

Influência do solo e do lençol freático na distribuição das formações florísticas nas areias reliquiárias do Parque Estadual Paulo César Vinha, ES, Brasil

The influence of soil and groundwater on the floristic formations distribution in the reliquary sands at Paulo César Vinha State Park, ES, Brazil

Monique EF Barcelos^{1*}, Julia R Riguete¹, Lorena TP Silva¹, Ary G Silva^{1,2} e Paulo D Ferreira Jr^{1,2}

1. Curso de Graduação em Ciências Biológicas. Centro Universitário Vila Velha. Rua Comissário José Dantas de Melo, 21, Boa Vista, Vila Velha, Espírito Santo, Brasil. CEP 29102-770. 2. Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas, bolsista de Produtividade em Pesquisa FUNADESP.

*Autor para correspondência: monique_barcelos@yahoo.com.br

Resumo Em muitas regiões da costa brasileira a restinga está presente, sendo caracterizada por uma planície baixa com suaves ondulações. A restinga é recente na escala geológica e as espécies presentes neste ambiente são provenientes de outros ecossistemas, como Mata Atlântica, Tabuleiro e Caatinga, havendo uma heterogeneidade vegetal. O solo e o lençol freático são importantes para a delimitação da distribuição das formações florísticas presentes na restinga. Associadas à restinga há presença de florestas que ocorrem em partes mais altas dos cordões litorâneos, e as que ocorrem em depressões que tem o afloramento periódico do lençol freático. Tendo em vista o risco gerado pela especulação imobiliária e pela extração ilegal de areia e outros fatores que podem gerar perda de diversidade e a alterações na dinâmica dos processos ambientais que envolvem a sua manutenção da vegetação local foi realizada neste estudo a avaliação da influência das características do solo e lençol freático sobre a distribuição das formações florísticas no Parque Estadual Paulo César Vinha - PEPCV. Os dados obtidos sugerem que, na área estudada, o lençol freático é influenciado pelo nível de água no brejo da Lagoa de Caraís e os solos são pobres com pouca matéria orgânica devido a sua alta porosidade e grande lixiviação. As moitas da formação arbustiva aberta também são responsáveis pela manutenção do substrato, proporcionando um sombreamento através de maior cobertura vegetal que contribui para a formação de vários microhabitats com disponibilidade de nutrientes. Espera-se com esses resultados contribuir um pouco mais com o conhecimento referente à atuação dos fatores abióticos sobre as formações florísticas na área do PEPCV, o que pode auxiliar na justificativa para o desenvolvimento de projetos que visem uma maior preservação da área para que sejam mantidas suas características naturais assim como dos fatores abióticos responsáveis por sua manutenção.

Palavras-chaves: restinga, solo, lençol freático, formações florísticas.

Abstract Sandbanks, popularly known as *restinga*, are present in many regions of the Brazilian coast and they are characterized as a low plain with soft undulations. In the geological scale, the sandbank is a recent environment in which several species from others ecosystems, such as from the Atlantic Forest, from the Caatinga, and from the forests over Tertiary *Tabuleiros*, with a high vegetation heterogeneity. The soil and groundwater are important for determination of phytophysiognomies distribution in the sandbank. Along the Brazilian southeastern coast there are many different phytophysiognomies found at the coastal plain, and among of them, there are the *restinga* forests that occur in higher parts of the costal sand ridges, and those forests that occur in the depressions which have periodic groundwater outcropping. Considering the threat posed by real estate speculation and illegal sand extraction that can lead to diversity loss and changes in the dynamics of environmental processes that involve the maintenance of local vegetation, this study was carried out to evaluate the influence of soil and groundwater characteristics on the distribution of flora in Paulo Cesar Vinha State Park - PEPCV vegetation. The data suggest that in the the groundwater is influenced by the level of water in the marshes of Caraís Lagoon, and the soils are poor with little organic matter due to its high porosity and high leaching. The bushes are also responsible for maintaining the substrate, providing shade and contributing to the formation of microhabitats with different nutrient availability. It is expected that these results may contribute to the knowledge on the role of abiotic factors on the floristic formations in the PEPCV, justifying the development of projects aimed at preserving a greater area so that its characteristics are maintained natural and abiotic factors responsible for its maintenance.

Keywords: restinga, soil, groundwater, floristic formations

Introdução

Em muitas regiões da costa brasileira, há a ocorrência de planícies formadas por sedimentos terciários e quaternários que foram predominantemente depositados em ambientes marinhos, continentais ou transicionais que são denominados de restinga (Silva 1999). De uma forma geral a restinga é caracterizada por ser uma planície baixa com suaves ondulações e declives em direção ao mar. Além disso, o termo restinga possui um significado geomorfológico, dando conotação a qualquer depósito arenoso ao longo da costa (Suguió e Martin 1987).

As restingas se destacam pelas grandes áreas que ocupam e pela formação de um ecossistema que possui íntima relação com o mar. As planícies arenosas constituem o substrato para várias comunidades vegetais que estão associadas à geomorfologia e apresentam adaptação às condições físicas e ambientais (Cordeiro 2005). São ambientes recentes na escala geológica e as espécies ali presentes são provenientes de outros ecossistemas, como Mata Atlântica, Tabuleiro e Caatinga. Essas espécies, frequentemente apresentam variações morfológicas voltadas à adaptação às diferentes condições de seu ambiente de origem (Assumpção e Nascimento 2000).

Estes ambientes foram colonizados por inúmeras espécies vegetais que através de agentes morfodinâmicos e pedogenéticos moldaram seu surgimento (Sonehara 2005). Sua vegetação apresenta uma imensa heterogeneidade, possui a denominação de “complexo da restinga”, nomenclatura que revela as variações florísticas e fisionômicas da região que ocorrem em escala geográfica significativa (Silva 1999). Em toda costa do Espírito Santo pode-se encontrar diferentes comunidades vegetais, que são diferenciadas de acordo com as condições climáticas e fatores temporais.

O solo é um importante condicionador e fator limitante da distribuição das formações florísticas (Pereira *et al.* 2001). Com frequência o tipo de solo é utilizado para explicações sobre a classificação da vegetação ao longo da restinga, e suas expressivas variações ao longo da costa (Silva 1999). Em solos arenosos, como no caso da restinga, ocorre o processo de podzolização, na qual há a percolação da água no solo dando formação a uma camada branca abaixo de tudo que é acumulado e lavado do solo superior, húmus, cátions e óxidos de ferro, tornando o solo pobre e ácido (Primavesi 1999).

Tendo em vista o atual cenário de degradação das zonas costeiras, muitas vezes gerada pela especulação imobiliária e pela extração ilegal de areia, as restingas acabam por ser afetadas correndo riscos de perda de diversidade florística o que estimula a desenvolvimento de estudos para que tanto a sua diversidade florística com os processos que envolvem sua manutenção sejam mais estudados.

Diante desta atuação situação foi proposta neste estudo a avaliação da influência das características do solo e lençol freático sobre a distribuição das formações florísticas no Parque Estadual

Paulo César Vinha – PEPCV. E assim conhecer um pouco mais sobre os processos que envolvem a atuação de fatores abióticos sobre as formações florísticas do PEPCV e assim contribuir com a geração de informações que possam auxiliar no desenvolvimento de projetos voltados pra a preservação da área.

Métodos

Área de estudo

O levantamento foi realizado ao longo da trilha partindo da sede do Parque Estadual Paulo César Vinha (PEPCV) até a praia. Esta trilha corta várias formações florísticas, como: mata periodicamente inundada, brejo herbáceo, formação arbustiva aberta inundável, formação florestal não inundável e formação herbácea não inundável. O Parque Estadual Paulo César Vinha, está localizado no município de Guarapari, no Estado do Espírito Santo, entre as coordenadas: 20°33'S 20°38'Se 40°23'W 40°26'WW (Figura 1) (Assis *et al.* 2004, Pereira 2003).

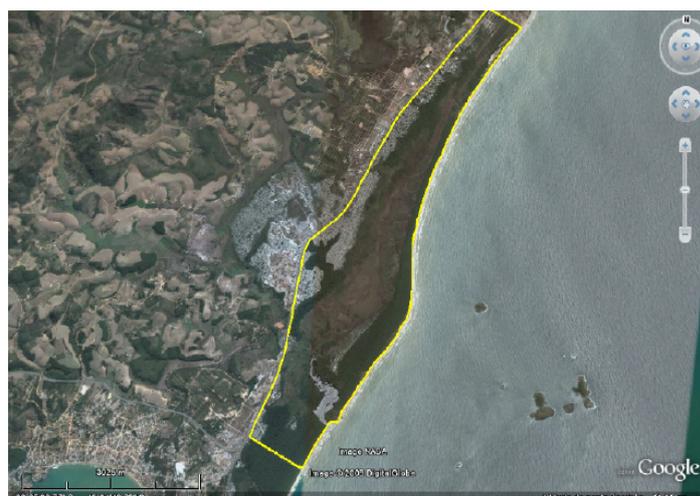


Figura 1 Localização do Parque Estadual Paulo César Vinha, no município de Guarapari no Estado do Espírito Santo. (Google Earth 2008).

Levantamento topográfico

O levantamento topográfico foi realizado ao longo da trilha do PEPCV, da sede administrativa do parque até a praia. O levantamento topográfico é definido como conjunto de métodos que possui a finalidade de determinar a posição de pontos na superfície terrestre. A localização é determinada por medições lineares e angulares, havendo uma interligação entre os pontos de acordo com modelos matemáticos adequados (Generalidades 2008). Para o levantamento topográfico foi utilizado um teodolito com 0,5 cm de precisão.

As medidas da altitude foram realizadas em intervalos de 30 em 30 m da sede do PEPCV até a praia ao longo da trilha. Esse procedimento foi adotado devido à pequena variação topográfica, uma vez que o PEPCV é constituído de uma área relativamente plana interrompida por um cordão arenoso abaulado. De posse dos dados foi construído o perfil topográfico da trilha.

O monitoramento foi realizado com a instalação de seis

piezômetros, em diferentes pontos ao longo da trilha permitindo monitorar a variação da profundidade do lençol freático. A distribuição dos piezômetros, ou poços de monitoramento, buscou englobar a maior variedade de formações florísticas. Os piezômetros foram instalados em cada formação florística, e localizado a cerca de 10 m da trilha que liga a sede a praia (Figura 2). Os piezômetros foram identificados de acordo com a formação vegetal presente, como: P1 (mata periodicamente inundável), P2 (brejo), P3 (mata periodicamente inundável), P4 (formação arbustiva aberta) P5 (mata seca) e P6 (região pós-praia). A distância entre a trilha e os piezômetros foi crucial para a redução dos efeitos do aterro e manuseios inadequados por visitantes curiosos. O aterro ao longo da trilha foi construído para permitir o acesso até a praia durante os períodos de cheia quando as áreas mais baixas tornam-se alagadas.



Figura 2 Imagem de satélite da trilha e posicionamento dos piezômetros, ao fundo a Lagoa de Carais ao fundo (Google Earth 2008).

Instalação dos piezômetros

A instalação dos piezômetros ocorreu nos meses de outubro e novembro quando a precipitação era menor e o nível freático estava mais baixo o que permitiu um maior aprofundamento dos poços de monitoramento. Cada piezômetro foi instalado através de uma perfuração com trado manual de 250 mm de diâmetro. O furo foi posteriormente encapsulado por um cano de PVC de mesma abertura, para que não houvesse desmoronamento de areia durante a perfuração. Após 3 m de profundidade o diâmetro do trado foi reduzido para 150 mm permitindo uma escavação mais profunda.

O limite da perfuração foi dado pela superfície do lençol freático. Ao atingir o lençol freático o material arenoso torna-se instável e desagrega muito facilmente não permitindo a remoção dos sedimentos. Foi descartada a perfuração com o auxílio da adição de argila (recomendada para solos arenosos, pois torna o material mais coeso), pois isso contaminaria o lençol freático e como não havia disponibilidade de energia no local a “lavagem” do furo e a remoção da argila seria inviável.

No furo foi colocado um filtro geomecânico de duas polegadas DN50, que foi revestido por um pré-filtro que é basicamente areia selecionada, quartzosa, com seu diâmetro variando entre 1 e 2 mm. O pré-filtro foi colocado para que não houvesse a obstrução da areia local no tubo geomecânico. Cada poço foi fechado por “cap” de rosca para evitar a entrada de águas superficiais para dentro do poço (Figura 3).

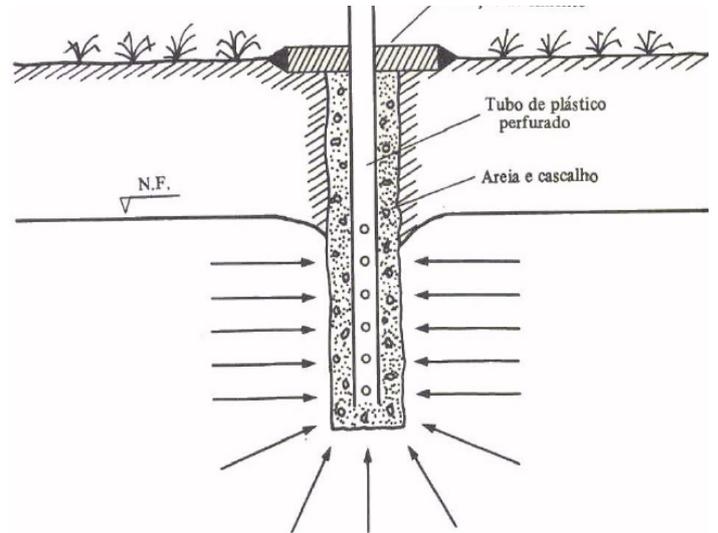


Figura 3 Estrutura interna de um piezômetro, demonstrando o posicionamento do nível freático (NF), posicionamento do pré-filtro (areia e cascalho) e o filtro de captação de água geomecânico. Fonte: Leal & Santos (2007).

Monitoramento do nível de água

O monitoramento da profundidade do lençol freático e da qualidade da água foi realizado durante os meses de março e abril de 2008, com a frequência de duas vezes por semana. As medidas da qualidade de água foram feitas a partir de cinco centímetros do nível de água como indicativo da superfície.

O monitoramento foi realizado com um multiparâmetro, que permitiu a coleta dos parâmetros físico-químicos como condutividade (μs), saturação da água (%), dissolução de oxigênio na água (mg/L), salinidade (ppt), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e pH. O nível do brejo, que faz parte da Lagoa de Carais, serviu como um ponto controle para os demais pontos. A profundidade do lençol freático e do nível do brejo foi monitorada de janeiro a abril. Para avaliar a influência da variação do nível do mar, provocado pela maré no lençol freático o nível dos piezômetros foi medido em intervalos regulares de uma em uma hora das 12 horas as 18 horas do dia 12 de fevereiro. Os dados obtidos foram submetidos no teste ANOVA e posteriormente teste de Kruskal-Wallis on Ranks (Zar 2010).

As variáveis monitoradas nos piezômetros como a profundidade máxima e mínima para chegar ao lençol freático, a concentração hidrogênio-iônica, a salinidade, a condutividade elétrica, o teor de oxigênio dissolvido foram utilizados como variáveis ambientais em relação a uma matriz de padrões vegetacionais. A associação entre as variáveis ambientais selecionadas e os padrões vegetacionais foi testada através da Análise de Correspondência Canônica (CCA), realizada no programa PCORDWIN, versão 4.0. O nível de significância para a

correlação entre as variáveis ambientais e os padrões vegetacionais, bem como o nível de significância para os autovalores dos eixos canônicos, foram estabelecidos pelo teste de permutação de Monte Carlo (ter Braak 1987, ter Braak 1988, ter Braak 1990).

Análise granulométrica e matéria orgânica

A caracterização granulométrica avalia o tamanho dos sedimentos e foi realizada por meio de peneiramento da fração areia. Em sua grande maioria as praias são compostas basicamente por areias, ocorrendo secundariamente lama (silte e argila) em sua zona submarina, principalmente onde há desembocaduras de rios (Guerra e Cunha 2001). Como a fração de lama é muito pequena não foi necessária à análise via decantação. Durante a perfuração dos poços foram coletadas amostras para a análise granulométrica e de matéria orgânica. A cada mudança de perfil ou da textura dos sedimentos foram coletadas amostras. Quando o perfil encontrava-se muito homogêneo coletavam-se duas amostras, para a análise da sua textura. Foram feitas repetições de furos próximo dos piezômetros P4, na formação arbustiva aberta, e P5, na mata seca (Figura 4).

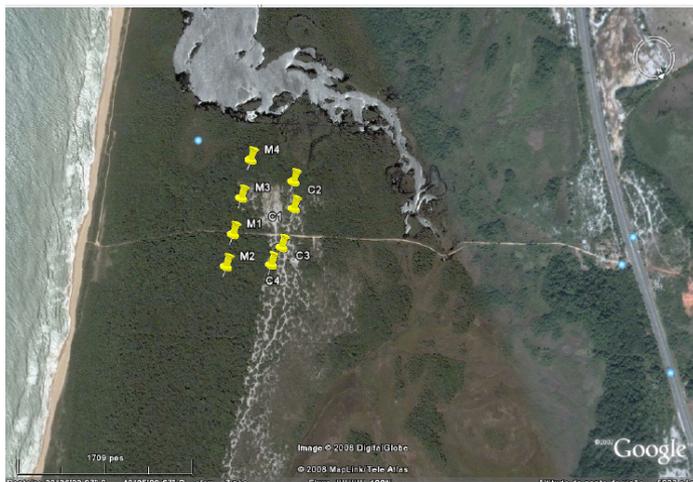


Figura 4 Posição das repetições das amostras, nos piezômetros P4 e P5. (Google Earth 2008)

Para avaliar a homogeneidade sedimentar e pedológica das formações florísticas (formação arbustiva aberta e mata seca) foram analisadas amostras de solo e de subsuperfície de cinco pontos em cada uma dessas formações. Os pontos foram distribuídos perpendicularmente à trilha e distantes em cerca de 50 m uns dos outros. Os piezômetros foram utilizados como referência para a distribuição destas amostras. As amostras foram coletadas 5 cm, 10 cm, 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm, 100 cm, 150 cm e 200 cm de profundidade. Para cada amostra foi avaliado o teor de umidade pela diferença de peso. As análises granulométricas foram feitas após o quarteamento das amostras, para que houvesse a homogeneização das mesmas. Foram usadas seis peneiras com malhas de 2 mm, 1 mm, 0,5 μm , 0,25 μm , 0,125 μm e 0,065 μm . Para a classificação das amostras utilizou-se o programa Gradistat, versão 4.0.

Para as análises de matéria orgânica, as amostras também foram submetidas ao quarteamento, para homogeneização e posteriormente

separadas 10g cada. O teor de matéria orgânica foi calculado pela diferença de peso após queima em mufla a 500°C durante cinco horas.

Resultados

Perfil topográfico

O levantamento topográfico apresentou um relevo suave recortado pela drenagem da Lagoa de Carais (Figura 5). Com relação ao relevo, observa-se uma elevação significativa na área ocupada pela formação arbustiva aberta e mata seca. Os piezômetros P4 (formação arbustiva aberta) e P5 (mata seca), apresentaram em sequência, 3,66 m de profundidade e 5,35 m de profundidade, até o nível de água.

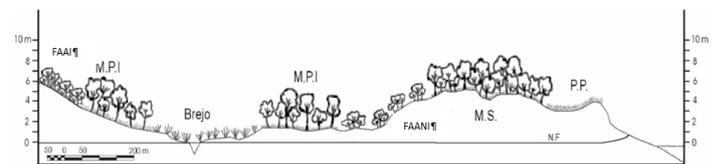


Figura 5 Diagrama topográfico ao longo da trilha do PEPCV, apresentando a distribuição das formações vegetais, formação arbustiva aberta inundável (FAAI), Mata periodicamente inundável (MPI), Brejo, que possui conectividade com a trilha), Formação arbustiva aberta não inundável (FAANI), mata seca (MS), formação pós-praia (PP) e o nível freático (NF). O diagrama apresenta um transecto da sede do PEPCV até o mar.

Regime Pluviométrico

A precipitação de Vitória, aqui estendida ao PEPCV, por não haver outra estação meteorológica mais próxima, não mostra claramente dois períodos pluviométricos distintos (Figura 6a). De maneira geral os meses de novembro a abril foram mais chuvosos, mas em todos os meses foram registrados pelo menos quatro dias de chuva (Figura 6b). Durante os meses de outubro a dezembro, quando houve a montagem dos piezômetros, a precipitação foi superior a 150 mm. Nos seguintes meses a precipitação

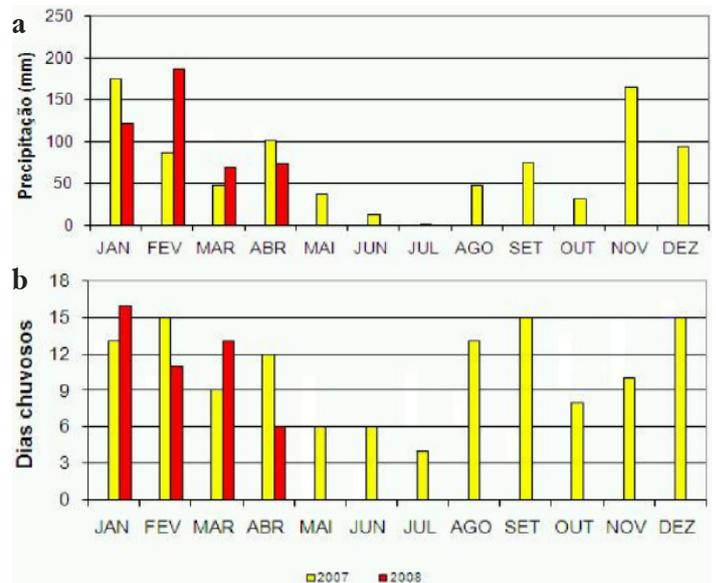


Figura 6 Estação Meteorológica de Vitória, ES. a: precipitação mensal; b: número de dias chuvosos por mês na estação meteorológica localizada no Município de Vitória (ES). Fonte: SIAG (2008) modificado.

oscilou entre 100 e 180 mm/mês. Em março a precipitação voltou a diminuir e ficar em torno de 70 mm/mês. Existe uma correspondência entre o número de dias de chuvas e o volume de chuvas (Figura 6b).

Variação do nível de lençol freático

Nos períodos de janeiro a abril de 2008, os níveis do lençol freático variou em todos os piezômetros, havendo uma mesma oscilação durante o período das coletas. O pico da variação ocorreu no período em que a Lagoa de Carais apresentava-se cheia, chegando a alagar a área em que se encontrava o piezômetro P2 e parte da trilha. Após a ruptura da lagoa com o mar, em 19 de março de 2008, houve uma queda abrupta do nível do lençol freático em todos os piezômetros e na altura do nível do brejo. As variações topográficas não provocaram elevação do lençol freático e as diferenças de profundidade do nível da água foram relacionadas as variações do relevo. As oscilações do nível de água do brejo estão associadas ao período de chuvas e ao período de cheia e à vazante da Lagoa de Carais (Figura 7).

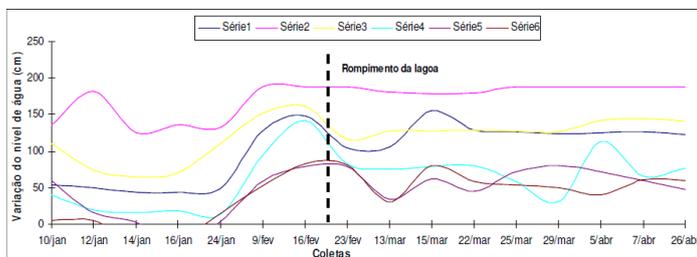


Figura 7 Variação do nível de água do brejo do PEPCV. Os dados foram coletados na ponte que corta a trilha. A queda abrupta do nível da água no dia 19 de fevereiro foi devida à ruptura da Lagoa de Carais.

Tabela 1 Resultados da regressão linear simples entre o nível de maré a amplitude máxima da maré e o nível do brejo com o lençol freático dos piezômetros.

| Independente | Dependente | F | p | R ² |
|--------------------------|---------------------|---------|--------|----------------|
| Nível da maré | Nível da água em P1 | 1081 | 0.316 | 0.072 |
| | Nível da água em P2 | 0.998 | 0.335 | 0.067 |
| | Nível da água em P3 | 0.076 | 0.786 | 0.005 |
| | Nível da água em P4 | 0.071 | 0.794 | 0.005 |
| | Nível da água em P5 | 0.285 | 0.602 | 0.020 |
| | Nível da água em P6 | 0.028 | 0.868 | 0.002 |
| Amplitude máxima de maré | Nível da água em P1 | 0.008 | 0.928 | 0.001 |
| | Nível da água em P2 | 0.005 | 0.947 | 0.000 |
| | Nível da água em P3 | 0.188 | 0.671 | 0.013 |
| | Nível da água em P4 | 0.052 | 0.823 | 0.004 |
| | Nível da água em P5 | 0.074 | 0.790 | 0.005 |
| | Nível da água em P6 | 2.940 | 0.108 | 0.174 |
| Nível de água do brejo | Nível da água em P1 | 353.667 | 0,000* | 0.962 |
| | Nível da água em P2 | 100.246 | 0,000* | 0.877 |
| | Nível da água em P3 | 115.09 | 0,004* | 0.451 |
| | Nível da água em P4 | 162.03 | 0,001* | 0.536 |
| | Nível da água em P5 | 197.402 | 0,000* | 0.929 |
| | Nível da água em P6 | 259.57 | 0,000* | 0.634 |

(*) indica correlação significativa.

Tabela 2 Média dos parâmetros físico-químicos obtidos através do teste ANOVA Kruskal-Wallis on Ranks.

| Parâmetros Físico-Químicos | Piezômetros | | | | | |
|----------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
| Temperatura °C | 25,4 ^{bc} | 28,4 ^a | 25,1 ^{bc} | 27,05 ^c | 24,7 ^{bc} | 26 ^c |
| Oxigênio (%) | 5,4 ^b | 6,45 ^{ab} | 2,2 ^b | 76,4 ^a | 3,1 ^b | 79,65 ^a |
| Oxigênio (mg/L) | 0,52 ^{acd} | 0,435 ^{acd} | 0,175 ^{bd} | 6,345 ^c | 0,275 ^{bd} | 6,54 ^a |
| Condutividade (us) | 722 ^a | 178,25 ^{ab} | 165,25 ^b | 36,4 ^b | 193,4 ^{ab} | 593,5 ^a |
| ppt | 0,305 ^a | 0,11 ^{bc} | 0,11 ^{bc} | 0 ^b | 0,1 ^{bc} | 0,3 ^{ac} |
| pH | 7,5 ^a | 7a ^d | 5b ^d | 5b ^d | 5 ^{bc} | 7 ^{ac} |

(*) letras diferentes indicam diferenças significativas.

Os resultados do teste de regressão linear simples (Tabela 1) demonstram que não existe correlação entre o nível da maré e o nível do lençol freático nos piezômetros. O mesmo acontece para a amplitude máxima da maré, que também não influencia o nível do lençol freático nos piezômetros durante o período de monitoramento. Para os dados do nível de água do brejo, o grau de significância foi alto, indicando uma forte correlação com o nível do lençol freático nos piezômetros explicando as variações para P1 (96%), P2 (87%), P3 45%, P4 (53%), P5 (92%) e P6 (63%).

Parâmetros físico-químicos

Com os resultados das análises da qualidade de água foi feito a análise de variância Kruskal-Wallis on Ranks, índice de comparação, e posteriormente o teste Dunn. Os dados mostram que não existe variação significativa entre os piezômetros, com exceção do P2 que possui uma temperatura maior que os demais (Tabela 2). Para a saturação de oxigênio, os piezômetros P2, P4 e P6 podem ser agrupados assim como P1, P3 e P5. O piezômetro P2 não é estatisticamente diferente dos outros piezômetros.

A quantidade de oxigênio por mg/L demonstrou que, os piezômetros P1, P2, P4 e P6 podem ser agrupados, assim como P3 e P5 formam outra associação. A condutividade é semelhante em P1, P2, P5 e P6 iguais e P2, P3, P4, P5 iguais e diferentes das demais. A salinidade apresentou similaridade entre P1, P2 e P3, e entre P2, P3, P4 e P5, formam outro agrupamento. O pH apresentou agrupamento entre P1, P2 e P6, P3, P4 e P5.

Quando os parâmetros físico-químicos foram submetidos à Análise de Correspondência Canônica (CCA), apesar de os três primeiros eixos canônicos terem acumulado 88,9% e capacidade de explicação da variação natural das fitofisionomias existentes nas imediações dos piezômetros, os autovalores de todos os eixos foram iguais a 1 (Tabela 3).

Tabela 3 Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre os parâmetros físico-químicos e as formações florísticas nas imediações dos piezômetros.

| Parâmetros da CCA | Eixo 1 | Eixo 2 | Eixo 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Autovalor | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Variância na matriz de fitofisionomias | | | |
| Variância explicada (%) | 29.6 | 29.6 | 29.6 |
| Explicação acumulada (%) | 29.6 | 59.3 | 88.9 |
| Correlação de Pearson Fitofisionomias-parâmetros físico-químicos | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Correlação de Kendall (Rank) Fitofisionomias-parâmetros físico-químicos | 0.823 | 0.949 | 0.926 |

Tabela 4 Teste de Monte Carlo com 999 permutações aleatórias para os autovalores dos eixos da Análise de Correspondência Canônica entre parâmetros físico-químicos e as formações florísticas.

| Eixo | Autovalor | Média | Mínimo | Máximo | <i>p</i> |
|------|-----------|-------|--------|--------|----------|
| 1 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.65 |
| 2 | 1.000 | 0.994 | 0.877 | 1.000 | 0.59 |
| 3 | 1.000 | 0.949 | 0.342 | 1.000 | 0.39 |

$p > 0,05$ foram considerados não significativos

A correlação de Pearson para os eixos canônicos entre os parâmetros físico-químicos do lençol freático e as fitofisionomias no entorno dos piezômetros também assumiu valor igual a 1. Porém, o teste de Monte Carlo para verificar o nível de significância dos autovalores e das correlações obtidas, demonstrou que tanto os autovalores (Tabela 4) como as correlações (Tabela 5) obtidos não foram significativos, indicando que os parâmetros físico-químicos do lençol freático não afetam a distribuição das fitofisionomias em torno dos piezômetros.

Tabela 5 Teste de Monte Carlo com 999 permutações aleatórias para, as correlações de Pearson entre as variáveis físico-químicas do lençol freático e as fitofisionomias das imediações dos piezômetros para os eixos da Análise de Correspondência Canônica entre parâmetros físico-químicos e as formações florísticas.

| Eixo | Pearson | Média | Mínimo | Máximo | <i>p</i> |
|------|---------|-------|--------|--------|----------|
| 1 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.79 |
| 2 | 1.000 | 1.000 | 0.997 | 1.000 | 0.93 |
| 3 | 1.000 | 0.999 | 0.996 | 1.000 | 0.61 |

$p > 0,05$ foram considerados não significativos

Granulometria e matéria orgânica

As amostras de solo e sedimento podem ser classificadas como areia, areia levemente cascalhosa e areia cascalhosa (Figura 8). A curva de distribuição do tamanho dos grãos é mesocúrtica indicando que os sedimentos são bem selecionados e concentra-se principalmente nas frações areia grossa/muito grossa. As amostras de repetição nas formações arbustiva aberta e mata seca, demonstraram o mesmo perfil das outras amostras, não apresentando lama em suas porções (Figuras 9 e 10)

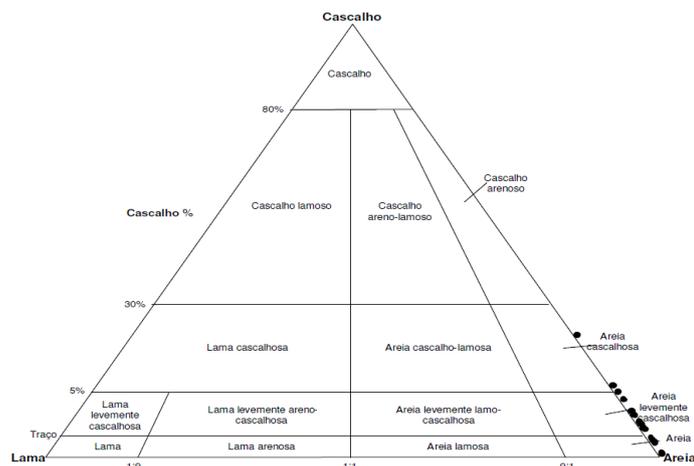


Figura 8 Classificação dos sedimentos coletados na abertura dos piezômetros

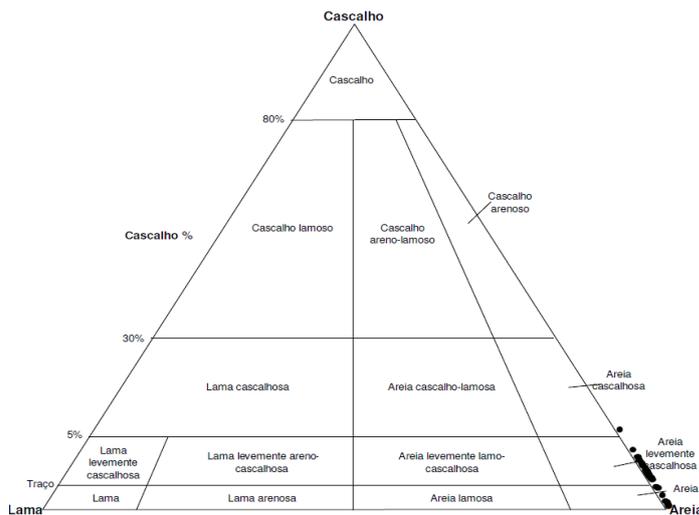


Figura 9 Classificação dos sedimentos coletados nas repetições na formação arbustiva aberta.

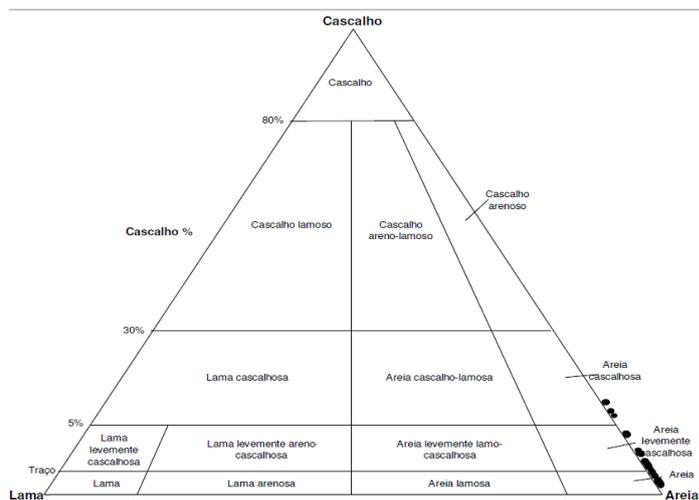


Figura 10 Classificação dos sedimentos coletados nas repetições na Mata Seca.

As amostras podem ser classificadas como areia grossa a média, o padrão das amostras é moderadamente selecionado, é de aproximadamente assimétrica a com distribuição leptocúrtica. Foram também observadas em algumas poucas amostras característica platicúrtica e mesocúrtica.

Comparando as duas áreas em que se teve as replicações, mata seca e formação arbustiva aberta (Tabela 6), houve variação significativa

Tabela 6: Análise de Variância entre as amostras de repetição, da mata seca e da formação arbustiva aberta. Efeito de correlação significativa com $p < 0,05$.

| Sedimento | F | <i>p</i> |
|--------------------|-------|----------|
| granulo | 0.21 | 0.65 |
| areia muito grossa | 10.57 | 0,00* |
| areia grossa | 1.35 | 0,25 |
| areia média | 38.64 | 0,00* |
| areia fina | 15.64 | 0,00* |
| areia muito fina | 0.81 | 0.37 |
| umidade | 0.05 | 0.82 |
| matéria orgânica | 2.57 | 0.11 |

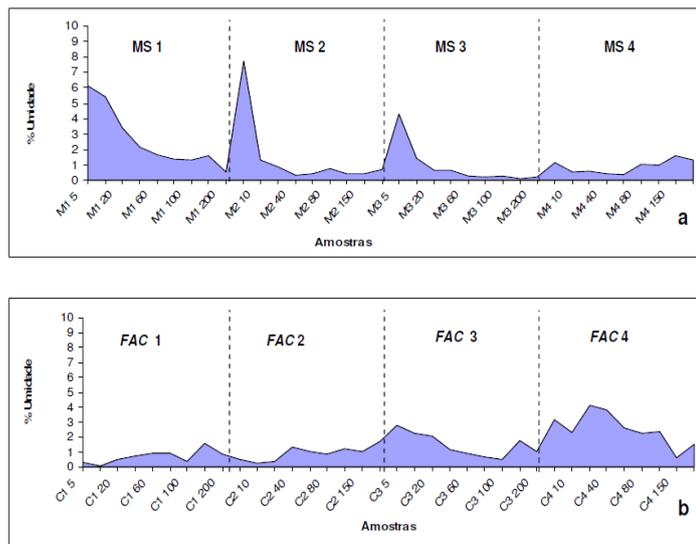


Figura 11: Composição percentual de umidade nas amostras das repetições, mata seca (MS) e formação arbustiva aberta (FAC). a: variação da porcentagem da umidade na região de mata seca. b): variação da porcentagem de umidade na região da formação arbustiva aberta.

entre as frações de areia muito grossa, areia média e areia muito fina. O teor de matéria orgânica e umidade não houve variação significativa e sua concentração é nas camadas superficiais das amostras, não admitindo porcentagem maior que 10 % (Figuras 11 e 12).

Discussão

As comunidades vegetais da restinga estão distribuídas de acordo com o relevo, proximidade do mar, clima, que afetam as características fisionômicas e florísticas (Pereira 1990). De acordo com o perfil topográfico do Parque Estadual Paulo César Vinha (PEPCV), observa-se que as comunidades vegetais estão distribuídas, principalmente de acordo com o relevo. Os dados edáficos produzidos foram obtidos numa transeção

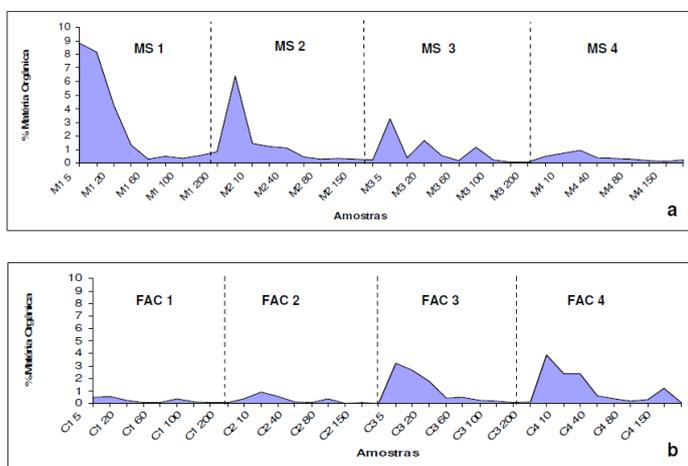


Figura 12 Composição percentual de matéria orgânica nas amostras das repetições, mata seca (MS) e formação arbustiva aberta (FAC). a: variação da porcentagem da matéria orgânica na região de mata seca. b): variação da porcentagem de matéria orgânica na região da formação arbustiva aberta.

que perpassou as fisionomias de floresta arbustiva herbácea em brejos e formações de moita.

As comunidades vegetais foram colonizadas por espécies que se adaptam a atuação estressante de agentes morfodinâmicos e pedogenéticos, e ao longo da restinga são encontrados campos ralos de gramíneas, matas fechadas ou brejos com uma densa vegetação paludosa. Baseando-se na fisionomia e nas características do ambiente, a restinga é enquadrada como um ambiente de “tipos mistos”, sendo caracterizada por apresentar ambientes contínuos com cobertura herbácea contínua e descontínua. Assim, o substrato destes ambientes possuem estágios sucessionais, tais como “halosere”, que possuem influencia da água salgada; “limnosere”, possuem influencia da água doce e “xerosere” que ocorrem em ambientes secos (Sonehara 2005).

De acordo com o perfil topográfico aqui levantado, nas partes mais elevadas do relevo, acima de cinco metros, encontrava-se a mata seca. À medida que ocorre a diminuição da topografia, em direção ao interior da restinga aparece à formação da formação arbustiva aberta. Nos locais onde está localizado o P4 (formação arbustiva aberta), o lençol freático é profundo, justamente por esse tipo de formação ocupar terrenos que, topograficamente, estão mais elevados (o mesmo ocorre com a mata seca, onde está localizado o P5).

Os piezômetros P3 (Floresta Periodicamente Inundada) e P5 (Mata Seca) localizam-se, em fisionomias semelhantes. Assis *et al.* (2004), descreveram as florestas de restinga como áreas que podem ou não sofrer inundações ao longo do ano, apresentando fisionomias e composição florísticas diferenciadas. Assim, a floresta de restinga possui o estrato superior de seis a dez metros, podendo ocorrer espécies emergentes entre 18 e 20 metros, tais como, *Aspidosperma parvifolium*, *Buchenavia capitata*, *Eriotheca pentaphylla* e *Protium heptaphyllum*. Representantes que possuem menor altura estão no estrato inferior da floresta conhecida como sub-bosque.

O afloramento do lençol freático visto ao longo da trilha do PEPCV, mesmo que sazonalmente, explica a distribuição de parte das formações florísticas. Em P2, mesmo sendo inundado sazonalmente, a vegetação presente é paludosa, apresentando características de brejo. Assim, a restinga possui uma vegetação que sofre intensa influência do lençol freático, como ocorre nas regiões dos cordões e entre cordões arenosos. A vegetação ocorrente nas partes superiores dos cordões arenosos se adapta a condições hídricas mais severas. Já as regiões entre cordões há o afloramento de água ou as plantas obtém água muito próximo à superfície, permitindo o desenvolvimento de espécies em ambientes alagados. A sazonalidade das inundações e a interação com a laguna influenciam essas formações em determinadas épocas do ano (Pereira 2003).

Alguns autores sugerem que a distribuição da vegetação poderia sofrer influência da cunha salina (Pereira 2003). Os resultados desse trabalho, entretanto, não suportam essa hipótese. O nível do lençol freático é fortemente influenciado pelo nível da água do brejo como pode ser comprovado e exemplificado pelo episódio do rompimento

da Lagoa de Carais. A amplitude e a variação da maré também não influenciam o nível do lençol freático nos piezômetros e o mesmo ocorre para os parâmetros físico-químicos.

Cruz *et al.* (2006), que relataram um monitoramento contínuo da cunha salina da restinga de Piratininga (RJ), constataram que após as chuvas havia uma recarga muito rápida do aquífero, facilitada pelas características físicas do solo, constituído por um material arenoso que permite uma rápida percolação da água da chuva. Ao entrar em contato com a água do lençol freático, as águas pluviais, provocam uma diluição dos íons e conseqüentemente diminuição da condutividade elétrica. Os resultados aqui apresentados não corroboram as conclusões desses autores, pois mesmo após episódios de chuvas intensas os parâmetros físico-químicos permaneceram inalterados nos piezômetros.

As diferenças no pH encontrado no P1 podem ser explicadas pelas características do solo. Apesar de estar mais próximo do brejo da Lagoa de Carais o pH do lençol freático é mais alto devido à dissolução dos fragmentos de conchas. Tal fato também foi evidenciado no P6, justamente por estar próximo da costa e seu solo ter grande contribuição bioclástica, como também foi evidenciado por Gomes *et al.* (1998). Já nos demais poços, justamente pela presença de matéria orgânica nas camadas mais superficiais (P2) e sua decomposição, a tendência é de que haja uma acidez não muito elevada, por causa da lixiviação constante da chuva pelo solo. Esse fato também explica a coloração clara dos solos, o que é decorrente da composição quartzoza dos sedimentos e da grande lixiviação.

A fração de areia é predominante em toda a extensão da restinga. Nas amostras superficiais coletadas nas aberturas dos poços e nas repetições a matéria orgânica concentra-se na superfície. Na formação arbustiva aberta o teor de matéria orgânica é muito variado, principalmente por causa da estrutura da comunidade. As amostras coletadas entre moitas possuem um teor menor que 1% e no meio das moitas o teor de matéria orgânica pode ultrapassar a 10%, principalmente devido a serapilheira, assemelhando-se à mata seca. Esse fato mostra a importância de se realizar coletas em pontos específicos dentro dessa formação florística e determinar na metodologia o local exato da coleta. De acordo com Pereira (2003), no solo de restinga a fração de argila e silte, representam valores muito baixos não ultrapassando a 1% de todo o total. Resultados esses semelhantes ao encontrado nesse trabalho.

A presença de altas concentrações de matéria orgânica superficial na mata seca é devido a presença de raízes finas neste horizonte, como ocorreu em todas as amostras das repetições. A camada orgânica superficial, serapilheira, é responsável pela ciclagem de nutrientes nestes ecossistemas florestais tropicais, dando funcionalidade à interação solo-planta. A manutenção desta camada mantém um reservatório de nutrientes, não possibilitando sua perda através de lixiviação ou erosão, já que o solo é arenoso e poroso, sendo frágil e ficando sem proteção. O tempo de produção de serapilheira varia dentre muitos fatores, como: tipo de vegetação, altitude, latitude, precipitação, temperatura,

luminosidade, relevo, estágio sucessional, a disponibilidade hídrica além das características do solo (Silva *et al.* 2008).

A camada de serapilheira é dependente da produção e da velocidade de decomposição da mesma, que varia de acordo com o substrato que está mantido. A serapilheira é importante para florestas de restinga, pois, contribui com manutenção de nutrientes, promovendo melhores condições do solo, através da regulação do pH, armazenamento da água e nutrientes. Contudo essa variação de produtividade entre as florestas de restinga resulta numa heterogeneidade ambiental, na qual tais apresentam distintas composições florísticas, estruturais e funcionais onde estão estabelecidas entre ou sobre os cordões litorâneos (Pires *et al.* 2006).

O trabalho permitiu verificar que o substrato de restinga, em especial aquele da mata seca e da formação arbustiva aberta, apresentam diferenças no que diz respeito ao tamanho dos sedimentos. Entretanto, as diferenças não muito sutis, apesar de estatisticamente significativas e não devem ser apontados como as responsáveis diretas pela distribuição, da vegetação. Essa afirmação considera o baixíssimo teor de argila e a classificação das amostras nas frações de areia e areia levemente cascalhosa. O teor de matéria orgânica e a umidade do solo, entretanto, se mantiveram os mesmos nessas duas formações e não foram afetados pelo tamanho do sedimento.

O sedimento é o mesmo ao longo de toda a trilha do PEPCV, sendo a profundidade do solo que altera a proximidade do lençol freático. De acordo com Gomes *et al.* (1998), o solo da restinga é um solo podzó, um solo mineral hidromórfico ou não, com textura arenosa. O solo podzol é encontrado nas áreas mais baixas (P1 e P2), já areias quartzosas, que predominam nos (P3, P4, P5, P6) compreendem solos fracamente desenvolvidos, que geralmente são profundos e são formados basicamente de quartzo, possuindo textura de areia ou areia franca em pelo menos 2 m de profundidade.

Basicamente os sedimentos da restinga, aqui avaliados, foram classificados como solos leptocurticos, sendo bem selecionados. Assim, o solo de restinga é formado por um horizonte subsuperficial de acumulação de complexos organometálicos, assim esses perfis, como encontrados no PEPCV, são diferenciados morfologicamente, apresentando características e classificação a partir de variáveis ambientais, tais como, profundidade do lençol freático e a cobertura vegetal. Este último influencia diretamente na morfologia de cada área de restinga, portanto, os solos são iguais, impondo as diferenças aos horizontes superficiais em todos os perfis, como ocorre no PEPCV.

O teor de matéria orgânica, no PEPCV, é pouco expressivo, principalmente nas camadas com mais de 10 cm de profundidade. Nos piezômetros P1, P2, P3, P5 e P6, o teor de matéria orgânica nos 5 cm superficiais atingiu cerca de 10 %, sendo nos P1, P3 e P5 esse acúmulo se deve à produção de serapilheira, no P2 é devido ao fato de ser uma área de brejo e há uma deposição e presença maior de matéria orgânica. O teor de matéria orgânica abaixo de 20 cm, cai drasticamente para quase zero.

A matéria orgânica oriunda da vegetação (serapilheira) não se acumula, ou se acumula em pequenas quantidades, devido às características do solo, composto por uma areia alta a mediamente selecionada que é muito porosa e permeável. As águas pluviais podem percolar rapidamente no solo deixando-o seco, o que acelera a decomposição dos restos vegetais. Na formação arbustiva aberta esse processo ocorre de forma mais rápida. Assim, apenas a constituição do solo e a altura do lençol freático, não podem explicar as diferenças morfológicas das áreas de Mata Seca e formação arbustiva aberta que estão estabelecidas no PEPCV.

No trabalho de Guedes *et al.* (2006) em Bertioga, SP, é mencionado que as florestas de restinga estão sobre solos arenosos altamente lixiviados e pobre em nutrientes dando fragilidade ao solo, o que também foi anotado para o PEPCV. Nestes ambientes as formações vegetais são passíveis e frágeis a perturbações mediante fatores externos, sendo a sua manutenção a presença de micorrizas, escleromorfismo e caráter perenifólio, que dificulta a regeneração de áreas degradadas.

A heterogeneidade das formações florísticas está associada à topografia e a posição do lençol freático. As características físico-químicas da água não influenciam a distribuição das formações florísticas. Sendo o brejo (que possui conectividade com a Lagoa de Carais) que regula o nível do lençol freático e possui um papel mais importante na distribuição da vegetação do que a posição da cunha salina. Assim, mesmo o substrato geológico apresentar uma pequena variação ao longo do transecto avaliado não é considerado como um elemento de controle da distribuição das formações florísticas. Contudo, a pequena concentração de matéria orgânica nas camadas superficiais de mata seca e na formação arbustiva aberta mostra a importância de áreas de conservação como o PEPCV e que a ocupação deste ecossistema e deve ser acompanhado de projetos de manejo que considere a riqueza do ambiente e a fragilidade dos solos.

Referências

- Assis, AM, Pereira OJ, Thomaz, LD (2004). Fitossociologia de uma floresta de restinga no Parque Estadual Paulo César Vinha, Setiba, município de Guarapari. **Revista Brasileira de Botânica** 27: 349-361.
- Assis AM, Thomaz LD, Pereira OJ (2004) Florística de um trecho de floresta de restinga no município de Guarapari, Espírito Santo, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 18: 191-201.
- Assumpção J, Nascimento MT (2000). Estrutura e Composição florística de quatro formações vegetais no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, EJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 14: 301-315.
- Cordeiro SZ (2005). Composição e distribuição da vegetação herbácea em três áreas com fisionomias distintas na Praia do Peró, Cabo Frio, EJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 19: 679-693.
- Cruz A, Silva Jr. GC, Almeida GM (2006). Modelagem hidrogeoquímica do aquífero freático da restinga de Piratininga, Niterói-RJ. In: **XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. Curitiba.
- GENERALIDADES (2008). **Escolas Superior de Tecnologia e Gestão de Beja Engenharia Topográfica**. Disponível Em: < http://www.estig.ipbeja.pt/~legvm/top_civil/notes_topo1.pdf >.
- Gomes JBV, Resende M, Rezende SB, Mendonça ES (1998). **Solos de Três áreas de Restinga. I Morfologia, caracterização e classificação**. Dissertação de Mestrado. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.
- Gradistat (2000). **A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments by sieving or laser granulometer. Version 4.0**.
- Guedes D, Barbosa LM, Mertins SE (2006). Composição florística e estrutura fitossociológica de dois fragmentos de floresta de restinga no Município de Bertioga, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 20: 299-311.
- Guerra AJT, Cunha AB (2001). **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil.
- Leal R, Santos SM (2007). **Investigações da água subterrânea**. Universidade Estadual de Feira de Santana. Departamento de Tecnologia. < http://www.uefs.br/dtec/Agua_subterranea-1.pdf >
- Pereira MCA, Araújo DSD, Pereira OJ (2001). Estrutura de uma comunidade arbustiva da restinga de Barra de Maricá-RJ. **Revista Brasileira de Botânica** 24: 237-281.
- Pereira OJ (1990) Caracterização fitofisionômica da restinga de Setiba/Guarapari-ES. In: ACIESP (org.). **II Simpósio de ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira: estrutura, função e manejo**, v. 3, p. 207-219.
- Pereira OJ (2003) Restinga: origem, estrutura e diversidade. In: Jardim MAG, Bastos MNC, Santos JUM (org.) **Desafios da botânica no novo milênio: inventário, sistematização e conservação da diversidade vegetal**. Belém: MPEG, UFRA Embrapa, Brasil/Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 177-179.
- Pereira OJ, Zambom O (1998). Composição florística da restinga de interlagos, Vila Velha (ES). In: ACIESP (org) **Simpósio de Ecossistemas Brasileiros**. Águas de Lindóia, São Paulo.
- Pereira OJ, Araújo DSD (1995). Estrutura da vegetação de entre moitas da formação aberta de ericaceae no Parque Estadual de Setiba, ES. **Oecologia Brasiliensis** 1: 245-257.
- Pires LA, Britez RM, Martel G, Pagano SN (2006). Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 20: 173-184.
- Primavesi A (1999). **Agricultura em regiões tropicais, manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel.
- Scherer A, Silva FM, Baptista LRM (2005). Florística e estrutura do componente arbóreo de matas de Restinga arenosa no Parque Estadual de Itapuá, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 19: 717-726.
- SIAG (2008). **Dados comparativos com a média da série história da estação meteorológica localizada no município de Vitória-ES**. Vitória: SIAG/INCAPER.
- Silva MPS, Gama-Rodrigues AC, Gama-Rodrigues EF (2008). **Acúmulo e caracterização da serapilheira e fertilidade do solo em coberturas florestais no norte fluminense**. International Union of Forest Research Organizations.
- Silva SM (1999). **Diagnóstico das Restingas no Brasil**. Departamento de botânica-setor de ciências biológicas. Curitiba: Universidade Federal do Paraná.
- Sonehara JS (2005). **Aspectos florísticos e fitossociológicos de um trecho de vegetação de restinga no Parque Estadual do Rio da Onça – Martinhos, PR**. Dissertação de Mestrado em Botânica -Setor de Ciências Biológicas. Curitiba: Universidade Federal do Paraná.
- Souza CRG, Suguio K, Oliveira MAS, Oliveira PE (2005). Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos,.

- StatSoft, Inc. (2004). **STATISTICA** (data analysis software system), version 7.
- Suguio K, Martin L (1987). Geomorfologia das Restingas. In: **II Simpósio de Ecossistema da Costa Sul e Sudeste Brasileiro: Estrutura, função e manejo**. Águas de Lindóia, ACIESP (org.), v.3, p.185-205.
- ter Braak CJF (1987). Ordination. In: **Data analysis in community and landscape ecology** (eds. R.H.G. Jongman, C.J.F. ter Braak e O.F.R. van Tongeren 91-173). Wageningen: Pudoc.
- ter Braak CJF (1988). **CANOCO a FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal component analysis and redundancy analysis (version 2.1)**. Technical report. Ithaca: Microcomputer Power.
- ter Braak CJF (1990) **Update notes, CANOCO version 3.10**. Ithaca: Microcomputer Power.
- Thomaz LD, Monteiro R (1993). Análise florística da comunidade halófila-psamófila das praias do Estado do Espírito Santo. In: **3º Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira**, ACIESP.
- Zar JH (2010) **Biostatistical analysis**. 5 ed. Upper Saddle River: Prentice Hall.