Profundidade (cm)	Areia Muito Grossa	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Areia muito fina
		dag kg <sup>-1</sup>				
P1	0-20	3,33	46,87	41,35	2,52	0,24
	20-40	3,07	38,77	48,04	5,36	0,86
P2	0-20	3,62	49,86	35,39	2,54	0,28
	20-40	1,86	46,03	43,49	3,02	0,21
P3	0-20	5,06	58,21	27,52	2,94	0,26
	20-40	4,57	50,71	36,78	3,56	0,33
P4	0-20	4,71	50,19	37,10	2,96	0,17
	20-40	6,80	50,06	36,15	3,13	0,10
P5	0-20	1,82	57,27	25,94	0,14	1,08
	20-40	2,32	55,35	33,71	1,45	0,25

### 3.2.2.2 - Equivalente de Umidade - Floresta não Inundada

No quadro 16 observa-se uma considerável diferença entre o E.U. nas camadas de 0-20 cm em relação às de 20-40 cm, com a primeira apresentando um percentual de umidade mais elevado devido a maior teor de material orgânico.

A presença de capeamento no grão de areia tem grande influência no teor de umidade, principalmente nesse ambiente. Pode se observar valores de umidade quase doze vezes maior do grão capeados em relação aos que não se apresentam capeados (Quadro16).

É importante salientar que, de acordo com Ferreira (2002), a M.O. aumenta a capacidade de retenção de água do solo diretamente e

indiretamente por meio da melhoria de suas condições físicas. Segundo Silva (2007), a importância relativa da M.O. na retenção de água depende da textura do solo, sendo que em solos de textura mais arenosa, a retenção de água é mais sensível à quantidade de M.O. quando comparada a solos de textura fina.

Quadro 16 - Equivalente de umidade das amostras de solos no PEPCV – Floresta não Inundada

Amostra	P <sup>1</sup> (cm)	EUC <sup>2</sup> (kg kg <sup>-1</sup> )	EUNC <sup>3</sup> (kg kg <sup>-1</sup> )	EUC/EUNC
P1	0-20	0,036	0,012	3,00
	20-40	0,011	0,010	1,10
P2	0-20	0,088	0,008	11,08
	20-40	0,034	0,009	3,77
P3	0-20	0,033	0,009	3,66
	20-40	0,020	0,008	2,50
P4	0-20	0,029	0,011	2,63
	20-40	0,014	0,008	1,75
P5	0-20c	0,128	0,011	11,63
	20-40	0,049	0,011	4,45

<sup>1</sup>Profundidade

<sup>2</sup>Equivalente de Umidade do grão Capeado

<sup>3</sup>Equivalente de Umidade do grão Não Capeado

### 3.3 - Floresta Periodicamente Inundada - FPI

A Floresta Periodicamente Inundada (FPI) encontra-se em uma região de intercordões, logo topograficamente mais baixa, o que favorece a acumulação de M.O. possibilitando a formação de diferentes camadas de M.O. (Figura 08) e a proximidade do lençol freático junto à superfície do solo (Figura 09). Tal

formação ocupa uma área de 206,05 ha (SANTOS, 2011), onde se verifica a dominância de Organossolo.



Figura 08 - Sequência de camadas de solo FPI – PEPCV.



Figura 09- Lençol freático próximo a superfície em FPI- PEPCV

O levantamento feito pelo plano de manejo do PEPCV encontrou espécies como *Symphonia globulifera* (L.f.), *Tapirira guianensis* (Aubl.), *Bactris setosa* (Mart.), *Calophyllum brasiliense* (Cambess), *Geonoma schotiana* (Mart.), *Myrcia acuminatissima* (Kunth) DC, *Protium icicariba* (DC.) Marchand, e *Euterpe* sp. (palmito doce) e demais espécies listadas na quadro 17 compoendo a vegetação da Floresta Periodicamente Inundada (Figura 10).

Quadro 17 - Lista das espécies vegetais encontradas na formação Floresta Periodicamente Inundada no PEPCV

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>Nome Vulgar</b>
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> (Aubl.)	Cupuba
Arecaceae	<i>Bactris setosa</i> (Mart.)	Tucum do Brejo
Bignoniaceae	<i>Tabebuia cassinoides</i> (Lam.) DC.	Pau tamanco
Cecropiaceae	<i>Cecropia lyratiloba</i> (Miq.)	Imbaúba
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> (Cambess)	Guanandí preto
Bromeliaceae	<i>Aechmea nudicaulis</i> (L.) Griseb.	Bromélia canudo
Cyperaceae	<i>Lagenocarpus rigidus</i> ( Nees)	-
Eleocarpaceae	<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	Tapinuum do brejo
Leg. Faboioideae	<i>Andira fraxinifolia</i> (Benth.)	Angelim da baixada
Leg. Mimosoideae	<i>Ingá lauria</i> (Willd)	Ingá Mirim
Melastomataceae	<i>Tibouchina pallida</i> (Cogn.)	Quaresmeira
Myrtaceae	<i>Blepharocalix salicifolius</i> (Berg)	-
Piperaceae	<i>Piper</i> sp	-

Fonte: Plano de Manejo do PEPCV, 2007



Figura 10 – Vista do dossel das árvores em Florestas Periodicamente Inundada – PEPCV.

### 3.3.1 - Análise Química das Amostras dos Solos

Os dados obtidos pela análise química das amostras de solo encontram-se ilustrados no Quadro 18, os quais são discutidos a seguir:

Foi feita a classificação qualitativa dos valores obtidos na análise química das amostras dos solos pelos critérios propostos por Alvarez (1999).

A formação Floresta Periodicamente Inundada é caracterizada entre outras coisas por apresentar solos essencialmente orgânicos que sofrem forte influência do lençol freático.

De acordo com o quadro 18, em termos químicos estes solos apresentam acidez muito elevada, com alta concentração de  $Al^{3+}$  e  $H^+$ , conseqüentemente a acidez potencial também é elevada.

Apesar dos baixos valores de pH e elevados de  $Al^{3+}$ , os teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  encontrados no solo sob FPI são considerados altos a muito altos; o mesmo comportamento observa-se para o P, demonstrando a grande capacidade do material orgânico em disponibilizar estes nutrientes. Já os valores de  $Na^+$  e  $K^+$  apresentaram grande elevação em relação às outras formações vegetacionais estudadas (Aberta de Clusia, Floresta não Inundada e Brejo Herbáceo), porém esperavam-se valores ainda mais elevados.

Apesar da boa disponibilidade de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  esses solos são classificados em relação à saturação por base (V%) como distróficos, favorecidos pelos elevados teores de M.O que aportam no solo grande quantidade de  $H^+$ . A SB, é alta devido a considerável quantidade de cátions básicos. Valores elevados de T e t também foram observados, devido a alta SB e as altas concentrações de  $Al^{3+}$  e  $H^+$ .

A SB, T e t apresentaram valores muito elevados em ambiente de FPI, os quais relacionam-se a outros trabalhos como os de Guedes et al. (2006), que trabalharam em um trecho de FPI em Bertioga/SP, além dos trabalho de Carvalho (2005) em florestas ciliares com drenagem deficiente e Magnago (2010) em um trecho de FPI no Reserva Ecológica de Jacarenema em Vila Velha-ES.

Apesar dos altos teores de  $Al^{3+}$  a m% apresentou valores médios devido ao alto valor da SB. Os valores de M.O. encontrados são bastante altos. A química dos solos dessa área é quase que exclusivamente dominada por essa fração orgânica, o que fica evidente quando observam-se os valores de acidez total, onde o íon  $H^+$  proveniente da M.O tem participação preponderante nesse atributo químico. De forma geral a M.O. pode reter até 20 vezes sua massa em água (STEVENSON, 1994).

O equivalente de umidade tem valores muito mais elevados em relação as outras áreas estudadas, devido a se tratar de um Organossolo.

Não foi feita a análise textural dessa formação vegetacional uma vez que o solo em questão é predominantemente orgânico. Britez (2005) ressalta o fato de que boa parte da fração argila encontrada em solos de Restinga pode, na verdade, estar representada por partículas mais finas de matéria orgânica.

Este solo demonstrou pouca variação de pH em função da profundidade. A elevada acidez ativa deve-se à alta concentração de  $H^+ + Al^{3+}$ , porém o aprisionamento do  $CO_2$  também contribui para essa elevada acidez. Souza (2009) destaca que embora a quantidade de  $CO_2$  produzida no solo alagado seja menor do que em solo bem drenado, no solo alagado há acúmulo de  $CO_2$  devido à lentidão com que o  $CO_2$  se difunde através da água para a atmosfera. Ponnampertuma (1972) encontrou valores de  $CO_2$  da ordem de  $3 t ha^{-1}$  nas primeiras semanas de alagamento. Em termos práticos, os maiores efeitos do  $CO_2$  no solo são o controle do pH e a ação do  $HCO_3^-$  na solubilidade de minerais do solo que fornecem nutrientes (SOUZA, 2009).

Os altos valores de M.O. se devem à posição da formação vegetacional dentro da paisagem, localizando-se topograficamente em áreas mais baixas nos intercordões que recebem maior influência do lençol freático, ficando muito próximo à superfície. Em épocas secas o lençol freático fica cerca de 40 cm abaixo da superfície, como pôde ser averiguado em campo.

Outros fatores importantes que favorecem o acumulação da M.O. são que em um ambiente que sofre alagamento periodicamente, a atividade microbiana é reduzida, além disso, os valores de pH dessa magnitude, entre

3,5 e 4,0 favorecem a disponibilidade de micronutrientes (cobre, ferro, manganês e zinco), além de diminuir a atividade de micro-organismos, resultando na inibição do processo de decomposição de matéria orgânica do solo (RAIJ et al., 1991). Os fluxos laterais de solução do solo transportam compostos orgânicos que migram para essas áreas advindas de áreas topograficamente mais altas também representam importante fonte de M.O. Este fato ocorre devido aos solos nos cordões arenosos terem uma grande tendência à lixiviação pelo fato de serem de textura arenosa e estarem topograficamente mais altos em relação aos solos da FPI. Essa condição revela solos mais férteis sob as florestas com alagamento permanente e, ou, periódico, em virtude do ambiente concentrador e com maiores teores de matéria orgânica (MAGNAGO, 2010).

Por apresentarem uma maior concentração de nutrientes às plantas, principalmente fósforo, essas florestas apresentam maior desenvolvimento estrutural em relação à FNI, este fato já é relatado em outras pesquisas realizadas em ambiente de Restinga (ARAÚJO et al., 1997; SZTUTMAN & RODRIGUES, 2002; MENEZES-SILVA & BRITZ, 2005; MENEZES & ARAÚJO, 2005; GUEDES, 2006; MAGNAGO, 2010).

Os valores de P-rem nesse ambiente variaram de 57,30 mg L<sup>-1</sup> a 31,10 mg L<sup>-1</sup> o que pode ser explicado pelo nível de alagamento e variação da composição florística entre os pontos de coleta, gerando M.O com características químicas diferentes e em estágios distintos de decomposição. A MOS desempenha papel ambivalente em relação à disponibilidade de P, já que tanto pode adsorvê-lo quanto bloquear os sítios de adsorção que ocorrem nas superfícies das argilas e óxidos de ferro e alumínio (IBIA & UDO, 1993).

Quadro 18 - Atributos químicos e físicos das amostras de solos na formação vegetal Floresta Periodicamente Inundada no PEPCV

Amostra	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-rem	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Equivalente umidade
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	dag kg <sup>-1</sup>			kg kg <sup>-1</sup>					
<b>Floresta Periodicamente Inundada P1</b>																					
0-20 cm	3,47	9,70	94	159,80	1,93	3,37	4,68	59,90	6,23	10,91	66,13	9,40	42,90	48,55	57,30	x	x	x	x	x	0,948
20-40 cm	3,70	11,10	127	156,70	1,93	2,60	5,37	73,90	5,53	10,90	79,43	7,00	49,30	32,75	48,90	x	x	x	x	x	0,680
<b>Floresta Periodicamente Inundada P2</b>																					
0-20 cm	3,55	7,70	64	108,70	2,94	1,83	4,39	48,80	5,4	9,79	54,2	10,00	44,80	63,84	56,80	x	x	x	x	x	1,192
20-40 cm	3,54	31,50	120	106,70	2,85	1,06	3,41	68,60	4,68	8,09	73,28	6,40	42,20	17,46	52,00	x	x	x	x	x	0,737
<b>Floresta Periodicamente Inundada P3</b>																					
0-20 cm	3,41	18,60	108	104,70	4,25	1,60	6,15	59,40	6,59	12,74	65,99	10,00	48,30	17,96	50,80	x	x	x	x	x	0,741
<b>Floresta Periodicamente Inundada P4</b>																					
0-20 cm	3,74	18,50	134	127,70	6,02	2,41	2,34	63,40	9,33	11,67	72,73	12,80	20,10	32,25	31,10	x	x	x	x	x	0,665
<b>Floresta Periodicamente Inundada P5</b>																					
0-20 cm	3,38	8,40	78	147,70	3,37	2,24	3,51	49,10	6,45	9,96	55,55	11,60	35,20	63,51	55,70	x	x	x	x	x	1,262
20-40 cm	3,28	12,00	109	123,70	3,70	1,97	4,88	73,10	6,49	11,37	79,59	8,20	42,90	32,92	48,20	x	x	x	x	x	0,725

Magnago (2010) observou maior desenvolvimento estrutural da FPI em relação a FNI, em termos de diversidade de espécies vegetais a FNI apresenta valores maiores, uma vez que na FPI existem condições ambientais mais severas, como a saturação hídrica, maior concentração de sais, maior acidez ativa, maior toxidez por CO<sub>2</sub>, além da grande presença de M.O.

Em solos alagados a M.O. sofre fermentação produzindo compostos de C de baixo peso molecular, dentre os quais se destacam os ácidos orgânicos de cadeia curta. Tais compostos, quando em altas concentrações, podem ser tóxicos às plantas e são precursores de metano e CO<sub>2</sub> no solo (SILVA et al., 2008).

As plantas presentes nessas condições ambientais apresentam alguns mecanismos de sobrevivência, Ponnampervam (1972) salienta que a capacidade das raízes das plantas de funcionarem eficientemente em meio anaeróbico é um dos aspectos mais interessantes e importante mecanismo de sobrevivência de espécies vegetais em solos alagados. Isto é possível graças à capacidade das raízes oxidarem a rizosfera. Além disso, a rizosfera oxidada, dentro do solo em anaerobiose, tem especial importância na eliminação ou diminuição de substâncias tóxicas produzidas no solo as quais se movem em direção à raiz (SOUZA, 2009).

### **3.3.1.1 - Calcinação das Amostras dos Horizontes Superficiais dos Solos e Determinação dos Teores de Nutrientes - Floresta Periodicamente Inundada**

Os valores dos nutrientes obtidos nas amostras da FPI são mais elevados do que em qualquer outra formação vegetacional estudada no trabalho, mostrando o grande aporte de nutrientes da M.O do solo para as plantas (Quadro 19). Esse ambiente favorece o acúmulo de M.O. por se tratar de uma área de recepção, acumulação de nutrientes e que sofre forte influência do lençol freático. A lixiviação de nutrientes desta área é controlada pela fração orgânica.

A redução de  $Fe^{3+}$  para  $Fe^{2+}$ , bem como o conseqüente aumento da solubilidade do Fe, é a principal alteração química que se processa no solo durante o alagamento (SOUZA et al.,2009). O aumento da concentração de Fe na solução do solo é benéfico para as plantas adaptadas aos ambientes alagados, pois o Fe pode causar toxidez às plantas (SOUZA et al., 2004).

Quadro 19 - Teores de nutrientes presentes em amostras calcinadas dos horizontes superficiais dos solos do PEPCV – FPI<sup>1</sup>

Amostras	Ca	S	Na	Mg	P	K	Fe
	mg L <sup>-1</sup>						
FPI 1	605,52	63,98	86,82	97,67	35,73	52,32	61,97
FPI 2	571,28	99,48	43,86	65,86	43,14	36,33	42,07
FPI 3	617,44	94,85	38,34	62,52	43,58	38,59	51,80
FPI 4	857,50	116,16	30,34	75,59	40,49	37,41	80,52
FPI 5	669,85	71,22	94,00	105,11	38,74	55,38	57,75

<sup>1</sup>Floresta Periodicamente Inundada

### 3.4 - Brejo Herbáceo

O Brejo Herbáceo ocupa uma área no PEPCV de 522,47 ha e, como o próprio nome diz, é dominado fitofisionomicamente por plantas herbáceas das famílias Ciperaceae, Poaceae (Figura 11) e Typhaceae. Entremeados com as espécies herbáceas dessas famílias surgem pequenos arbustos na fisionomia dos brejos.

Dentre as mais representativas espécies arbustivas estão: *Tibouchina pallida* (Cogn.), *Tibouchina* sp. atingindo altura de até 3,5 m e presença de arbóreas esparsas como *Cecropia pachystachya* (Trécul), *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC., *Eugenia* sp. e *Inga laurina* (Sw.) Willd.(PLANO DE MANEJO DO PEPCV, 2007). Nas áreas que sofrem mais alagamento ou estão permanentemente alagadas existe uma dominância da *Typha dominguensis*, popularmente conhecida como taboa.

Os Brejos Herbáceos são formações típicas da planície quaternária brasileira, particularmente bem desenvolvidos nos litorais do Rio Grande do Sul e na parte norte do Rio de Janeiro (LACERDA, 1984). Essa formação vegetacional possui fitofisionomia campestre, está localizada entre os cordões arenosos, logo em área topograficamente mais baixa, onde a atuação do lençol freático é marcante, tendo predomínio de Gleissolos (Figura 12).



Figura 11 - Brejo Herbáceo com predomínio de Poaceae e Cyperaceae - PEPCV



Figura 12 - Minitrincheira - Brejo Herbáceo- PEPCV

Algumas das espécies vegetais encontradas nessa formação estão listadas na quadro 20.

Quadro 20 - Lista das espécies vegetais encontradas na formação Brejo herbáceo no PEPCV

Família	Espécie	Nome Vulgar
Typhaceae	<i>Typha dominguensis</i> (Pers.)	Taboa
Cyperaceae	<i>Eleocharis intersticta</i> (Vahl) Roem. & Schult.	-
Cyperaceae	<i>Lagenocarpus rigidus</i> (Kunth) Nees	-
Cyperaceae	<i>Fuirena robusta</i> (Kunth)	-
Cyperaceae	<i>Eleocharis geniculata</i> (L.) Roem. & Schult.	-
Cyperaceae	<i>Fuirena</i> sp.	-
Melastomataceae	<i>Tibouchina pallida</i> (Cogn.)	Quaresmeira
Melastomataceae	<i>Tibouchina</i> sp.1	Quaresmeira
Poaceae	<i>Paspalum millegrama</i> (Schrad.)	-

Fonte: Plano de Manejo do PEPCV, 2007.

### 3.4.1 - Análise Química das Amostras dos Solos

Os dados obtidos pela análise química das amostras de solo encontram-se ilustrados no Quadro 21, os quais são discutidos a seguir:

As amostras de solo foram coletadas no Brejo Herbáceo periodicamente inundado, que não apresenta conexão com o mar.

Assim como nos outros ambientes estudados, foi feita a classificação qualitativa dos valores obtidos na análise química das amostras dos solos pelos critérios propostos por Alvarez (1999).

Observa-se que a acidez é fraca, em alguns pontos quase chegando à neutralidade. Em nenhuma das amostras analisadas foi detectada a presença de  $Al^{3+}$ , o que fez com que os valores de pH se apresentassem mais elevados. Os valores de  $Mg^{2+}$  e  $Na^+$  obtidos foram muito baixos. Quanto ao  $Ca^{2+}$ , verificou-se que foram encontrados valores satisfatórios. Os solos apresentaram-se eutróficos na maior parte dos pontos de coleta.

Os teores de M.O. encontrados foram considerados baixos em dois pontos de coleta (pontos um e dois), médios na camada de 0-20 cm dos pontos de coleta três e quatro, bom nos primeiros 20 cm do ponto de coleta cinco.

A SB apresenta valores mais consideráveis nos primeiros 20 cm das minitrincheiras, a T apresentou-se com valores de médios a altos, com exceção das camadas 20-40 cm do ponto de coleta três e da camada de 0-20 cm do ponto de coleta quatro.

Os valores de P-rem foram mais baixos que os encontrados nas outras formações vegetacionais estudadas. Em relação a este aspecto pode-se perceber que o P-rem diminuía a medida que o teor de argila aumentava. O P remanescente (P-rem) é um índice da capacidade de retenção de P pelo solo (quanto maior a capacidade de retenção, menor o valor P-rem) que se

relaciona com o teor de argila e sua mineralogia (ALVAREZ & FONSECA, 1990).

Os valores de M.O. não são tão elevados para uma área que sofre periódico alagamento, podem ser justificados pela translocação deste material para corpos d'água próximos aos brejos, no caso do PEPCV, a lagoa Caraís. Este fato já observado por Lacerda (1986), em brejos no Rio Grande, que são eventualmente drenados para arroios adjacentes que acumulam sedimentos orgânicos.

Durante a drenagem uma fração da M.O. depositada poderá ser carregada para estas áreas. Solos ricos em M.O. quando alagados, apresentam valores de pH mais ácidos que solos pobres em M.O. como resultado da maior liberação de CO<sub>2</sub> e ácidos orgânicos (KATYAL, 1977).

Quadro 21 - Atributos químicos e físicos das amostras de solos na formação vegetacional Brejo herbáceo no PEPCV

Amostra	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-rem	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Equivalente umidade
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	dag kg <sup>-1</sup>			kg kg <sup>-1</sup>					
<b>Brejo Herbáceo P1</b>																					
0-20cm	6,09	0,40	4,00	7,10	2,15	0,07	0,00	3,00	2,26	2,26	5,26	43,00	0,00	1,39	47,10	92	2	1	5	Areia	0,040
20-40 cm	6,50	3,60	6,00	9,10	1,33	0,04	0,00	3,10	1,43	1,43	4,53	31,60	0,00	0,99	53,30	90	4	0	6	Areia	0,083
<b>Brejo Herbáceo P2</b>																					
0-20cm	6,20	0,50	7,00	11,10	2,51	0,11	0,00	1,30	2,69	2,69	5,79	46,50	0,00	1,52	54,20	88	4	1	7	Areia	0,064
20-40 cm	6,38	0,40	4,00	3,10	1,26	0,03	0,00	2,90	1,31	1,31	4,11	31,90	0,00	0,51	43,10	85	5	4	6	Areia	0,028
<b>Brejo Herbáceo P3</b>																					
0-20cm	6,17	1,00	7,00	15,40	3,47	0,14	0,00	2,70	3,70	3,70	6,40	57,80	0,00	2,39	40,70	84	5	2	9	Areia	0,057
20-40 cm	6,76	0,20	0,00	4,40	1,84	0,07	0,00	1,00	1,93	1,93	2,93	65,90	0,00	0,79	48,00	86	4	1	9	Areia	0,047
<b>Brejo Herbáceo P4</b>																					
0-20cm	6,77	0,10	0,00	2,40	1,9	0,07	0,00	1,00	1,98	1,98	2,98	66,40	0,00	0,88	41,40	82	8	2	8	Areia	0,069
20-40 cm	6,45	0,50	3,00	17,40	2,93	0,11	0,00	1,40	3,13	3,13	4,53	69,10	0,00	2,13	35,60	76	10	2	12	Areia Franca	0,054
<b>Brejo Herbáceo P5</b>																					
0-20cm	6,28	0,70	8,00	28,50	4,27	0,27	0,00	3,90	4,68	4,68	8,58	54,50	0,00	5,02	31,90	75	10	3	12	Areia Franca	0,104
20-40 cm	6,90	0,00	6,00	18,40	4,47	0,13	0,00	1,40	4,70	4,70	6,60	77,00	0,00	1,76	35,50	62	12	5	21	Frac-Arg-Arenosa	0,128

Apesar de ser um ambiente entre cordões arenosos, o Brejo Herbáceo se localiza um pouco acima topograficamente que as FPI. Além disso, não são ambientes essencialmente orgânicos, apesar de sofrerem alagamento periódico.

É importante ressaltar que apesar dos vários ambientes alagados e periodicamente alagados que existem no PEPCV, a Restinga em estudo não possui comunicação permanente com o mar (Figura 13), o que pode ter refletido nos menores teores de  $\text{Na}^+$  encontrados nas amostras de solo.

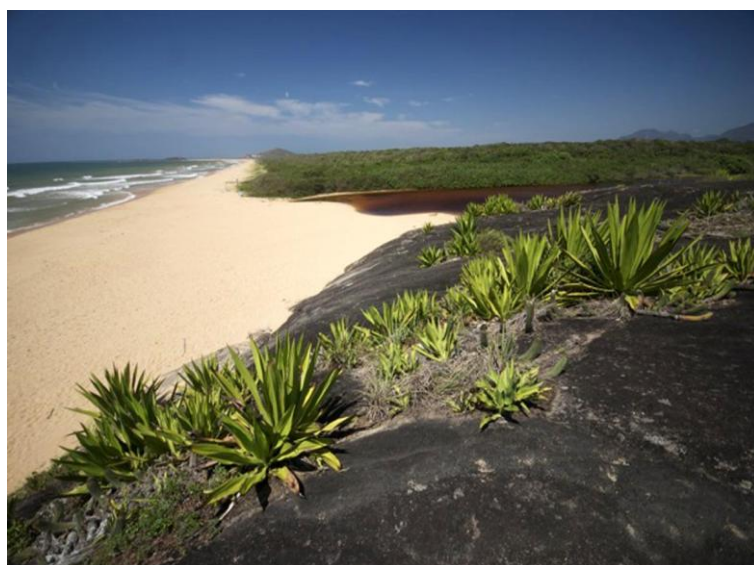


Figura 13 - Barra de areia entre o mar e a lagoa Caraís. Em períodos de maré alta e precipitação elevada, ocorre o rompimento da barra de areia – PEPCV.

As principais entradas de nutrientes para esse ecossistema são via atmosfera e lixiviação das áreas adjacentes. Entretanto sua ciclagem dentro do sistema é controlada, direta e indiretamente, pela comunidade vegetal e principalmente pela produção e decomposição da matéria orgânica e pelas variações do nível do alagamento que controlam os níveis de oxigenação do meio e conseqüentemente a velocidade de liberação de elementos para coluna d'água (PONNAMPERUMA, 1972).

A vegetação desenvolve-se sobre uma camada orgânica de espessura variável sobre um horizonte de areia. Sua principal característica é a alta produtividade primária, podendo-se atingir  $600 \text{ g m}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$ , e sazonalidade bem marcada dependentes do alagamento (LACERDA, 1984).

A alta produtividade primária e a sazonalidade bem marcada, dependente das condições do alagamento, interferem diretamente na composição e distribuição da vegetação constituinte (LACERDA *et al.*, 1986). Trata-se de um ecossistema no qual as espécies possuem a capacidade de resistir à submersão permanente ou sazonal (AMARAL *et al.*, 2008). Estas áreas são caracterizadas por alagamento sazonal e ocupadas por comunidades macrófitas emergentes dominadas por ciperáceas e gramíneas.

A formação brejo-herbáceo da Restinga do PEPCV é caracterizada por apresentar porte predominantemente herbáceo com ocorrência ocasional de espécies arbustivas tolerantes ao período de afloramento do lençol freático (VALADARES *et al.*, 2011). Em outros trabalhos realizados para este tipo de ambiente (IRGANG & GASTAL JUNIOR, 1996; MATIAS *et al.*, 2003; DAS NEVES, 2006; AMARAL *et al.*, 2008), a família Ciperaceae também aparece com maior riqueza dentre as demais famílias, fato este justificado por Matias *et al.* (2003) como sendo resultado do eficaz sistema de rizomas subterrâneos que confere aos membros da família maior eficiência vegetativa e dominância competitiva. A família Ciperaceae é cosmopolita e de hábito herbáceo, cujos representantes crescem, na sua maioria, em regiões alagadas ou sujeitas a inundações, mas também podem ocorrer em locais secos (DALGHGREN *et al.*, 1985).

#### **3.4.1.1 - Calcinação das Amostras dos Horizontes Superficiais dos Solos e Determinação dos Teores de Nutrientes - Brejo Herbáceo**

Dos elementos analisados, o  $\text{Ca}^{2+}$  se destaca (Quadro 22), assim como nas análises químicas de rotina (Quadro 21). Embora esteja a menos de um

quilômetro do mar esta área não apresentou valores consideráveis de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>, conforme pode ser visto no quadro 22.

Quadro 22 - Teores de nutrientes presentes em amostras calcinadas dos horizontes superficiais dos solos do PEPCV – Brejo Herbáceo

Amostras	Ca	S	Na	Mg	P	K	Fe
	mg L <sup>-1</sup>						
Brejo1	114,71	1,21	4,137	2,10	1,27	2,11	35,89
Brejo2	129,13	1,83	3,90	2,77	0,67	2,19	31,59
Brejo3	161,37	3,97	11,47	3,40	0,32	5,87	35,81
Brejo4	90,70	0,89	2,87	2,32	0,27	2,59	24,69
Brejo5	295,82	20,27	3,88	6,53	1,46	2,46	58,81

### 3.4.2 - Análise Física das Amostras dos Solos

#### 3.4.2.1 - Fracionamento da Areia - Brejo Herbáceo

Diferente dos outros ambientes estudados, no Brejo Herbáceo existe uma dominância da fração areia muito grossa, porém a fração areia muito fina também se destaca, sendo muito maior que nas outras formações vegetacionais estudadas (Quadro 23), o que demonstra a diferença entre essas áreas em termos de processo de sedimentação e deposição das areias, além de corroborar na questão da translocação de material orgânico para corpos d' água, aspecto estudado por Lacerda (1986) em Restingas do RS e RJ, devido ao grande domínio de areia muito grossa no sistema.

Quadro 23 - Fracionamento da areia em amostras de solo no PEPCV, em profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm – Brejo Herbáceo

Amostra	Profundidade (cm)	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia
		Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina
		dag kg <sup>-1</sup>				
P1	0-20	58,26	16,74	1,61	0,55	16,53
	20-40	54,36	15,24	2,56	1,09	20,33
P2	0-20	53,08	14,88	2,50	1,07	19,85
	20-40	54,95	15,23	2,93	1,71	14,56
P3	0-20	56,97	15,64	2,61	2,39	11,96
	20-40	56,44	21,37	2,63	1,53	8,14
P4	0-20	50,76	19,38	3,67	4,57	11,40
	20-40	46,68	20,49	4,66	4,88	9,12
P5	0-20c	45,66	14,10	3,89	6,26	15,44
	20-40	38,47	13,62	3,53	8,68	10,01

### 3.4.2.2 - Equivalente de Umidade - Brejo Herbáceo

A diferença existente entre as amostras com grãos de areia capeados e não capeados são evidentes em todas as camadas estudadas (Quadro 24). Percebe-se que o equivalente de umidade aumenta à medida que se tem um acréscimo de argila e M.O., nas amostras (Quadros 21 e 24), demonstrando a importância destes componentes para a retenção de água.

O Brejo Herbáceo, assim como a FNI, corresponderam às formações onde os valores do equivalente de umidade se apresentaram mais elevados na camada de 0-20 cm, considerando-se solos essencialmente arenosos.

A diferença de umidade do solo, avaliada pelo equivalente de umidade entre o grão capeado e não capeado é considerável, ao ponto do grão capeado ter umidade de até 11,5 vezes maior que o grão não capeado.

Apesar de ser uma área onde o lençol freático encontra-se mais elevado, a importância da interação grão de areia - complexo organomineral se

deve além de outros aspectos, à manutenção da umidade, pois esta formação vegetal não possui dossel, logo sofre exposição direta à radiação solar.

Quadro 24 – Equivalente de umidade das amostras de solo no PEPCV – Brejo Herbáceo

Amostra	P <sup>1</sup> (cm)	EUC <sup>2</sup> (kg kg <sup>-1</sup> )	EUNC <sup>3</sup> (kg kg <sup>-1</sup> )	EUC/EUNC
P1	0-20	0,040	0,008	5,00
	20-40	0,083	0,008	10,37
P2	0-20	0,064	0,010	6,40
	20-40	0,028	0,010	2,80
P3	0-20	0,057	0,008	7,12
	20-40	0,047	0,009	5,11
P4	0-20	0,069	0,006	11,50
	20-40	0,054	0,012	4,50
P5	0-20	0,104	0,012	8,66
	20-40	0,128	0,038	3,36

<sup>1</sup>Profundidade

<sup>2</sup>Equivalente de Umidade do grão Capeado

<sup>3</sup>Equivalente de Umidade do grão Não Capeado

### 3.5 - Curva Característica de Água do Solo das Formações Vegetais Estudadas

Pelas Figuras 14 e 15 percebe-se que as formações vegetacionais apresentaram diferentes curvas características de água do solo. Os solos sob Aberta de Clusia, devido à textura arenosa, com predominância de areia grossa, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm (Quadro 4 e 5, respectivamente), apresentam dificuldade para reter água no sistema, evidenciado pelos menores valores de umidade do solo para todas as tensões utilizadas. Hillel (1980) ressalta que em solos arenosos normalmente os poros são maiores, sendo mais rapidamente esvaziados a baixas tensões restando pequenas quantidades de água retidas a tensões maiores.

Em tensões mais elevadas (acima de 100 kPa), a retenção de água é mais dependente da textura do solo, sendo reduzida em solos arenosos, o que explica a inclinação acentuada da curva de retenção. Medina (1966) enfatiza este fato afirmando que solos arenosos, com alto volume de matéria sólida, muito baixo teor de argila e microporosidade baixa, apresentam capacidade de campo e umidade de murchamento baixas, em conseqüência possuem baixa disponibilidade de água.

Na camada de 0-20 cm, o solo sob FNI apresentou maior disponibilidade de água para todas as tensões aplicadas (Figura 14). Apesar destes solos também apresentarem elevado teor de areia (Quadro 13), os teores de M.O foram superiores, devido ao maior aporte de M.O e a camada de serrapilheira nessa formação vegetal.

A serrapilheira produzida nas florestas de solos arenosos de Restinga é muito importante para este sistema, pois além da entrada de nutrientes, promove melhores condições do solo através da regulação do pH, e aumento do armazenamento de água, nutrientes e capacidade de troca catiônica (HAY & LACERDA, 1984).

De acordo com Klute (1986), os atributos do solo que podem influenciar na retenção de água, com maior ou menor intensidade são: a estrutura, a textura, o tamanho e distribuição dos poros, o conteúdo de matéria orgânica e os óxidos de ferro livre.

No acaso de solos arenosos de Restinga, que possuem alta capacidade de infiltração de água, a M.O tem papel crucial na retenção de água, este fato fica evidente quando se comparam as curvas características de água dos solos entre as camadas de 0–20 cm e 20–40 cm (Figuras 14 e 15, respectivamente), exceção feita ao solo sob brejo herbáceo que teve um acréscimo de argila na camada de 20 a 40 cm, e, por esta razão, apresentaram maiores valores de umidade nessa camada (Figura 15).

Embora a percolação da água no solo seja rápida e retenção de água seja menor em solos arenosos, segundo Andrade (1964), a alta pluviosidade e a conseqüente umidade do ar são atenuantes para a vegetação de Restinga.

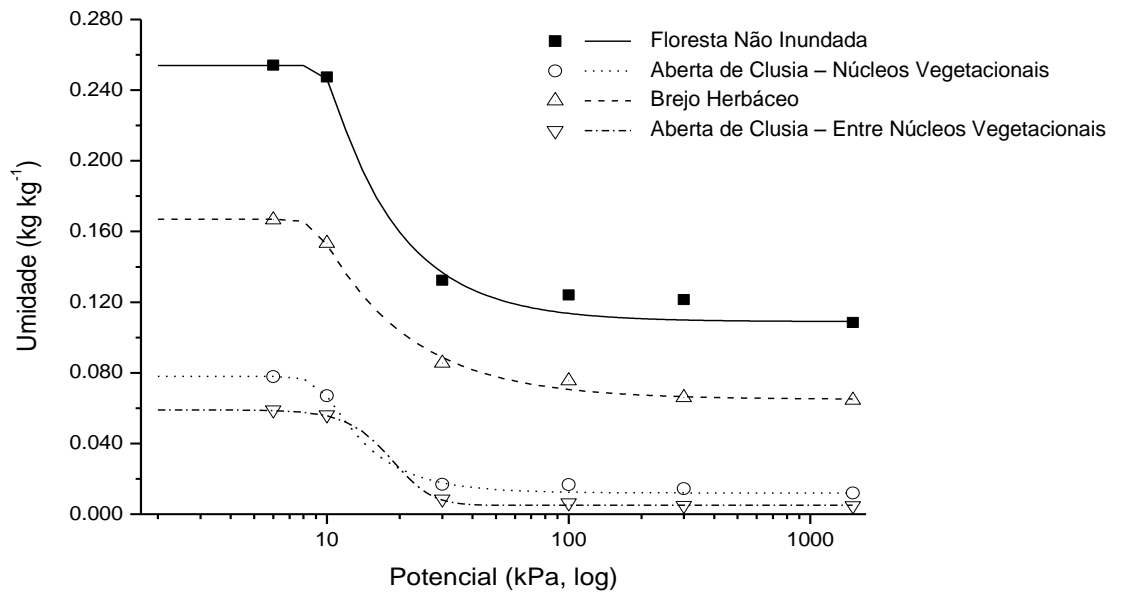


Figura 14 - Curvas características de água do solo para diferentes ambientes de Restinga na camada de 0-20 cm – PEPCV.

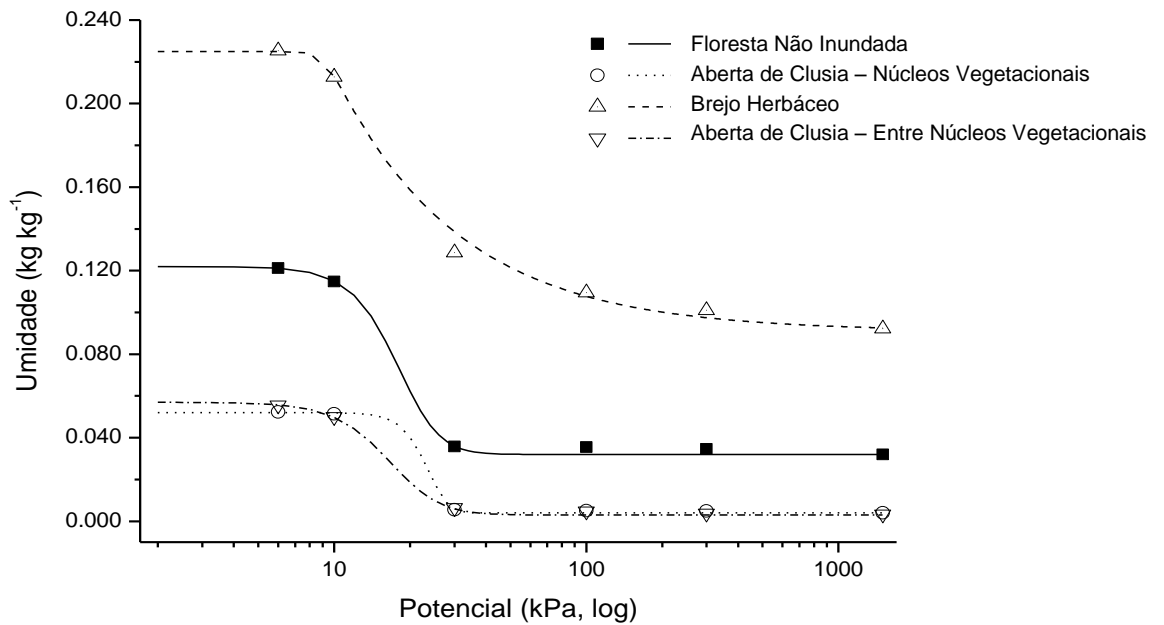


Figura 15 - Curvas características de água do solo para diferentes ambientes de Restinga na camada de 20-40 cm – PEPCV.

### 3.6 - Carbono da Biomassa Microbiana do Solo

A biomassa microbiana (BM) é considerada a parte viva da matéria orgânica do solo e inclui bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e microfauna. Constitui parte da fração da matéria orgânica ativa do solo, contendo, em média, de 2 a 5 % do C orgânico (CO) (JENKINSON & LADD, 1981) e de 1 a 5 % do N total do solo (SMITH & PAUL, 1990). A BM é a principal fonte de enzimas no solo, sendo responsável por quase toda a sua atividade biológica, catalisando as transformações bioquímicas. Além disso, funciona como fonte e dreno de C e troca de nutrientes entre a atmosfera e o ecossistema solo-planta.

O valor de carbono da biomassa microbiana encontrado na FNI foi atribuído a maior quantidade e qualidade do aporte de resíduos vegetais oriundos desse sistema (ADEBOYE et al., 2006). Esse fato foi observado em outros trabalhos nos quais foram comparadas outras formas de vegetação nativa, como a do cerrado e outros tipos de floresta, além de áreas agrícolas com cultivos anuais (JACINTHE et al., 2001; WICK et al., 2002; MENDES et al., 2003).

Os valores de carbono da biomassa microbiana observados nas amostras coletadas (Quadro 25), mostram que, as maiores concentrações de carbono da biomassa microbiana foram encontradas no Brejo Herbáceo. Entretanto, a maior diversidade microbiana foi encontrada nos fitofisionomias florestais, Floresta não Inundada e Floresta Periodicamente Inundada. Por outro lado, tanto o CBM quanto a diversidade microbiana se mostraram menores nas áreas entre núcleos vegetacionais na unidade vegetacional Aberta de *Clusia* (Quadros 25 e 26, respectivamente).

Valores mais elevados de qMIC podem ser indicativos de M.O. de melhor qualidade (WARDLE, 1994). Os valores de quociente microbiano (qMIC) encontrados (Quadro 25) são considerados baixos, principalmente na FNI e nos núcleos vegetacionais, o que mostra a alta eficiência de utilização de nutrientes pelas plantas, além de fatores de estresse que fazem com que o qMIC diminua. Em circunstâncias que a biomassa se encontra sob algum fator

de estresse a capacidade de utilização do carbono é diminuída, logo o qMIC vai apresentar valores menores (WARDLE, 1994). A área entre núcleos vegetacionais apresentou valores de qMIC mais altos nos pontos 1 e 2 em razão dos teores de carbono orgânico terem se apresentado muito baixos.

A matéria orgânica é distinta entre as formações estudadas. Marchiori (1999) ressalta que valores de qMIC menores que 1 indicam uma menor dinâmica de matéria orgânica, bem como entradas menores de M.O., assim como uma baixa disponibilidade ou qualidade do substrato orgânico (SILVA, 2010). Valores de qMIC variaram de 0,2 % a 0,8 % em solos arenosos sob povoamento de eucalipto no Espírito Santo (SANTOS, 2004).

Quadro 25 – Valores de Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) e Quociente Microbiano (qMIC) na camada de 0-20 cm de solos em quatro ambientes de Restinga do PEPCV

<b>Amostra</b>	<b>CBM (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>qMIC(%)</b>
P1 – Núcleo Vegetacional	49,15	0,44
P2– Núcleo Vegetacional	32,23	0,12
P3– Núcleo Vegetacional	29,03	0,50
P1- Entre Núcleos Vegetacionais	20,58	1,47
P2- Entre Núcleos Vegetacionais	11,01	1,57
P3- Entre Núcleos Vegetacionais	4,5	0,20
P1 – FNI	125,89	0,78
P2– FNI	88,91	0,50
P3– FNI	103,79	0,16
P1-Brejo Herbáceo	101,23	1,26
P2-Brejo Herbáceo	139,49	1,01
P3-Brejo Herbáceo	220,44	0,75

CBM- Carbono da Biomassa Microbiana  
qMIC- Quociente Microbiana

### 3.7 - Diversidade Microbiológica

A diversidade em termos de UTOs nas formações florestais se mostrou similar 100 % enquanto nas outras formações se distinguiram pelo menor número de UTOs. As formações florestais têm 30 % de similaridade em relação

ao domínio Eucaria e 40 % em relação ao domínio Bactéria em relação aos outros ambientes (Figura 16 e 17, respectivamente).

O Brejo Herbáceo apresentou valores de UTOs (Quadro 26) superiores a formação vegetacional Aberta de Clusia (Núcleos Vegetacionais e Entre Núcleos Vegetacionais), apresentando similaridade genética com os ambientes supracitados de 50 % e 25 % em relação aos domínios Eucaria e Bactéria, respectivamente (Figuras 16 e 17).

Os ambientes que compõem a formação vegetacional Aberta de Clusia (Núcleos Vegetacionais e Entre Núcleos Vegetacionais) foram os que apresentaram menor número de UTOs (Quadro 26), com destaque para área de Entre Núcleos Vegetacionais. Dentre outros fatores que justificam o baixo número de UTOs está à falta de cobertura vegetal. Em relação à similaridade genética esses ambientes apresentam 90 % e 25 % similares entre si em relação aos domínios Eucaria e Bactéria respectivamente (Figuras 16 e 17, respectivamente)

De maneira geral, o padrão de resposta, quanto ao metabolismo microbiano no ecossistema, é que a diversidade funcional em uma área sem vegetação, inicialmente, seja baixa. À medida que a vegetação se estabelece, a diversidade metabólica microbiana cresce rapidamente. Porém, em estádios de sucessão vegetal mais avançado, a abundância relativa das atividades metabólicas se reduz, mantendo-se estáveis (TORSVIK & ØVREÅS, 2002). Quanto maior a diversidade microbiana, maior a redundância funcional, mais alta resiliência e a diversidade metabólica.

Quadro 26 – Número de Unidades Taxonômicas Operacionais (UTOs) de micro-organismos dos domínios Bactéria e Eucaria nas formações vegetacionais estudadas no PEPCV, obtidas por DGGE, analisado pelo software Bionumerics v. 6.0.

Amostra	Nº de UTO - Fungos	Nº de UTO - Bactérias
FNI	25	31
FPI	23	29
Núcleo Vegetacional	14	15
Entre Núcleos Vegetacionais	9	8
Brejo Herbáceo	17	23

UTO- Unidade Taxonômica Operacional

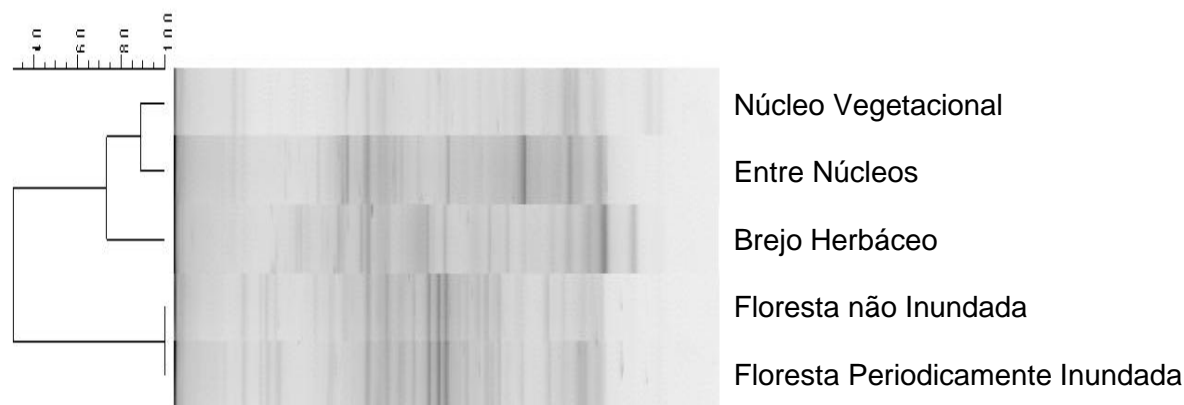


Figura 16 – Dendrograma de similaridade genética do domínio Eucaria entre os ambientes estudados no PEPCV, utilizando-se o software Bionumerics v.6.0. Para análise dos agrupamentos foi utilizado o método UPGMA.

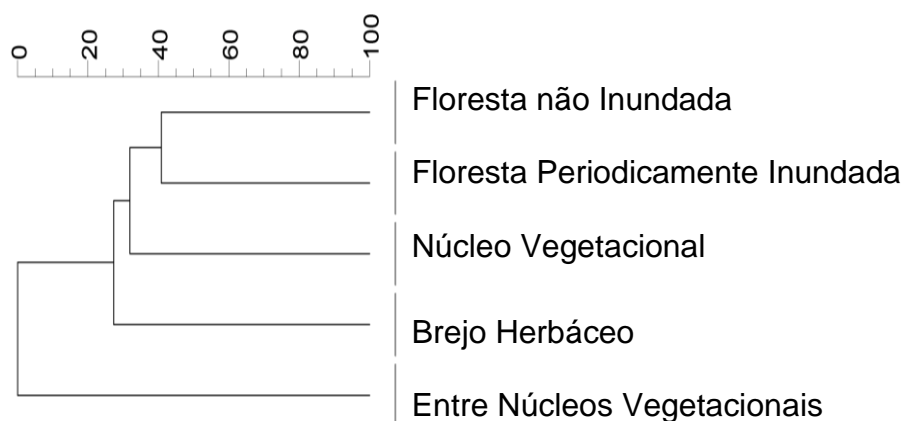


Figura 17- Dendrograma de similaridade genética do domínio Bacteria entre os ambientes estudados no PEPCV, utilizando-se o software Bionumerics v. 6.0. Para análise dos agrupamentos foi utilizado o método UPGMA.

### 3.8 - Microscopia Eletrônica de Varredura das Partículas de Areia

Com as micrografias pode-se perceber o capeamento dos grãos de areia, aspecto importante para o aumento da superfície específica, fundamental em um ambiente predominantemente arenoso caracterizado, entre outros aspectos, pela facilidade de lixiviação garantindo assim maior retenção de íons na superfície do grão de areia.

As análises realizadas por meio da microscopia eletrônica de varredura das partículas de areia revelaram uma maciça presença de bactérias

filamentosas, provavelmente actinomicetos, principalmente na área de Floresta não Inundada.

No Brejo Hebáceo as cavidades dos grão de areia são preenchidas por material organomineral diferente daquele observado em ambiente que não sofrem alagamento, não se verificou a presença de tais filamentos, sendo estes pouco perceptíveis na formação Aberta de Clusia. Todas essas cavidades e pequenos orifícios são preenchidos por material orgânico associados aos microorganismos. O preenchimento dessas cavidades por material vegetal é fundamental para a criação de microsítios que criem condição para o desenvolvimento de microorganismos, assim esses podem exercer suas funções no ambiente solo. O preenchimento dessas cavidades por material orgânico é fundamental para que haja retenção de água nesse ambiente, que se caracteriza em grande parte pelo predomínio de solos de textura arenosa, logo apresentando rápida percolação de água ao longo do perfil. A importância do aspecto mencionado ficou evidente nas análises de equivalente de umidade em grão de areia capeados e grão de areia não capeados, onde os primeiros mostraram-se com maiores teores de umidades (Quadros 10, 11, 16 e 24).

Enquanto a contribuição dos fatores abióticos na agregação do solo aumenta com a diminuição da granulométrica das partículas do solo, a dos bióticos diminui. Em solos argilosos, portanto, a contribuição relativa dos microorganismos é geralmente pequena.

Em geral, a ação dos micro-organismos decresce na ordem: fungos > actinomicetos > bactérias produtoras de polissacarídeos extracelulares > leveduras > maioria das bactérias (MOREIRA, 2006). É importante ressaltar que fungos filamentosos e actinomicetos podem atravessar os vazios insaturados, através do crescimento micelial (MOREIRA, 2006), logo as cavidades e conjuntos de poros ganham importância por poderem ser locais de crescimento micelial.

A observação e o entendimento do capeamento do grão de areia assim como de sua morfologia, caracterizada por uma paisagem formada por concavidades e poros, são fatores fundamentais para a compreensão da

dinâmica de nutrientes e água em ambientes de Restinga, uma vez que envolvem aspectos relacionados a aumento da CTC, retenção de água e desenvolvimento de micro-organismos.

As figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24 mostram a forma dos grãos de areia e sua interação com o material orgânico, mineral e biológico.

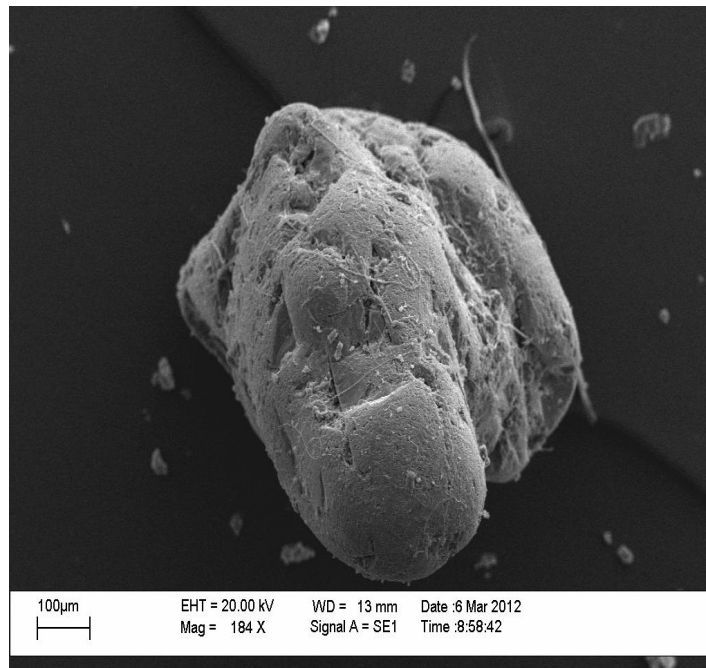


Figura 18 - MEV do Grão de areia, provenientes de área de Floresta não Inundada, com cavidades contendo material orgânico. Todo o grão aparece envolvido por filamentos de bactérias - PEPCV.

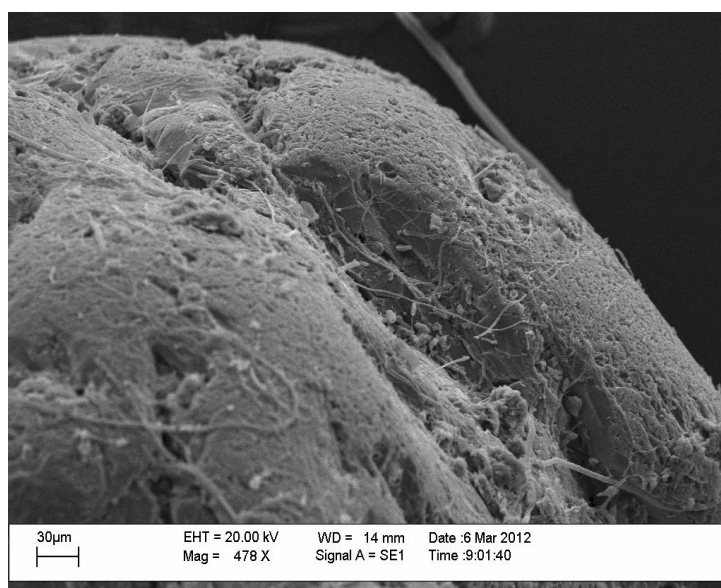


Figura 19 - MEV onde são observadas bactérias filamentosas na superfície do grão. Ampliação da figura 18 - PEPCV.

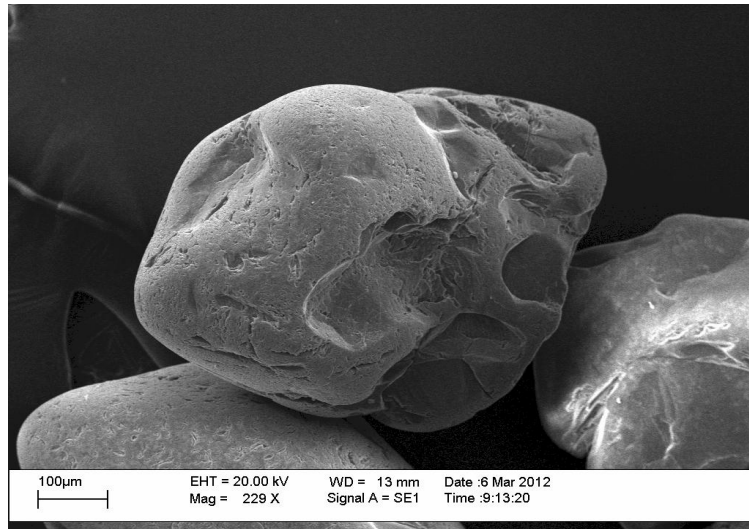


Figura 20 - MEV de cavidades de grão de areia não capeado de FNI , importantes para o desenvolvimento da microbiota do solo e retenção de água no solo – PEPCV.

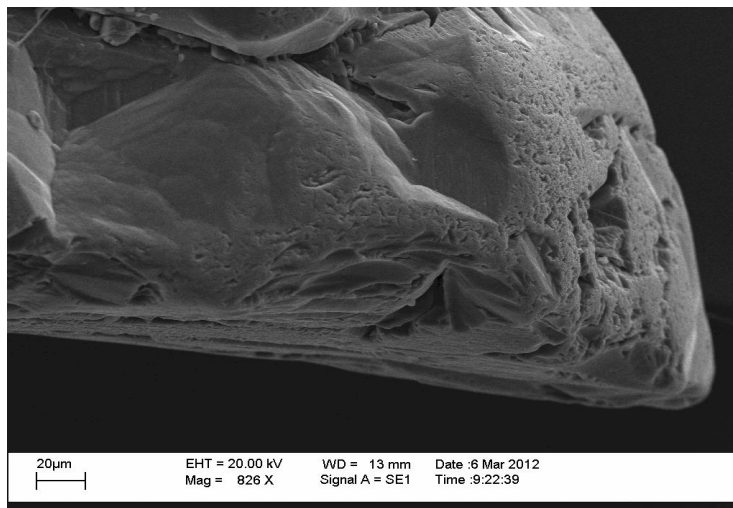


Figura 21 - MEV de cavidades e poros de grão de areia arestado e não capeado da área FNI. Estas cavidades são preenchidas por M.O., sendo portanto fundamental para a retenção de água em solos arenosos - PEPCV.

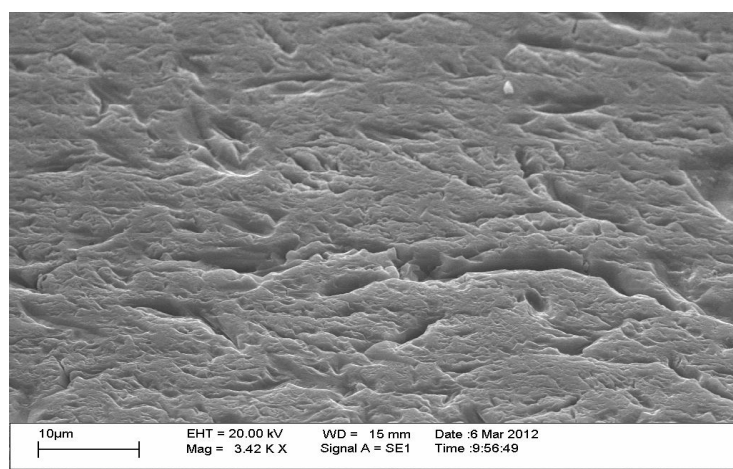


Figura 22 - MEV realçando a presença de ranhuras em grão de areia não capeado. - Aberta de Clusia - PEPCV.

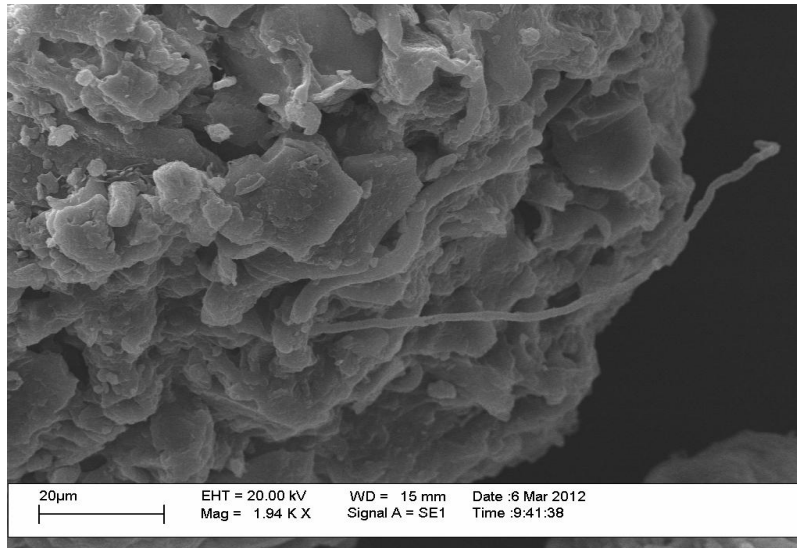


Figura 23 - MEV - Presença de pêlo radicular associado à M.O. fundamental para a existência da interação planta/microorganismo - Aberta de Clusia - PEPCV.

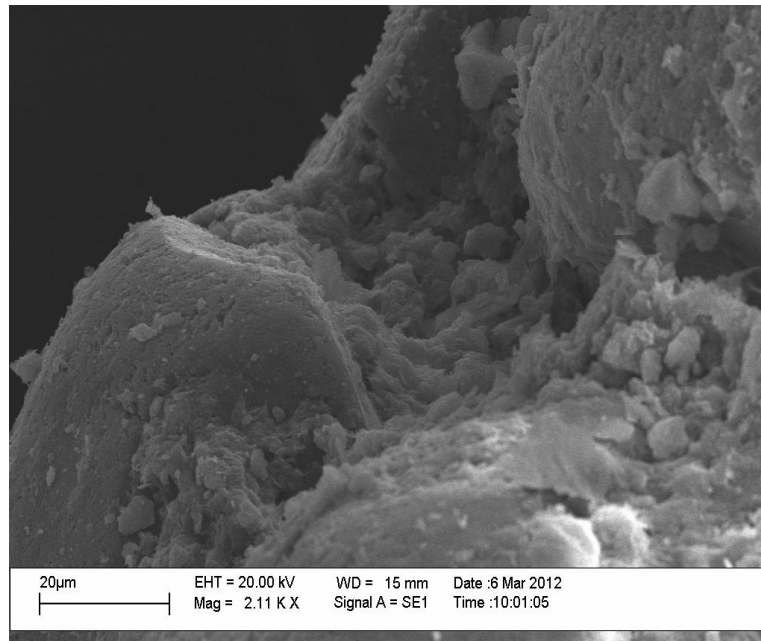


Figura 24 - MEV onde observa-se uma cavidade de grão preenchida com material organomineral I - Brejo Herbáceo - PEPCV.

#### 4 - Conclusões

- A matéria orgânica tem papel fundamental na dinâmica de nutriente e na retenção de água, principalmente em solos predominantemente arenosos, uma vez que está vai se constituir no principal sítio gerador de cargas dos solos.
- O material coloidal gera um importante capeamento nos grãos de areia proporcionando um aumento na densidade de cargas dessa fração, gerando um comportamento físico-químico diferente em relação às areias sem o capeamento.
- Os pequenos desníveis topográficos existentes proporcionam a formação de áreas de acumulação de nutrientes e maiores influências do lençol freático, ocasionado um acúmulo de matéria orgânica. Estas áreas se encontram topograficamente mais baixas, entre os cordões arenosos.
- A disponibilidade de nutrientes, assim como a acidez e as condições de saturação hídrica têm influencia direta na vegetação, refletindo nos aspectos fitofisinômicos, no desenvolvimento estrutural e na distribuição das espécies.
- Os nutrientes no solo localizado nos cordões arenosos diminuem com a profundidade o que indica uma rápida ciclagem de nutrientes.
- As cavidades e os poros encontrados nos grãos de areia são de fundamental importância para a manutenção da vida neste ambientes, pois são microsítios preenchidos por material orgânico associados a micro-organismos e a retenção de água.

## 5 - Referências Bibliográficas

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A. L. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5.<sup>a</sup> Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, p. 25-32. 1999.

ALVAREZ V. V. H.; FONSECA, D. M. Definição de doses de fósforo para a determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 49-55, 1990.

ADEBOYE M. K. A.; IWUAFOR E. N. O.; AGBENIN J. O. The effects of crop rotation and nitrogen fertilization on soil chemical and microbial properties in a Guinea Savanna Alfisol of Nigeria. **Plant and Soil**, 281:97-107, 2006.

ANDRADE, M. A. B. **Contribuição ao conhecimento da ecologia das plantas das dunas do litoral do estado de São Paulo**. 1964. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, São Paulo, 1964.

ARAÚJO, D. S. D.; PEREIRA, M. C. A.; PIMENTEL, M. C. P. **Flora e Restinga de comunidades na restinga de Jurubatiba – Síntese dos conhecimentos com enfoque especial para a formação Aberta de Clusia**. In: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A.; SCARANO, F. R. (org.), Pesquisa de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba – Ecologia, História Natural e Conservação. São Carlos – SP: Ed. Rima, p. 59-76, 2004.

BLACK, C.C. & OSMOND, C. B.. Crassulacean acid metabolism photosynthesis: 'working the night shift'. **Photosynthesis Research**. v. 76, p.329-341. 2003.

BARTLETT, R. J.; ROSS, D. S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science American Journal**, v.52, p. 1191 – 1192, 1988.

CASAGRANDE, J. C. **Considerações sobre Recuperação da fertilidade do solo para áreas degradadas**. In: Anais do Seminário Temático sobre Recuperação de Áreas Degradadas. 2003. São Paulo, SP..p. 92-93. 2003.

CASAGRANDE, J. C.; SATO, C. A.; REIS-DUARTE, R. M.; SANTOS, D. A.; GALVÃO-BUENO, M. S. **Avaliação da Salinidade de Solos da Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha Anchieta – SP**. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 57, 2006. Gramado (RS). Resumo.2006.

COUTINHO, H. L. da C.; OLIVEIRA., V. M. de; MANFIO, G. P.; ROSADO, A. S. **Evaluating the microbial diversity of soil samples: methodological**

**innovations.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 71, n. 3, p. 491-503, 1999.

Cushman, JC. Crassulacean Acid Metabolism. A Plastic Photosynthetic Adaptation to Arid Environments. **Plant Physiology**. v.127: 1439-1448. 2001

DAHLGREN, R. M. T.; CLIFFORD, H. T.; YEO, P. F. **The familie of the monocotyledons:structure, evolution and taxonomy.** Berlin: Springer-Verlag. 242 p. 1985.

DIAS, A.T.C; MATTOS, E. A. D. E; VIEIRA, S. A.; AZEREDO, J. V. e SCARANO, F. R. Above ground biomass stock of native woodland on a Brazilian Sandy coastal plain: estimates based on the dominant tree species. **Forest Ecology and Management**, v. 226:364-367. 2006.

DIAS, A.T.C., ZALUAR, H. L. T., GANADE, G. SCARANO, F. R.. Canopy composition influencing plant patch dynamic in a Brazilian Sandy coastal plain. **Journal of Tropical Ecology**, 21:343-347. 2005.

DRENNAN, P. M., NOBEL, P. S. Responses of CAM species to increasing atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations. **Plant cell Environment**. v.23: 767-781. 2000.

EMBRAPA (Centro Nacional de Pesquisa de Solos). **Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.** Rio de Janeiro. p. 212. 1997.

ERNEST, W.H.O.. Okologische Anpassungsstretgien an Bodenfaktoren. Ber. **Dstch. Bot. Ges.** v. 96: 49-71. 1983

FRANCO, A. C., HERZOG, B., HÜBNER, C., DE MATTOS, E. A., SCARANO, F. R., BALL, E. e LÜTTGE, U. Diurnal changes in chlorophyll a fluorescence, CO<sub>2</sub>-exchange and organic acid decarboxylation in tropical CAM tree *Clusia hilariana*. **Tree Physiology**, v.19. p. 635-644. 1999.

JACINTHE, P.A.; LAL. R.; KIMBLE, J.M.; Organic carbon storage and dynamics in croplands and terrestrial deposits as influenced by subsurface tile drainage. **Soil Science**. v.166(5), p.322-325, 2001.

JENKINSON, D.S. e LADD, J.M. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In:PAUL, E.A. & LADD, J.N., eds. **Soil biochemistry**. v.5,p.415-471. 1981.

IBIA, T.O.; UDO, E.J. Phosphorus forms and fixation capacity of representative soils in Akwa Ibom State of Nigeria. **Geoderma**, v.58, p.95-106, 1993.

MARCHIORI,M. J . MELO, W. J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 23, p.257-263, 1999.

MURPHY, J.; RILEY, J.P. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chim. Acta**, v. 27, p. 31-36, 1962.

HAY, J. D. e LACERDA, L. D. **Ciclagem de Nutrientes do Ecossistema de Restinga**. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (Eds.) Restingas: Origem, Estrutura e Processos. Niterói: CEUFF, 1984. p. 459-475.

HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. New York. Academic Press,. p 413 . 1980.

IVANAUSKAS, N. M. ASSIS, M. C.. Formações florestais brasileiras. In: MARTINS, S. V. (Ed). **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. Viçosa-MG, Editora UFV., p 74-109. 2009.

KENNEDY, A.C. & PAPENDICK, R.I. Microbial characteristics of soil quality. **J. Soil Water Conserv**, v. 50, p. 243-248, 1995.

KENNEDY, A. C. Bacterial diversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**,v. 74, p. 65-76, 1999.

LACERDA, L.D.; CUNHA, C.T. & SEELIGER, U. Distribuição de nutrientes em perfis de sedimentos em brejos costeiros tropicais e temperados. **Acta Limnologica Brasiliensis**. V.1, p. 387-399. 1986.

LAMBAIS, M.R; CURY, J.C.; MALUCHE-BARETTA, C.R.D.; BÜLL, R.C. Diversidade Microbiana nos Solos: Definindo Novos Paradigmas. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A.P. DA; CARDOSO, E.J. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, v. 4, p. 43-84, 2005.

KLUTE, A.; DIRKSEN, C. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, **Soil Science Society of America**, 1986.

LIEBIG, M., SCARANO, F.R., MATTOS, E.A., ZALUAR, H.L.T. & LÜTTGE, U.. Ecophysiological and floristic implications of sex expression in the dioecious neotropical CAM tree *Clusia hilariana* Schltld. **Trees Structure and Function** v. 15, p.278-288. 2001.

MAGNAGO, L. F. S. **Gradiente vegetacional e pedológico em floresta de Restinga no Espírito Santo, Brasil**. 134f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009.

MATIAS, L.Q.; AMADO, E.R. & NUNES, E.P. Macrófitas aquáticas da Lagoa de Jijoca de Jericoacoara, Ceará, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v.17, p. 623-631. 2003.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGEZ, J.M.L. FLEXOR, J. M.. **Geologia do Quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo**. Belo Horizonte, CPRM/FAPESP. 1997.

MEDINA, H. P.; GROHMANN; Disponibilidade de água em alguns solos do Cerrado, **Bragantia**, v. 25, Campinas Junho de 1966

MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A.C. Propriedades biológicas em agregados de um latossolo vermelho-escuro sob plantio direto no cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**. v.27, p.435-443, 2003.

MESTRE, L. A., ARANHA, J.M., ESPER, M.L. Macroinvertebrate Fauna Associated to the Bromeliad *Vriesea inflata* of the Atlantic Forest (Paraná State, Southern Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 44, p. 89 - 94, March, 2001.

MILES, J. The pedogenic effects of different species and vegetation types and the implications of succession. **J.of. Soil Sci**, v.36, p.571-584, 1985.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e campos sulinos**. MMA/SBF, Brasília, 2000.

MORAES, R. M.; DELITTI, W. B. C.; RINALDI, M. C. S. REBELO, C. F. **Ciclagem mineral em Mata Atlântica de encosta e Mata sobre restinga: nutrientes na serrapilheira acumulada**. Pp. 71-77. In: Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. v. 2., Águas de Lindóia, São Paulo, ACIESP. 1998.

MOREIRA, A. A. N. & CAMELIER, C.. **Relevo**. In **IBGE. Geografia do Brasil, Região Sudeste**. Rio de Janeiro. v. 3, p. -10. 1977.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2.ed. atual. e ampl. Lavras: Ufla,. 729p. 2006.

MUYZER, G.; DE WAAL, E. C. & UITTERLINDEN, A. **Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction - amplified genes coding for 16S rRNA**. *Appl. Environ. Microbiol.*, 59:695-700, 1993.

Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO. Disponível em: <[www.brasilia.unesco.org](http://www.brasilia.unesco.org)> Acesso 20 de Junho de 2011.

OOSTING, F.L.; BILLINGS, W.D. Factors effecting vegetational zonation on coastal dunes. **Ecol**. v. 23, p. 131-142, 1942.

PEREIRA, O. J.,. **Caracterização fitofisionômica da Restinga de Setiba, Guarapari (ES)**. In ACIESP (orgs.). Anais do II Simpósio sobre ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. ACIESP, Águas de Lindóia (SP), v.3, p. 207-227. 1990.

PEREIRA, O. J. **Diversidade e conservação das Restingas do Espírito Santo**. Pp. 33-44. In: Ecossistemas Costeiros do Espírito Santo. Vitória: IMCAPER, 2007.

PETERS, S.; KOSCHINSKY, S.; SCHWIEGER, F.; TEBBE, C. C. Secession of microbial communities during hot composting as detected by PCR-Single-Strand-Conformation Polymorphism-based genetics profiles of small-subunit rRNA genes. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 66, p. 930-936, 2000.

PONNAMPERUMA, F. N. **The chemistry of submerged soils**. Adv. Agron, 24 : 29 – 96, 1972.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. & FURLANI, P.R. Efeito, na reação do solo, da absorção de amônio e nitrato pelo sorgo, na presença e na ausência de gesso. **R. Bras.Ci. Solo**, v.12, p.131-136, 1989.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Agronômica Ceres, Piracicaba: **POTAFOS**,. 343p. 1991.

REED, S. J. B. **Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology**, New York, Cambridge University Press. 201 p. 1996.

REIS-DUARTE, R.M. **Estrutura da floresta de restinga do Parque Estadual da Ilha Anchieta (SP): Bases para promover o enriquecimento com espécies arbóreas nativas em solos alterados**. 230 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociência, Área de concentração: Biologia Vegetal. Rio Claro, 2004.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4.ed. Viçosa, NEPUT. 2002.

Resolução Conama Nº 07, 23 de Julho de 1996 .Publicada no DOU no 165, de 26 de agosto de 1996, Seção 1, páginas 16386-16390.

SATO, C, A. **Caracterização da fertilidade do solo e da composição mineral de espécies arbóreas de restinga do litoral paulista**.122p. **Dissertação**- Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências. Rio Claro, 2007

SCHIMPER, A. F. W.. **Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage**.Gustav Fisher. Jena. 588 p. 1935.

SILVA, S. M.,. **Composição florística e fitossociológica de um trecho de floresta de Restinga na Ilha do Mel, Município de Paranaguá (PR)**. Dissertação de Mestrado, UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas (SP), 150p. 1990.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes/ Embrapa Solos**, Embrapa Informática Agropecuária. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; Da SILVA, J. A. G.; SHARMA, V. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 3, p. 193-201, 2007.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. **Matéria orgânica do solo**. In: R. F. Novais et al (eds). Fertilidade do Solo. Viçosa – MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007.

SILVA, R. R. et al. **Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes – MG. R. Bras. Ci. Solo**, v.34, p.1585-1592, 2010

SMITH, J.L. & PAUL, E.A. **The significance of soil microbial biomass estimations**. In: BOLLAG, J.M. & STOTZKY, G., eds. Soil biochemistry. New York, Marcel Dekker, v.6.p.357-396. 1990.

SOUZA, R.O.; GOMES, A. S e VAHL, L. C. **Toxidez por ferro em arroz irrigado**. In: GOMES, A.S e MAGALHÃES JR., A., orgs. Arroz irrigado no Sul do Brasil, Embrapa Informação Tecnológica, p.305-337.. 2004

SOUZA, R. O. et al. Química dos Solos Alagados. p. 485-529. In: V. F. Melo e L. R. F. Alleoni (eds). **Química e Mineralogia do Solo- Parte II- Aplicações**. Viçosa- MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2009.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: Genesis, composition and reactions**. 2nd Ed. John Wiley & Sons, New York. 1994.

SUGUIO, K. & TESSLER, M.G. **Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura**. In Restingas: Origem, estrutura e processos (L.D. Lacerda, D.S.D. Araujo, R. Cerqueira & B. Turcq, orgs.). Universidade Federal Fluminense / CEUFF, Niterói, p.15-25. 1984.

THOMAZ, L. D. & MONTEIRO, R. Distribuição de espécies na comunidade halófilas ao longo do litoral do Estado do Espírito Santo. **Arq. Biol. Tecnol.** v.36(2), p.375-399. 1993.

TORSVIK, V.; ØVREÅS, L. **Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems**. Current Opinion in Microbiology, Amsterdam, v. 5, n. 3, p. 240–245, 2002. Caderno

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. **An extraction method for measuring soil microbial biomass C**. Soil Biology and Biochemistry, Oxford, v.19, p.703-707, 1987.

VELOSO, H.P. **Sistema fitogeográfico**. In Manual técnico da vegetação brasileira. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, p. 9-38. 1992.

VITTI, G. C. ; LIMA, Eduardo ; CICARONE, Fernanda . Cálcio, magnésio e enxofre.. In: Manlio Silvestre Fernandes. (Org.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa/MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. , p. 299-325. 2006.

WARDLE, D.A. **Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo**. In: HUNGRIA, M. & ARAUJO, R.S., eds. Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola. Brasília, Embrapa. p.419-436. 1994.

WICK, B.; KÜHNE, R. F.; VIELHAUER, K.; VLEK, P. L. G. Temporal variability of selected soil microbiological and biochemical indicators under different soil quality conditions in south-western Nigeria. **Biol. Fertil. Soils**, v.35, p.155-167, 2002.

ZALUAR, H. T. L. & F. R. SCARANO. **Facilitação em Restingas de moitas: um século de buscas por espécies focais**. p 03–23. In: F. A. Esteves & L. D. Lacerda (eds.). Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras. Rio de Janeiro, NUPEM/UFRJ, 442 p. 2000.