

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA AMBIENTAL

TOBIAS BETZEL CANCIAN

**ANÁLISE DA ESTRUTURAÇÃO DA PAISAGEM COSTEIRA DO ESPÍRITO  
SANTO**

VITÓRIA

2014

TOBIAS BETZEL CANCIAN

**ANÁLISE DA ESTRUTURAÇÃO DA PAISAGEM COSTEIRA DO ESPÍRITO  
SANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós graduação em Oceanografia Ambiental ao Departamento de Oceanografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção de grau de Mestre em Oceanografia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Fonseca Barroso

VITÓRIA

2014

## FOLHA DE APROVAÇÃO

TOBIAS BETZEL CANCIAN

Dissertação apresentada ao Programa de Pós graduação em Oceanografia Ambiental ao Departamento de Oceanografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais, da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito para obtenção de grau de Mestre em Oceanografia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Fonseca Barroso

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA:

## Agradecimentos

Agradeço a todos que pacientemente aguardaram a concretização deste trabalho, aqueles que tiveram paciência e acreditaram que eu chegaria ao fim.

À minha família, obrigado pela força e apoio ao longo dessa caminhada.

Aos amigos, agradeço cordialmente as chacotas dizendo que eu não terminaria nem em dez anos.

Agradeço enormemente ao meu orientador Gilberto Fonseca Barro por acreditar no meu trabalho quando até eu mesmo duvidava. A todos do Programa de Oceanografia Ambiental que me deram o tempo mais que necessário para terminar minha dissertação, em especial ao professor Alex Bastos.

À família Labmar por me permitir caminhar nessa trilha sem atropelos.

Agradeço por fim todos que me ajudaram efetivamente no desenvolvimento desse trabalho: Rodrigo Lorena, Rodrigo Bergamaski, Fernando Jacques, Hellen Vidal, Karen Otoni, e mais uma dezena de pessoas que poderia citar aqui.

Valeu mesmo.

Ah! no peixe de asas eu quero voar  
Sair do oceano de tez poluída  
Cantar um galope fechando a ferida  
Que só cicatriza na beira do mar  
É na beira do mar  
Zé Ramalho

## Sumário

Lista de Figuras.....	8
Lista de tabelas .....	9
Resumo.....	10
Abstract.....	12
1. INTRODUÇÃO .....	14
2. OBJETIVOS .....	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	17
3.1. Zona costeira.....	17
3.2. Conceito de Paisagem .....	17
3.3. Características gerais da paisagem .....	19
3.3.1. Compartimentação e estruturação da paisagem.....	19
3.3.2. Elementos de Paisagem.....	20
3.3.2.1. Matriz .....	20
3.3.2.2. Corredor e conectividade .....	21
3.3.2.3. Mancha .....	22
3.3.3. Compartimentação da Paisagem, Recursos, Bens e Serviços.....	23
3.4. Ecologia da Paisagem.....	25
3.5. Medidas de Estruturação da Paisagem.....	26
3.6. Convenção Europeia da Paisagem .....	31
3.7. Gerenciamento costeiro Integrando .....	32
4. ÁREA DE ESTUDO.....	34
4.1. Zona costeira.....	34
4.2. Delimitação política – Plano estadual de Gerenciamento Costeiro .....	34
4.3. Aspectos geológicos e geomorfológicos .....	38
4.4. Ecossistemas costeiros .....	41
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
5.1. Delimitação do recorte de estudo.....	44
5.2. Imagens orbitais .....	46
5.2.1. Conjunto de imagens LANDSAT – 5.....	46
5.3. Software .....	48
5.4. Mapeamento de uso e cobertura do solo da região costeira do Espírito Santo	

5.4.1. Pré-processamento das imagens .....	49
5.4.2. Definição das classes de uso e cobertura de solo.....	49
5.4.3. Segmentação e tomada das amostras de treinamento .....	51
5.4.4. Aplicação do algoritmo de classificação supervisionada .....	53
5.4.5. Tratamento e pós-classificação .....	53
5.4.6. Mapa de uso e cobertura de solo .....	54
5.5. Descrição quantitativa da estrutura da paisagem da região costeira do Espírito Santo.....	54
5.5.1. Medias de estruturação da paisagem aplicadas.....	54
6. RESULTADOS .....	58
6.1. Análise temporal do uso e ocupação do solo .....	58
6.2. Análise da estruturação da paisagem costeira.....	67
6.2.1. Estruturação a nível de classe.....	67
6.2.2. Análise da paisagem a nível de fragmento.....	70
7. DISCUSSÃO .....	77
7.1. Análise do padrão de uso e ocupação da zona costeira capixaba.....	77
7.2. Estruturação da paisagem costeira a nível de classe.....	79
7.2.1. Análise das classes Pastagem e Áreas Úmidas.....	79
7.2.2. Análise das classes Silvicultura, Solo exposto e cultura.....	80
7.2.3. Análise da classe Floresta.....	80
7.2.4. Análise das classes Restinga e Mangue .....	81
7.2.5. Análise da classe Área Urbana .....	83
7.3. Esforços de conservação e proteção dos ecossistemas costeiros.....	84
7.4. Medidas de estruturação da paisagem como indicadores para o Gerenciamento costeiro.....	88
8. CONCLUSÕES .....	91
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	93

## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> diagrama de recursos ABC e estratégias de planejamento. Adaptado de Leitão et al (2006) .....	24
<b>Figura 2:</b> Delimitação da zona costeira do Espírito Santo. ....	37
<b>Figura 3:</b> Unidades geomorfológicas presentes na região costeira do ES. ....	40
<b>Figura 4:</b> Delimitação da área de estudo. ....	45
<b>Figura 5:</b> Porcentagem de ocorrência das dos ecossistemas naturais, semi-naturais e urbano-industriais. ....	59
<b>Figura 6:</b> Taxa de alteração entre os sistemas naturais, semi-naturais e urbano-industrial .	60
<b>Figura 7:</b> Evolução do índice PLAND ao longo das décadas analisadas. ....	62
<b>Figura 8:</b> evolução do Uso e Ocupação do Solo na região costeira do Espírito Santo entre as décadas de 1980 e 2010 para a região Norte. ....	63
<b>Figura 9:</b> Evolução do Uso e Ocupação do Solo na região costeira do Espírito Santo entre as décadas de 1980 e 2010 para a região Central .....	64
<b>Figura 10:</b> evolução do Uso e Ocupação do Solo na região costeira do Espírito Santo entre as décadas de 1980 e 2010 para a região sul.....	65
<b>Figura 11:</b> Comportamento dos fragmentos florestais em relação às métricas AREA, SHAPE e PROX. ....	72
<b>Figura 12:</b> Comportamento das áreas de restinga em relação às métricas AREA, SHAPE e PROX .....	74
<b>Figura 13:</b> Comportamento dos ecossistemas manguezais em relação às métricas AREA, SHAPE e PROX .....	76
<b>Figura 14:</b> Enquadramento das classes Floresta, Restinga e mangue em relação às unidades de conservação localizadas na área de estudo .....	85

## Lista de tabelas

Tabela 1: Apresentação das medias estatísticas aplicadas aos índices de paisagem a nível de classe e paisagem (McGARIGAL, 2014).....	28
Tabela 2: Características e modo de operação do satélite Landsat – 5 e sensores TM.	47
Tabela 3: descrição das imagens orbitais utilizadas para a construção dos planos de informações. ....	48
Tabela 4: Métricas da paisagem a nível de classe utilizadas no estudo segundo conjunto de métricas propostas para aplicações em planeamento espacial (LEITÃO et al, 2006; McGARIGAL, 2014; LANG e BLASCHKE, 2009).....	56
Tabela 5: Métricas a nível de mancha utilizadas no estudo segundo conjunto de métricas propostas para aplicações em planeamento espacial (LEITÃO et al, 2006; McGARIGAL, 2014; LANG e BLASCHKE, 2009). ....	57
Tabela 6: Proporção entre os sistemas naturais, semi-naturais e urbano industriais ao longo das 4 décadas de estudo. PLAND – percentagem da paisagem; CA – Área da Classe.	59
Tabela 7: taxa de alteração dos sistemas naturais, semi-naturais e urbano-industriais, entre as décadas analisadas. Valores em percentagem (%). ....	60
Tabela 8: Uso e ocupação do solo para as décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010. PLAND – PORCENTAGEM DA PAISAGEM; CA – ÁREA DA CLASSE. ....	62
Tabela 9: Medidas complementares de estruturação da paisagem. PLAND – PORCENTAGEM DA PAISAGEM; AREA_MN – Área da mancha (média); AREA_AM – Área da mancha (média ponderada por área); NP – número de manchas; ENN_MN – Distância Euclidiana do Vizinho mais próximo (média); PROX_MN – Índice de Proximidade (média); SHAPE_AM – Índice de forma (média). ....	68

## Resumo

A estruturação da paisagem costeira foi avaliada a partir de uma série temporal produzida através de um conjunto de mapas de uso e cobertura do solo para as décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010. Os mapas foram produzidos a partir da classificação supervisionada de imagens orbitais do satélite Landsat 5, através do algoritmo classificador Bathhacharia. Os índices de estruturação da paisagem calculados através do software Fragstats foram analisados a nível de classe e fragmento. Para a análise da evolução temporal do uso e ocupação da paisagem foram aplicados os índices PLAND (porcentagem da paisagem) e CA (área da classe), já para a análise da estruturação da paisagem costeira foram empregados os índices PLAND (porcentagem da paisagem), AREA\_MN (área média dos fragmentos), AREA\_AM (área média ponderada por área dos fragmentos), NP (número de Fragmentos), ENN\_MN (distância média euclidiana do vizinho mais próximo), PROX\_MN (índices de proximidade média) SHAPE\_AM (índice de forma).

Através da análise da paisagem foi possível observar uma quase equiparação entre os sistemas naturais e semi-naturais e uma predominância dos mesmos sobre o sistema urbano-industrial. A partir das 12 classes analisadas foi possível identificar que a paisagem costeira do Espírito Santo compõe um mosaico extremamente heterogêneo em termos de distribuição e composição. A partir dos conceitos apresentados por Forman e Godron (1986) a classe pastagem constitui a matriz da paisagem costeira do estado, sendo o tipo de uso de solo predominante na área de estudo, apresentando o maior grau de conectividade.

Os ecossistemas naturais Floresta, Restinga e Mangue, analisados para a região costeira do Espírito Santo apresentaram estruturação bastante variada. A classe Floresta apresentou uma grande quantidade de fragmentos, com tamanhos bastante variados e ligeiramente próximos, indicando uma grande fragmentação dos ecossistemas. A classe Restinga por sua vez, apresentou-se distribuída ao longo da paisagem em uma quantidade reduzida de fragmentos e com tamanhos médios superiores à classe floresta, apresentando-se ainda relativamente próximos, indicado que as áreas de restinga ainda se encontram relativamente preservadas e

conectadas. Os ecossistemas Manguezais estão distribuídos ao longo da paisagem em manchas, localizadas nos principais estuários do estado; sua participação na paisagem costeira foi bem mais modesta, apresentando poucos fragmentos com tamanho relativamente pequenos se comparados com as classes Floresta e Restinga.

As áreas urbanas e industriais presentes no estado do Espírito Santo vêm apresentando um constante crescimento ao longo do período analisado. A partir da comparação feita com o estudo realizado por Lorena et al (2013), fica evidente a caráter antropizado da linha de costa do Espírito Santo, onde observa-se a maior parte da população do estado representada pela região metropolitana da Grande Vitória.

Tendo em vista esse caráter antrópico, fica claro a necessidade de proteção, restauração e manutenção dos ecossistemas costeiros do estado. As Unidades de Proteção (UCs) estão distribuídas ao longo de toda a linha de costa. As áreas de manguezais encontram-se em um bom nível de proteção, visto que a maioria dos ecossistemas estão inseridos totalmente ou parcialmente dentro de UCs; entretanto as os ambientes de restinga e remanescentes florestais ainda apresentam-se pouco protegidos por unidades de conservação. Uma estratégia de alocação de unidades de conservação em redes de corredores parece ser a melhor opção para a manutenção da qualidade dos habitats, bem como o estabelecimento de novas fronteiras para as unidades já existentes contemplando fragmentos que se localizam às margens das UCs e uma área de amortecimento para minimizar os efeitos de borda.

De uma forma geral, a utilização das medidas de estruturação da paisagem se mostraram uma importante ferramenta para a caracterização, diagnóstico, monitoramento e da região costeira, possuindo potencial aplicação como indicadores da qualidade ambiental para os diversos instrumentos disponível pelo Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro.

## Abstract



## 1. INTRODUÇÃO

A região costeira é reconhecida pela importância ecológica, apresentando uma grande diversidade de ambientes naturais tais como recifes e corais, praias, manguezais e marismas, campos de dunas e falésias, baías, estuários, planícies intermarés, de elevado valor ecológico (ZAMBONI e NICOLOD, 2008). Tais ecossistemas apresentam elevada fragilidade e susceptibilidade relacionada principalmente a pressão antrópica sobre os recursos.

O mosaico de ecossistemas que compõe a paisagem costeira do Espírito Santo apresenta uma grande heterogeneidade estrutural, composto por sistemas naturais, semi-naturais e urbano-industriais.

Apresentando um litoral bastante recortado, o estado do Espírito Santo apresenta geomorfologias marcantes como grandes planícies costeiras, extensas falésias vivas, afloramentos rochosos, embaiamentos, estuários e deltas, onde se inserem os mais diversos ecossistemas. Segundo Simonelli (2007) destacam-se na paisagem costeira os fragmentos de Mata Atlântica formados pela Floresta de Tabuleiro, áreas de restingas, manguezais, lagoas costeiras e áreas úmidas, entre outros ecossistemas costeiros.

O mosaico da paisagem costeira, será analisado então em um recorte de 10 km a retroterra a partir da linha de base da costa, em uma série temporal de mapas de uso e cobertura do solo elaborados a partir da classificação supervisionada de imagens orbitais do satélite Landsat 5.

Tendo exposto o presente trabalho propõe analisar a estrutura da paisagem costeira do estado do Espírito Santo a partir de um conjunto de índices métricos e determinar: em relação a paisagem, qual é a matriz que domina o espaço costeiro; em relação aos ecossistemas costeiros, qual a condição atual das áreas de restinga, fragmentos florestais e manguezais e sua condição de preservação; em relação às áreas urbanas, como evoluíram ao longo das últimas três décadas na paisagem

costeira; e por fim em relação às métricas da paisagem, como podem ser utilizadas para a caracterização, diagnóstico e monitoramento da paisagem costeira.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Analisar a estrutura da paisagem costeira do Espírito Santo em um recorte de 10 Km a retroterra a partir da linha de costa.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Analisar a evolução recente do uso e ocupação do solo da região costeira do Espírito Santo.
- Avaliar a estrutura atual da paisagem costeira do estado do Espírito Santo a partir do conceito do Planejamento sustentável da Paisagem e índices de estruturação da paisagem.
- Avaliar a evolução recente da paisagem costeira do Espírito Santo através de uma série temporal de 30 anos utilizados os índices de estruturação da paisagem.
- Propor a utilização das medidas de estruturação da paisagem como indicador para os instrumentos de gestão disponíveis pelo Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro do Espírito Santo

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. Zona costeira**

Zona costeira segundo o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II (CIRM,1997) é definido como “o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos ambientais, abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre”. Quanto à porção terrestre, a zona costeira abrange os limites dos municípios defrontantes diretos com o mar, ou aqueles não defrontantes, mas que sofram influência direta dos fenômenos que ocorrem na zona costeira.

Reconhecida pela importância ecológica e econômica, a zona costeira brasileira é uma região que apresenta uma grande diversidade de ambientes naturais tais como recifes e corais, praias, manguezais e marismas, campos de dunas e falésias, baías, estuários, planícies intermarés, entre outros; que apesar do alto valor ecológico são em sua maioria extremamente frágeis e apresentam acentuado processo de degradação (ZAMBONI e NICOLOD, 2008). A fragilidade e susceptibilidade da região costeira em geral, está relacionada a grande pressão antrópica sobre os recursos. Segundo o Zamboni e Nicolod (2008) a zona costeira brasileira abriga cerca de 18% da população do país (43 milhões de habitantes), e concentra 16 das 28 regiões metropolitanas brasileiras. No Espírito Santo, a região metropolitana da Grande Vitória, localizada na região costeira concentrava uma população de 1.661.626 de habitantes em 2006 (ZAMBONI e NICOLOD, 2008).

#### **3.2. Conceito de Paisagem**

A definição científica moderna de paisagem foi construída por geógrafos e ecólogos, principalmente pela escola alemã de geografia. Merece destaque nessa conceitualização, o pesquisador alemão Alexander von Humboldt, naturalista e pioneiro na pesquisa de paisagens, que já no século XIX se refere a paisagem como “o caráter total de uma região” (BASTIAN, 2001).

Essa visão holística foi novamente explorada por Naveh (1987), que trata a paisagem em sua totalidade como entidades físicas, ecológicas e geográficas, integrando todos os padrões e processos naturais e humanos.

Recentemente, com enfoque na proteção, cuidado e planejamento da paisagem, sobre a perspectiva do desenvolvimento sustentável, foi instituída em 2000 a Convenção Europeia da Paisagem, que define as diretrizes básicas para a gestão das paisagens europeias, conceituando paisagem como “uma área, como percebido por pessoas, cujo caráter é o resultado da ação e interação de fatores naturais e/ou humanos” (COUNCIL of EUROPE, 2000).

Por se tratar de um conceito Holístico, e por consequência inter e transdisciplinar, muitos autores extrapolam além da perspectiva ecológica/geográfica, e adicionam o fator cultural à definição da paisagem. Dessa forma para Bastian (2001) paisagem não é, apenas a soma de geofatores individuais, mas uma integração formando o complexo geográfico (ou geossistema), que compreende os componentes ambientais e sociais.

Com a surgimento da ciência Ecologia da Paisagem, o conceito de paisagem começou denotar uma certa operacionalidade, buscando um viés qualitativo e quantitativo, partido de um conceito que era se não abstrato, de difícil mensuração. Sobre essa nova perspectiva mais operacional, Forman e Godron (1986) consideram a paisagem como “uma área heterogênea composta por um conjunto de ecossistemas em interação que se repete de forma semelhante”. Sobre a mesma perspectiva, Gergel e Turner (2002) afirmam que a paisagem constitui uma área na qual pelo menos um fator seja heterogêneo; contradizendo uma definição mais antiga apresentada por Neef (1967), que considera que uma paisagem caracteriza-se pelo fato de que em seus efeitos e na sua estrutura é homogênea e uniforme.

Lang e Blaschke (2009) explicam que apensar dessa aparente discrepância entre os dois últimos conceitos, sobre uma análise mais criteriosa percebe-se que o que

difere é apenas a forma de observação; enquanto a primeira se atém as unidades da paisagem e a seu arranjo, a segunda analisa a paisagem como unidade integral.

Embora existam conceitos até certo ponto distantes, deve-se ressaltar que a paisagem, assim como Alexander von Humboldt retrata, suporta todas essas esferas de análise. Entretanto, com o foco mais operacional, será considerado nesse trabalho principalmente a conceitualização de Forman e Godron (1986), aceitando-se que todas as demais linhas de pensamento permeiam a construção da paisagem quanto padrão e processo.

### **3.3. Características gerais da paisagem**

#### **3.3.1. Compartimentação e estruturação da paisagem**

Seguindo o conceito aplicado por Forman e Godron (1986), existem quatro fatores fundamentais para a caracterização de uma paisagem: como o próprio conceito de paisagem define, deve existir um conjunto de ecossistemas que se repetem (1); e que se conectam por um fluxo de matéria, energia e informação (2); além disso, uma paisagem é condicionada pela geomorfologia e pelo clima, fator pelo qual se restringem os tipos de organismos presentes na paisagem, e a velocidade e qualidade dos fluxos e interações (3); por fim, deve haver um padrão de colonização e um regime de distúrbio, geralmente de origem natural, que em sua intensidade e frequência regula os processos e fluxos da paisagem (4).

Sobre a perspectiva da Ecologia da Paisagem, a estrutura da paisagem possui três aspectos básicos fundamentais: estrutura, função e mudança (Forman e Godron, 1986) (Gergel e Turner, 2002).

Como **estrutura** da paisagem entende-se as relações espaciais entre diferentes ecossistemas ou elementos presentes na paisagem, isso inclui a distribuição de energia, materiais e espécies, em relação ao tamanho, forma, número, tipos e configurações dos ecossistemas. Estrutura conota a variabilidade espacial de todos os elementos da paisagem.

Quanto **Função** entende-se a interação entre os elementos da paisagem, seus componentes e componentes do sistema, sobretudo interações de fluxo de energia, matéria, organismo e informação.

Por fim, **mudança** relaciona-se a alteração na estrutura e função do mosaico ecológico ao longo do tempo.

Através da análise de estrutura, função e mudança, podemos compreender a relação padrão/processo, que moldam as paisagens, sejam elas naturais, antrópicas, ou culturais. Gergel e Turner (2002) explicam que um determinado padrão observável na paisagem é resultante dos processos e interações que nela atuam; e por sua vez, muitos processos e interações, são condicionados aos padrões observáveis.

### 3.3.2. Elementos de Paisagem

A caracterização de uma paisagem a rigor, é definida pela heterogeneidade espacial, que se manifesta através da composição e distribuição dos três elementos básicos que compõe uma paisagem modelo: mancha, corredor e matriz (FORMAM e GODRON, 1986).

#### 3.3.2.1. Matriz

Entende-se como elemento mais extenso e mais conectado de uma paisagem, desempenhando papel de destaque no que diz respeito a seu funcionamento. Tal como elemento dominante, a matriz circunda e delimita os limites de manchas (FORMAM e GODRON, 1986).

Meiklejohn et all (2009) salientam que a matriz é o componente da paisagem alterado a partir seu estado original pela ação do homem, que pode variar em tipo de cobertura de antrópico, semi-natural a natural; em que corredores e manchas de

habitat são incorporados; desempenhando papel de habitat e até mesmo de barreira, dependendo de sua composição.

### 3.3.2.2. Corredor e conectividade

Corredores são elementos lineares conectores da paisagem, que apesar de compor muitas vezes um hábitat, não atua como espaço de procriação e manutenção de populações devido suas características estruturais e espaciais (LANG e BASCHKE, 2009). Sua principal função se refere à conectividade entre áreas, entretanto, a conectividade não ocorre somente através de corredores.

Conectividade é uma função amplamente estudada em Ecologia da Paisagem como estratégia chave para planejamento, proteção e conservação da biodiversidade e manutenção de ecossistemas viáveis e populações (Rosenberg et al. 1997, Hctor et al. 2007, Taylor et al. 1993, Chetkiewicz et al. 2006).

Existem várias definições de conectividade em ecologia da paisagem, muitas delas vagas. Taylor et al. (1993) descreve conectividade como “o grau em que paisagem facilita ou impede o movimento de organismos entre manchas”. Já Kindlmann e Burel (2008) consideram como a facilidade com que esses indivíduos podem se mover na paisagem.

Todos esses conceitos extrapolam a unidade “corredor”, e dividem conectividade em dois tipos: conectividade estrutural e conectividade funcional.

Como Conectividade Estrutural entende-se a relação física entre os elementos da paisagem (Meiklejohn et al, 2009). Brooks (2003) completa afirmando que conectividade estrutural descreve a forma, tamanho e localização de recursos na paisagem. Segundo Kadoya (2009) a conectividade estrutural descreve as relações físicas entre manchas de habitat, ignorando a resposta comportamental de organismos a estrutura da paisagem.

Conectividade Funcional por outro lado, leva em consideração o grau em que as paisagens realmente facilitar ou dificultar a circulação de organismos e processos

(Meiklejohn et al, 2009), ao descrever a facilidade com que os indivíduos podem se mover dentro da paisagem em função da resposta comportamental do organismo de elementos da paisagem e da configuração espacial de toda a paisagem (Kindlmann e Burel, 2008).

Tischendorf & Fahrig (2000) vão um pouco além e consideram que a conectividade estrutural descreve os efeitos combinados da estrutura da paisagem e o uso das espécies, a habilidade de se mover e risco de mortalidade nos vários elementos da paisagem, da taxa de movimento entre manchas de habitat na paisagem.

### 3.3.2.3. Mancha

São os menores elementos individuais observados de uma paisagem Lang e Blaschke (2009), segundo os autores Forman e Godron (1986) manchas são definidas como áreas não lineares dispostas na matriz, que se diferem em aparência do seu entorno e variam largamente em tamanho, forma, tipo e características de borda. Comumente o termo mancha é apresentado na literatura com vários sinônimos, tais como fragmento, ecotopo, célula, elementos da paisagem, unidade da paisagem entre outros (URBAN, et al, 1987).

Segundo Forman e Godron (1986), manchas podem se originar através de diferentes processos, onde os mecanismos chave envolvem eventos de distúrbio, heterogeneidade e processos ambientais e ações humanas.

- Manchas de distúrbio: são produzidas através de um pequeno distúrbio na matriz, causados por agentes naturais, tais como fogo e enchentes; antrópicos, tais como desflorestamento e mineração. Manchas de distúrbio podem ser perenes, ou desaparecer gradualmente, dependendo da magnitude do impacto
- Manchas remanescentes: ocorrem por meio de perturbações de grandes extensões, nas quais pequenos fragmentos resistem ao distúrbio. Esses fragmentos representam o ponto de partida para reorganização da matriz, onde a partir de sua resiliência e auto-organização pode se regenerar ou atingir outro estado de equilíbrio (em caso de perturbação crônica).

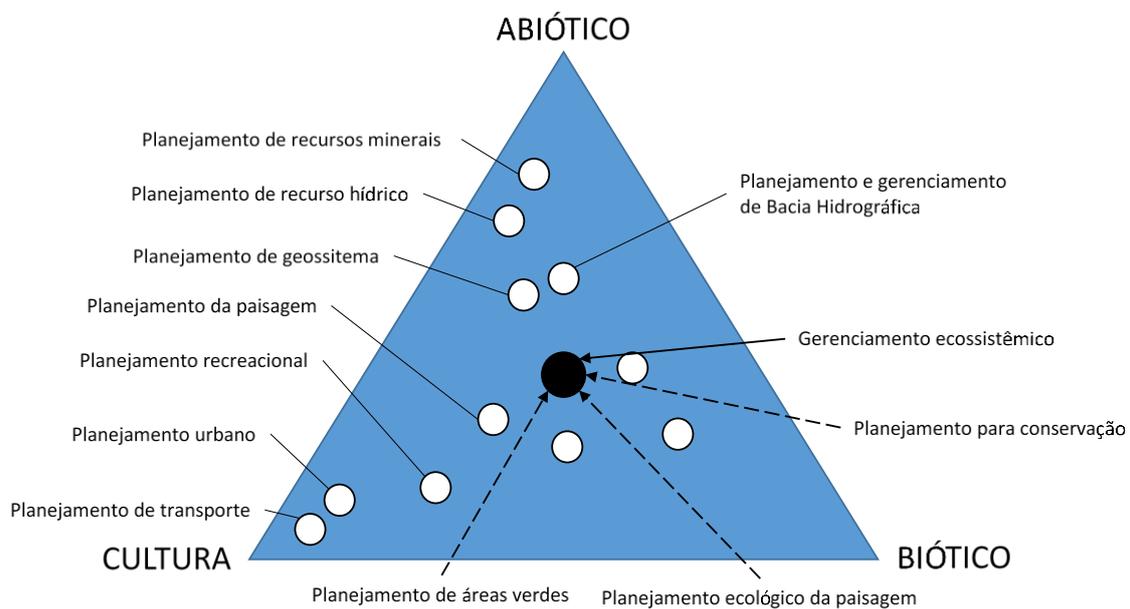
- Manchas de recursos: são relacionadas à existência de recursos naturais dispostos de forma heterogênea ao longo da matriz, que não sofre influências de ações antrópicas.
- Manchas introduzidas: representam manchas instaladas pelo homem através de um planejamento, para uma finalidade específica. São exemplos, áreas de agricultura, silvicultura, adensamentos urbanos, entre outros. Podem ser consideradas manchas de distúrbio.

### 3.3.3. Compartimentação da Paisagem, Recursos, Bens e Serviços.

Através do modelo de compartimentação da paisagem estabelecido por Odum (1988) é possível separar o mosaico da paisagem em três ambientes principais: ambientes naturais ou de proteção à vida, ambientes semi-naturais ou produtivos e ambientes fabricados ou urban-industriais. Como ambiente natural entende-se os ecossistemas aquáticos e terrestres abertos a fluxos de energia, matéria e informação, que possuem como principais características auto-regulação e auto-sustentação; onde os processos naturais predominam sobre os processos antrópicos. Os ambientes semi-naturais são ambientes agropastoris, manejados pelo homem, onde as funções ecológicas foram suprimidas em detrimento ao aumento da produção de biomassa; como características principais, os sistemas semi-naturais não são auto-sustentáveis e necessitam de constante manutenção para evitar o colapso. Os sistemas urbano-industriais são ambientes fabricados pelo homem com predominância de processos artificiais, que possuem como característica a grande dependência de recursos naturais.

Seguindo a linha proposta por Odum (1988), sobre o ponto de vista do planejamento sustentável Leitão et al (2006), reconhecem a paisagem como uma entidade que contempla três tipos de recursos que devem ser gerenciados para garantia da sustentabilidade dos sistemas naturais e humanos, sendo eles: recursos Abióticos, Bióticos e Culturas (recursos ABC). Tais recursos interagem como foco principal dos diversos tipos de planejamento (FIGURA 1), e são partes fundamentais do foco multidisciplinar que envolve o planejamento sustentável da paisagem.

Quanto recursos abióticos podemos citar recursos hídricos, recursos minerais e solos; recursos bióticos estão relacionados à fauna e flora da paisagem, incluem-se nesse tipo de recurso a vida silvestre, atividades econômicas como pesca, extrativismo, funções ecossistêmicas, entre outros; e por fim os recursos culturais, que incluem de forma geral o local onde as pessoas vivem e trabalham, o fluxo de informação, a recreação, e valores humanos intangíveis como a beleza cênica e a diversidade cultural.



**Figura 1:** diagrama de recursos ABC e estratégias de planejamento. Adaptado de Leitão et al (2006)

Quanto a bens e serviços da paisagem, Termorshuizen e Opdam (2009) expandem o paradigma atual que trata a paisagem como padrão-processo, e elaboram um novo framework através do conceito estrutura-função-valor. A partir desse novo conceito os autores evidenciam duas visões para a valoração da paisagem: uma visão baseada nos valores para a conservação da natureza onde tem como base a definição ecofísica da paisagem; e uma visão considerando a paisagem como um fenômeno cultural ou estético, relacionado ao conceito de ‘paisagem cultural’. Através dessa visão multifuncional os autores tratam a paisagem como um sistema espacial ecológico-cultural, no qual apresentam-se diversos bens e serviços, que tem origem nas funções ecológicas da paisagem tais como produção de alimento, regulação do clima, educação, entre outros, que são construídos a partir da

interação entre as estruturas físicas, que são base para os processos naturais e ação humana.

### **3.4. Ecologia da Paisagem**

A ecologia da paisagem sobre uma perspectiva do mosaico da paisagem é um conceito recente que integra em diversos níveis de hierarquia e escala as complexidades dos sistemas sociais, ecológicos e sócio-ecológicos (CUMMING, 2011). Em sua essência, trata do mosaico da paisagem que aparece como padrão e ordenamento espacial específico das unidades da paisagem, trabalhando com feições espaciais e estruturais mensuráveis, que caracterizarão a condição, o desenvolvimento e as mudanças temporais de um recorte da paisagem (GERGEL e TURNER, 2002).

Semelhante à abordagem ecológica tradicional, que tem como foco as interações intra e interespecíficas entre espécies e populações; na perspectiva da Ecologia da Paisagem o objeto de estudo passa a ser o mosaico de ecossistemas, seu padrão espacial, seus processos modeladores e sua tendência de mudança, analisados através de um conjunto de medidas, definidas como Métricas da Paisagem ou Medidas de Estruturação da Paisagem (FORMAN e GORDON, 1986; GERGEL e TURNER, 2002; LEITÃO e AHERN, 2002; LANG e BLASCHKE, 2009).

Por se tratar de uma ciência focada no arranjo espacial e nos processos modeladores da paisagem, questões como escala e resolução são de suma importância. Para Lang e Blaschke (2009), tanto a determinação da escala de observação, quanto a resolução do mapeamento, são os pontos chaves para a correta detecção dos alvos e caracterização da paisagem. A escala específica para cada análise deve ser devidamente analisada a fim de garantir o ajuste aos respectivos processos observados.

A base dos estudos em ecologia da paisagem é estabelecida em torno dos conceitos de estrutura, função e mudança (FORMAN e GODRON, 1986). A Estrutura da paisagem ou padrão se refere ao arranjo espacial dos elementos

componentes do mosaico; que por sua vez são interligados através de fluxos das mais diversas naturezas (função), interagindo constantemente na transformação ou manutenção dos padrões observados (mudança).

Tais conceitos, seja em uma escala regional ou local, podem então contribuir significativamente em todas as etapas do planejamento ambiental, possuindo diversas aplicações como na reconstituição de cenários pretéritos em regiões que muitas vezes possuem carência de series de dados históricos, no diagnóstico de problemáticas existentes e até mesmo na modelagem de cenários futuros (LEITÃO e AHERN, 2002).

### **3.5. Medidas de Estruturação da Paisagem**

Em ecologia da paisagem, a quantificação, caracterização e análise da estruturação da paisagem é realizada por meio da aplicação de índices que descrevem a estrutura espacial de manchas, classes de manchas ou um mosaico de manchas inteiro (paisagem), fornecendo informações úteis a respeito da configuração e composição da paisagem (LANG e BLASCHKE, 2009; LEITÃO et al, 2006; FORMAN e GODRON, 1986).

Segundo Leitão et al (2006) os índices de estruturação da paisagem, ou métricas da paisagem, quantificam dois aspectos fundamentais da paisagem: composição, relacionado à variedade e abundância dos tipos de manchas, sem levar em consideração o arranjo espacial; e configuração, que se refere às características espaciais e arranjo da paisagem.

Com o desenvolvimento recente das tecnologias apoiadas em SIG, um número muito grande de medidas de estruturação da paisagem foram desenvolvidas. Muitos desses índices são redundantes e correlacionados (McGARIGAL, 2014) e devem ser avaliados com critério para a caracterização da paisagem. Dessa forma, alguns autores apresentam conjuntos de métricas específicas para análises da estruturação da paisagem sobre vários pontos de vista (LEITÃO e AHERN, 2002; Schindler et al, 2008; LI e WU, 2004)

Li e Wu (2004) criticam o uso indiscriminado das medidas de estruturação da paisagem, e citam como principais problemas: falhas conceituais na análise de padrões de paisagem, limitações inerentes aos índices de paisagem e uso indevido dos índices.

O grande número de índices disponíveis na literatura (assim como a falta de padronização e validação) é segundo Leitão e Ahern (2002) um dos principais motivos da limitada aplicação na área de planejamento a administração.

Segundo McGarigal (2014) os índices da paisagem se apresentam em dois tipos, aplicáveis aos três níveis de estruturação da paisagem (mancha, classe e Paisagem): (1) índices de composição e configuração espacial e (2) estatísticas de distribuição. Os índices gerais caracterizam a estruturação básica dos atributos, ao passo que as medidas estatísticas de distribuição são úteis para identificar padrões, desvios e extremos dentro do contexto de análise.

As estatísticas de distribuição aplicadas aos índices a nível de classe e paisagem são apresentadas na Tabela 1:

**Tabela 1:** Apresentação das medias estatísticas aplicadas aos índices de paisagem a nível de classe e paisagem (McGARIGAL, 2014)

<b>Estatística de distribuição</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Descrição</b>
<b>Classe</b>		
<b>Média</b>	$MN = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{n_i}$	É igual a soma entre todas as manchas de uma classe do valore da métrica correspondente, dividido pelo número manchas da classe.
<b>Média ponderada por área</b>	$AM = \sum_{j=1}^n \left[ x_{ij} \left( \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$	É igual a soma entre todas as manchas de uma classe dos valores da métrica correspondente, multiplicado pela abundância proporcional da mancha.
<b>Mediana</b>	$MD = X_{50\%}$	É igual ao valor da métrica correspondente que representa o ponto médio da distribuição da ordem de grandeza dos valores da métrica para manchas de uma classe
<b>Intervalo (range)</b>	$RA = X_{max} - X_{min}$	É igual ao valor da métrica correspondente para a maior valor observado menos o menor valor observado
<b>Desvio Padrão</b>	$SD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left[ x_{ij} - \left( \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{n_i} \right) \right]^2}{n_i}}$	É igual à raiz quadrada da soma dos quadrados dos desvios de cada métrica a partir do valor médio da métrica da classe correspondente, dividido pelo número de manchas da mesma classe
<b>Coefficiente de Variação</b>	$CV = \frac{SD}{MN} (100)$	É igual ao desvio padrão dividido pela média, multiplicado por 100 para converter em porcentagem
<b>Paisagem</b>		
<b>Média</b>	$MN = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}}{n_i}$	É igual a soma entre todas as manchas da paisagem dos valores da métrica correspondente, dividido pelo número total de manchas
<b>Média ponderada por área</b>	Igual à relacionada a classe, entretanto aplicada a todas as manchas presentes na paisagem	
<b>Mediana</b>	$AM = \sum_{j=1}^m \sum_{j=j}^n \left[ x_{ij} \left( \frac{a_{ij}}{\sum_{i=j}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$	É igual a soma entre todas as manchas da paisagem dos valores da métrica correspondente, multiplicada pela abundancia proporcional da mancha
<b>Intervalo (range)</b>	Igual à relacionada a classe, entretanto aplicada a todas as manchas presentes na paisagem	
<b>Desvio Padrão</b>	$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[ x_{ij} - \left( \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}}{N} \right) \right]^2}{N}}$	É igual à raiz quadrada da soma dos quadrados dos desvios de cada métrica a partir do valor médio da métrica das manchas de toda paisagem, dividido pelo número de manchas da paisagem
<b>Coefficiente de Variação</b>	Igual à relacionada a classe	

McGarigal (2014) divide as métricas da paisagem em categorias, de acordo com o aspecto do padrão da paisagem medido, sendo elas: métricas relacionadas a área e borda, métricas relacionadas a forma, métricas relacionadas a área núcleo, métricas de contraste, métricas de agregação e métricas de diversidade.

- Métricas relacionadas a área e borda - Grupo de métricas que lidam com o tamanho e quantidade de borda de uma mancha.

Segundo McGarigal (2014) a quantificação da área de uma mancha talvez seja a informação mais útil e importante acerca da paisagem. Do ponto de vista operacional, através das mediadas de área, várias outras métricas podem ser calculadas; além disso, segundo diversos autores, sobre o ponto de vista ecológico a quantificação de área possui importância singular, visto que regula padrões populacionais como riqueza e abundância de espécies, e padrões comportamentais (área para aquisição de recursos e reprodução entre outros) (ROBBINS et al. 1989; FORMAN e GODRON, 1986).

Similarmente à análise de área, características de borda possuem importante relação com processos ecológicos. De forma geral, processos de fragmentação contribuem para o aumento de borda, o que propicia a manutenção de organismos oportunistas/generalistas, e restringe a manutenção de organismos especialistas/sensíveis à borda (FORMAN e GODRON, 1986; LANG e BLASCHKE, 2009).

De forma geral, área e borda – superfície e perímetro, são os mais básicos parâmetros que controlam e moldam a paisagem e seus processos ecológicos em todos os níveis hierárquicos.

- Métricas relacionadas a forma

As métricas relacionadas à forma estão diretamente relacionadas às métricas de tamanho e borda. Seu interesse principal está na relação ecológica do efeito de

borda com os parâmetros populacionais e comportamentais das espécies, tais como padrões e estratégias de forrageamento, por exemplo (FORMAN e GODRON, 1986).

Segundo McGarigal (2014) as métricas de forma lidam com a complexidade geométrica das formas das manchas, através de relações entre as manchas e formas geométricas básicas, ou na relação área-perímetro.

- Métricas relacionadas a área núcleo

Como área núcleo define-se a área dentro de uma mancha que não sofre influência do efeito da profundidade de borda. Esse conjunto de métrica, avalia a configuração das áreas núcleo que são relacionadas por exemplo com a manutenção da biodiversidade e distribuição de espécies sensíveis à perturbações e efeitos de borda ao longo da paisagem.

- Métricas de contraste

Quanto a contraste, entende-se a magnitude da diferença entre os tipos de mancha adjacentes em relação a um ou mais atributos ecológicos em uma determinada escala de relevância para o organismo ou processo em questão (McGARIGAL, 2014).

O contraste entre uma mancha e sua vizinhança pode influenciar diversos processos ecológicos, tais como migrações/deslocamento entre manchas. Em um certo nível, o contraste entre a mancha e sua vizinhança pode determinar o grau de conectividade funcional, permitindo assim a troca ou não de informação entre elementos da paisagem (KINDLMANN e BUREL, 2008).

- Métricas de agregação

Agregação se refere a tendência de tipos de mancha apresentarem-se em distribuição ampla, agregada, ou de forma “contagiosa”. Segundo a categorização

de McGarigal (2014), as métricas de agregação englobam todas os índices relacionados à *dispersão, intercalação, subdivisão e isolamento*.

Quanto à dispersão, analisa como se espalha ou dispersa um tipo de mancha na paisagem, dessa forma, quanto maior a dispersão, maior a desagregação das classes ou da paisagem. Subdivisão está intimamente relacionado com o conceito de dispersão, ambos referem-se a agregação de tipos de mancha, mas subdivisão refere-se explicitamente ao grau em que os tipos mancha são quebrados (ou seja, subdividido) em manchas separadas (isto é, fragmentos). Isolamento por sua vez está intimamente relacionado ao conceito de subdivisão, ambos referem-se a subdivisão de uma mancha, mas isolamento refere-se especificamente ao grau em que as manchas são espacialmente isoladas umas das outras, ao passo que a subdivisão não leva em conta a distância entre manchas, e sim o quanto são disjuntas.

- Métricas de diversidade

Medidas de diversidade são comuns em pesquisas ecológicas. Semelhando à análise tradicional, métricas de diversidade são influenciadas por dois componentes, a riqueza e a equitabilidade. Medidas de diversidade são relacionadas aos componentes estruturais e composicionais da paisagem.

Quanto a riqueza entende-se o tipo número do tipo de manchas presentes na paisagem; equitabilidade por outro lado, refere-se à distribuição de áreas entre esses diferentes tipos.

### **3.6. Convenção Europeia da Paisagem**

No âmbito internacional é grande o interesse em diversos temas ligados à paisagem, tanto do ponto de vista de conservação das paisagens culturais para as futuras gerações, como o planejamento sustentável do uso da paisagem como recurso econômico.

Dessa forma, diversos esforços foram criados buscando os mais diversos objetivos. Dentre eles no ano 2000, em Florença na Itália, o Conselho da Europa (*Council of Europe*), a partir de uma ação de cooperação de diversos países da União Europeia criou a ELC – *European Landscape Convention* (Convenção Europeia da Paisagem), que entrou em vigor em 1 de Março de 2004 (*COUNCIL of EUROPE, 2000*).

A ELC é o primeiro tratado internacional a ser exclusivamente preocupado com todas as dimensões da paisagem europeia. Ela está direcionada especialmente para a promoção da proteção, cuidado e planejamento da paisagem, através da utilização sustentável da paisagem como recurso econômico, apoiada em soluções políticas embasadas pelo conhecimento científico.

Segundo a ELC, paisagem pode ser definida como “uma área, como percebido pelas pessoas, cujo caráter é o resultado da ação e interação de / ou fatores naturais e humanos”; e para sua gestão, devem ser adotadas Políticas da Paisagem (*Landscape policy*) que determina “estratégias e diretrizes que permitam a adoção de medidas específicas que visem a proteção, gestão e ordenamento da paisagem”.

Através da ELC, é possível estabelecer os objetivos da qualidade da paisagem, que engloba as aspirações do público acerca das características da paisagem de seu entorno, que são garantidas através das ações a partir de uma perspectiva de desenvolvimento sustentável, para garantir a manutenção regular de uma paisagem, para orientar e harmonizar as alterações, que são provocadas por processos sociais, econômicos e ambientais obtidas através do planejamento e gestão da paisagem.

### **3.7. Gerenciamento costeiro Integrando**

Gerenciamento Costeiro Integrado – GCI é um processo contínuo, dinâmico e participativo de gestão da zona costeira, no qual as decisões são tomadas tendo como foco o uso sustentável, o desenvolvimento e a proteção das áreas costeiras e marinhas, e seus recursos (CICIN-SAIN e KNECHT, 1998). No Brasil o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II foi aprovado a partir da Resolução nº 5 de

03/12/1997, da Comissão Interministerial para os Assuntos do Mar – CIRM, que expressa o compromisso governamental com o planejamento integrado da utilização dos recursos costeiros, visando o ordenamento da ocupação dos espaços litorâneos (CIRM, 1997). A partir do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, o estado do Espírito Santo, a partir da lei N° 5.816, de 22 de dezembro de 1998 institui o Plano Estadual de Gerenciamento costeiro, que através das diretrizes do Plano Nacional constitui o conjunto de ações estratégicas e programáticas, articuladas e localizadas, elaboradas com a participação da sociedade civil, que visam orientar a execução do Gerenciamento Costeiro no Estado do Espírito Santo PEGC-ES (Espírito Santo, 1998). Para sua efetiva aplicação o PEGC-ES dispõe dos seguintes instrumentos:

I. Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro - ZEEC: instrumento básico de planejamento que estabelece, após discussão pública de suas recomendações técnicas, a nível estadual e municipal, as normas de uso, ocupação do solo e de manejo dos recursos naturais da costa, em zonas específicas, definidas a partir de suas características ecológicas e sócio-econômicas;

II. Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro - SIGERCO: instrumento do PEGC que tem a função de armazenar, processar e atualizar dados e informações do Programa, servindo de fonte de consulta rápida e precisa para a tomada de decisões;

III. Plano de Gestão da Zona Costeira - PEGZC: concebido pelo conjunto de ações e programas setoriais, integrados e compatibilizados com as diretrizes estabelecidas no Zoneamento Ecológico-Econômico, envolvendo a participação das entidades civis e dos setores organizados da sociedade;

IV. Monitoramento Ambiental da Zona Costeira - MAZC: constituído de uma estrutura operacional de coleta de dados e informações, de forma contínua, de modo a acompanhar os indicadores de qualidade sócio-ambiental da Zona Costeira e propiciar o suporte permanente do Plano de Gestão;

V. Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira - RQA-ZC: procedimento de consolidação periódica dos resultados produzidos pelo Monitoramento Ambiental e, sobretudo, de avaliação da eficiência das medidas e ações desenvolvidas a nível do PEGC/ES.

#### **4. ÁREA DE ESTUDO**

##### **4.1. Zona costeira**

Localizado na região sudeste, o Estado do Espírito Santo possui naturalmente uma forte vocação costeira. Ao longo de seu território, com cerca de 46.077,5 km<sup>2</sup> está presente uma linha de costa marcadamente recortada com extensão de 417 km (Espírito Santo, 1998).

O estado apresenta uma economia bastante dependente da região costeira, baseada em atividades dos setores de mineração, siderurgia, celulose, logística e petróleo e gás, que experimentaram nos anos recentes um importante crescimento (IJSN, 2009).

##### **4.2. Delimitação política – Plano estadual de Gerenciamento Costeiro**

O Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro do Espírito Santo, estabelecido em 1998 a partir da Lei Estadual N° 5816/98, é definido em linhas gerais como “o conjunto de ações estratégicas e programáticas, articuladas e localizadas, elaboradas com a participação da sociedade civil, que visam orientar a execução do Gerenciamento Costeiro no Estado do Espírito Santo”, tendo como objetivos:

- Orientar e estabelecer a ocupação do solo e a utilização dos recursos naturais da zona costeira;
- Promover a melhoria da qualidade de vida das populações locais;
- Conservar os ecossistemas costeiros, em condições que assegurem a qualidade ambiental;
- Determinar as potencialidades e vulnerabilidades da Zona Costeira;

- Estabelecer o processo de gestão das atividades sócio-econômicas na Zona Costeira, de forma integrada, descentralizada e participativa, com a proteção do patrimônio natural, histórico, étnico e cultural;
- Assegurar o controle sobre os agentes que possam causar poluição ou degradação ambiental, em quaisquer de suas formas, que afetem a Zona Costeira;
- Assegurar a mitigação dos impactos ambientais sobre a zona costeira e a recuperação de áreas degradadas;
- Assegurar a integração harmônica da zona costeira com as demais regiões que a influenciam ou que a ela sejam influenciadas;
- Implantar programas de Educação Ambiental com as comunidades costeiras;
- Definir a capacidade de suporte ambiental das áreas passíveis de ocupação, de forma a estabelecer níveis de utilização dos recursos renováveis e não renováveis; e
- Estabelecer normas referentes ao controle a manutenção da qualidade do ambiente costeiro.

A Lei N° 5.816 de 1998 define a zona costeira do estado do Espírito Santo como o espaço terrestre dos municípios que se defrontam diretamente com o mar, ou que sofram influência marinha ou flúvio-marinha, ou que não se defrontem com o mar, mas que se localizem na região metropolitana da Grande Vitória; ou que também estejam localizados próximo ao litoral, até 50 (cinquenta) quilômetros da linha de costa, mas que aloquem, em seu território, atividades ou infra-estruturas de grande impacto ambiental sobre a Zona Costeira do Estado. Quanto à porção marinha da zona costeira, compreende em sua profundidade e extensão ao mar territorial e plataforma continental imersa em uma distância de 12 (doze) milhas náuticas a partir da linha de base da costa.

A zona costeira espiritosantense abrange quase metade do território estadual, com a participação de 19 municípios. A Lei Estadual de Gerenciamento Costeiro divide ainda a zona costeira capixaba em cinco setores (FIGURA 1), a saber:

- Litoral Extremo Norte - Conceição da Barra, São Mateus e Jaguaré;

- Litoral Norte – Linhares, Sooretama e Aracruz;
- Litoral Central – Fundão, Serra, Vitória, Cariacica, Vila Velha e Viana;
- Litoral Sul – Guarapari, Anchieta e Piúma;
- Litoral Extremo Sul – Cachoeiro de Itapemirim, Marataízes, Itapemirim e Presidente Kennedy.

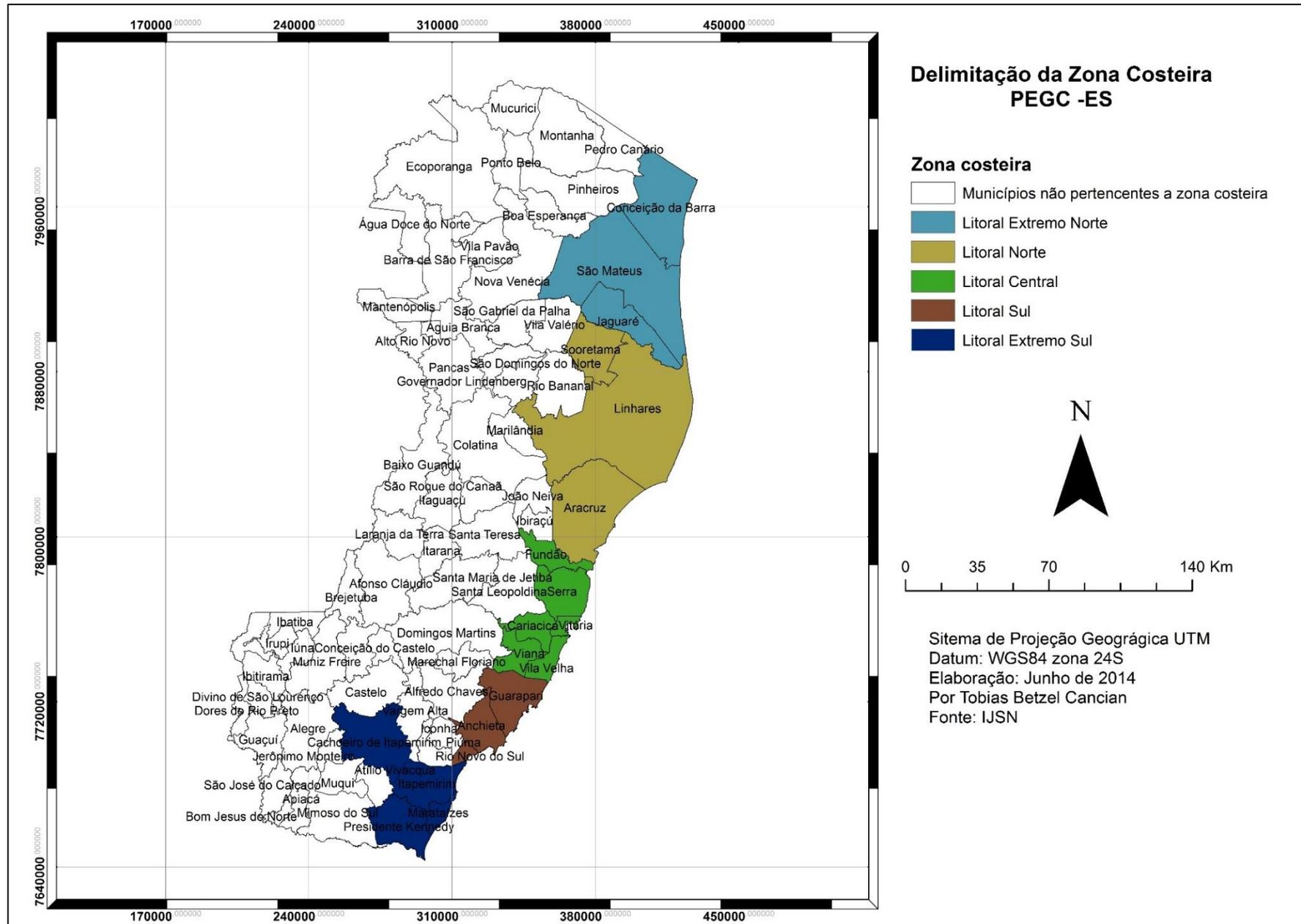


Figura 2: Delimitação da zona costeira do Espírito Santo.

### **4.3. Aspectos geológicos e geomorfológicos**

O estado do Espírito Santo apresenta como unidades geomorfológicas os Tabuleiros Terciários da Formação Barreiras, os afloramentos e promontórios cristalinos pré-cambrianos e as planícies flúvio-marinhas quaternárias (FIGURA 2), com diferentes graus de desenvolvimentos (ALBINO et al, 2001).

A Formação Barreiras estende-se ao longo de toda paisagem costeira na forma de falésias vivas, falésias mortas e terraços de abrasão marinha. As planícies sedimentares quaternárias apresentam-se pouco desenvolvidas e possuem sua gênese relacionada as flutuações do nível do mar e ao aporte fluvial; dessa forma, apresenta-se na paisagem costeira do estado de forma mais pronunciada na desembocadura do Rio Doce, e em menores proporções nos vales dos rios São Mateus, Piraquê-Açu, Reis Magos, Jucu, Itapemirim e Itabapoana. Nas demais regiões as planícies costeiras são estreitas ou inexistentes, com praias limitadas pelos tabuleiros da Formação barreiras e pelos afloramentos cristalinos (ALBINO et al,2006).

Do ponto de vista fisiográfico, Martin el al (1996) propõe uma divisão do litoral do estado em cinco setores, baseado na distribuição e contato entre os depósitos da Formação Barreiras, os afloramentos cristalinos e as planícies costeiras.

O setor 1 que se estende da divisa do Espírito Santo com a Bahia, até a cidade de Conceição da Barra, é caracterizado por apresentar uma planície costeira muito pouco desenvolvida encaixada no sopé das falésias da Formação Barreiras.

O setor 2 corresponde à planície costeira do Rio Doce, entre Conceição da Barra e Barra do Riacho em Linhares, onde os depósitos quaternários apresentam seu maior desenvolvimento.

O setor 3 está localizado de Barra do Riacho a entrada da Baía de Vitória. Neste setor os depósitos quaternários são pouco desenvolvidos e estão novamente encaixados no sopé das falésias da Formação Barreiras. Nas desembocaduras nos

vales e desembocaduras dos principais rios (Piraquê-Açu, Piraquê-Mirim e Reis Magos), os depósitos fluvio-marinhos quaternários são um pouco mais desenvolvidos.

O Setor 4 é delimitado entre a Baía de Vitória e a desembocadura do Rio Itapemirim, onde os afloramentos de rocha cristalinas pré-cambrianas entram em contato com os depósitos da Formação Barreiras, apresentando litoral bastante recortado, marcado por planícies costeiras desenvolvidas cercadas por promontórios rochosos, e trechos de linha de costa faminta marcadas pela presença de falésias vivas.

O setor 5 estende-se da desembocadura do rio Itapemirim até as margens norte da desembocadura do Rio Itabapoana. É caracterizado por planícies costeiras pouco desenvolvidas encaixadas à falésias vivas da Formação Barreiras; até chegar ao Rio Itabapoana, onde apresenta uma extensa planície costeira

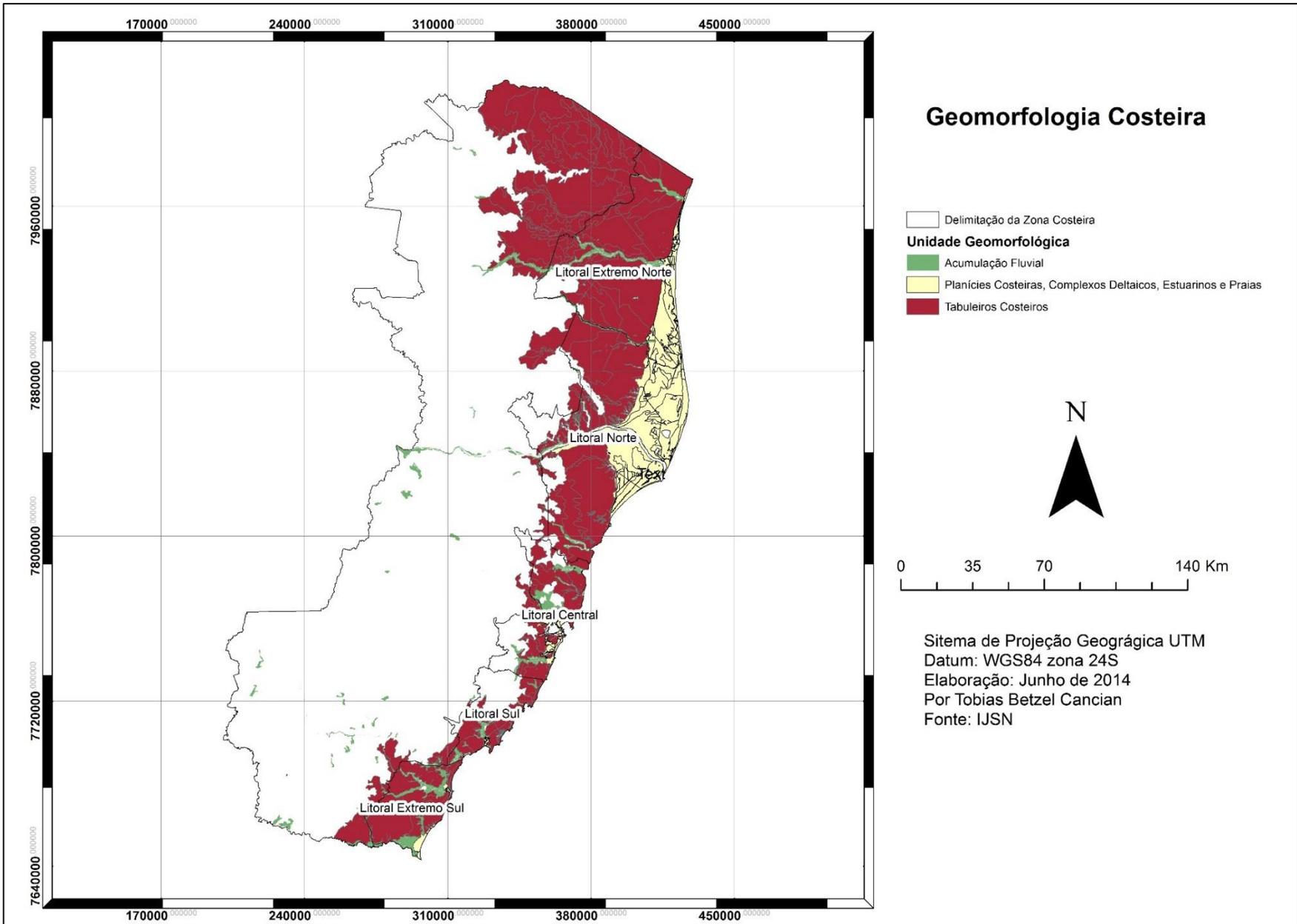


Figura 3: Unidades geomorfológicas presentes na região costeira do ES.

#### **4.4. Ecossistemas costeiros**

A preservação e manutenção dos ecossistemas costeiros é objetivo declarado do Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro. Quanto a valoração ecológica, os ecossistemas costeiros proporcionam uma série de bens e serviços essenciais para a sobrevivência humana, tais como alimentos, manutenção da biodiversidade e clima, purificação da água, entre outros. Além disso, diversos outros serviços de suma importância e relevância, com desdobramentos financeiros e sociais podem ser citados, como o controle de inundações e erosão costeira, manutenção da memória cultural de povos tradicionais, economia de subsistência, turismo ecológico e de aventura.

MMA (2010) caracteriza a zona costeira como uma região de transição ecológica que desempenha um papel fundamental de trocas significativas de matéria e energia entre o sistema terrestre e o sistema marinho, apresentando uma expressiva sobreposição territorial com os grandes biomas brasileiros.

No estado do Espírito Santo a zona costeira se sobrepõe ao bioma Mata Atlântica, que segundo o decreto Nº 6.660, de 21 de Novembro de 2008 compreende as formações florestais nativas e ecossistemas associados tais como a Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; e Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste.

Simonelli (2007) cita como principais ecossistemas costeiros, os remanescentes de Mata Atlântica formados pela Floresta de Tabuleiro, restinga, manguezal, lagoa costeira e áreas úmidas. Existem ainda outros ecossistemas tão importantes quanto os listados acima, entretanto restringem-se a áreas menores e de difícil mapeamento, tais como costões rochosos, dunas e praias.

O estado do Espírito Santo possuía originalmente a maior parte do seu território recoberto por Mata Atlântica, que ao longo da história, que remonta à colonização, foi amplamente devastada por empreendimentos agropastoris e extração de madeira. Segundo Simonelli (2007) a Mata Atlântica capixaba ocorre atualmente apenas em alguns fragmentos isolados, totalizando cerca de 17,9% da cobertura original (Floresta de Tabuleiro). Na região costeira o fragmento mais significativo é observado no delta do Rio Doce.

Áreas de restinga ocorrem ao longo da costa capixaba. São ecossistemas de importância relevante na manutenção do equilíbrio ecológico, caracterizados pela singularidade de fauna e flora. Devido sua importância, a lei 4.771/65 que institui o Código Florestal caracteriza restinga como área de proteção permanente (APP) por apresentar função de “fixadora de duas e estabilizadora de mangues”.

Segundo Lacerda et al (1984), o termo restinga é ainda muito controverso, por estar diretamente ligado a conflitos de cunho territorial (alto valor imobiliário), apresentando vários significados em diversos ramos das ciências naturais, o que dificulta seu mapeamento e delimitação. Sobre o ponto de vista geomorfológico, restinga refere-se a vários tipos de depósitos arenosos costeiros, de origem bastante variada como, por exemplo, cristas praias, praias barreiras, barras, esporões e tómbulos (Suguió e Tessler, 1984); por outro lado, segundo IBGE (2004) restinga denomina o tipo de vegetação pioneira com influência marinha, depositada sobre solo arenoso rejuvenescido pela deposição de areia marinha.

Como definição legal (adotada para a quantificação das áreas de restinga nesse trabalho), a resolução CONAMA nº 303/2002, em seu art. 2º, inciso VII apresenta restinga como “depósito arenoso paralelo a linha da costa, de forma geralmente alongada, produzido por processos de sedimentação, onde se encontram diferentes comunidades que recebem influência marinha, também consideradas comunidades edáficas por dependerem mais da natureza do substrato do que do clima. A cobertura vegetal nas restingas ocorre em mosaico, e encontra-se em praias, cordões arenosos, dunas e depressões, apresentando, de acordo com o estágio sucessional, estrato herbáceo, arbustivos e arbóreo, este último mais interiorizado”.

Sistemas manguezais são ecossistemas igualmente singulares e importantes para diversos processos ecológicos, localizados ao longo de vários estuários capixabas. Segundo Odum (1988), as áreas de manguezal são importantes zonas de elevada produtividade biológica onde são observados componentes de todos os elos da cadeia alimentar.

Os ecossistemas manguezais são ambientes altamente produtivos, responsáveis por inúmeros bens e serviços ecossistêmicos únicos e essenciais para a sociedade humana e para os sistemas costeiros e marinhos adjacentes (Giri et al. 2011). São importantes como controladores de processos de erosão costeira, além de locais de alimentação e refúgio para muitas espécies de peixes, aves, mamíferos e crustáceos, recursos de importância ecológica e econômica (Alongi, 2009).

Devido a fragilidade e importância dos ecossistemas manguezais, algumas iniciativas de conservação são mantidas no território nacional. O Projeto de Conservação Efetiva e Uso Sustentável dos Manguezais no Brasil em Áreas Protegidas – GEF-Mangue por exemplo, coordenado pelo MMA e ICMBio, tem como objetivo desenvolver e fortalecer uma rede de áreas protegidas para o ecossistema dos mangues no Brasil, por meio de mecanismos políticos, financeiros e regulatórios.

Lagoas costeiras e áreas úmidas são também ecossistemas-chaves na paisagem costeira, por fornecerem múltiplos bens e serviços para a sociedade. Como áreas úmidas costeiras entende-se os ecossistemas aquáticos, tais como lagoas costeiras e estuários, e sistemas sujeitos a variação do nível freático, como brejos e pântanos (BARROSO, 2007). Tais ecossistemas são ambientes multifuncionais, cuja importância e fragilidade não são devidamente conhecidos e estudados.

Dentre os diversos bens e serviços proporcionados pelas áreas úmidas podemos citar bens relacionados à biodiversidade para sustentação de flora e fauna; à provisão de recursos hídricos para consumo, reciclagem de despejos domésticos; regulação de ciclos biogeoquímicos, como acumulação de carbono, desnitrificação;

entre outros (EWEL, 1997). Todos esses bens e serviços, e outros como proteção/estabilização da linha de costa e proteção contra inundações são constantemente demandados, entretanto não são percebidos de forma consciente, o que aumenta ainda mais a fragilidade das áreas úmidas, que ainda hoje são vistas como áreas marginais.

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1. Delimitação do recorte de estudo.**

Por se tratar de uma análise espacial e temporal das alterações do uso do solo e condição dos ecossistemas costeiros, a região de interesse foi reduzida a um buffer de 10 km a retroterra a partir da linha de costa e parte dos estuários dos rios Itaúnas, São Mateus, Piraquê, Baía de Vitória e planície deltaica do Rio Doce (FIGURA 3).

Esse recorte garante em relação aos tipos de uso e ocupação de solo do estado, uma caracterização mais correta da paisagem costeira, pois destaca de forma mais aguda as feições e ecossistemas que possuem influência costeira, que são o principal alvo do estudo, em detrimento da configuração da paisagem continental.

Dessa forma foram analisados em sua totalidade os 425 km da linha de costa do estado, abrangendo 14 municípios defrontantes com o mar e parte de alguns municípios não defrontantes. Em casa período foram mapeados cerca de 6.130 km<sup>2</sup>, totalizando cerca de 24.523 Km<sup>2</sup> de mapeamento.

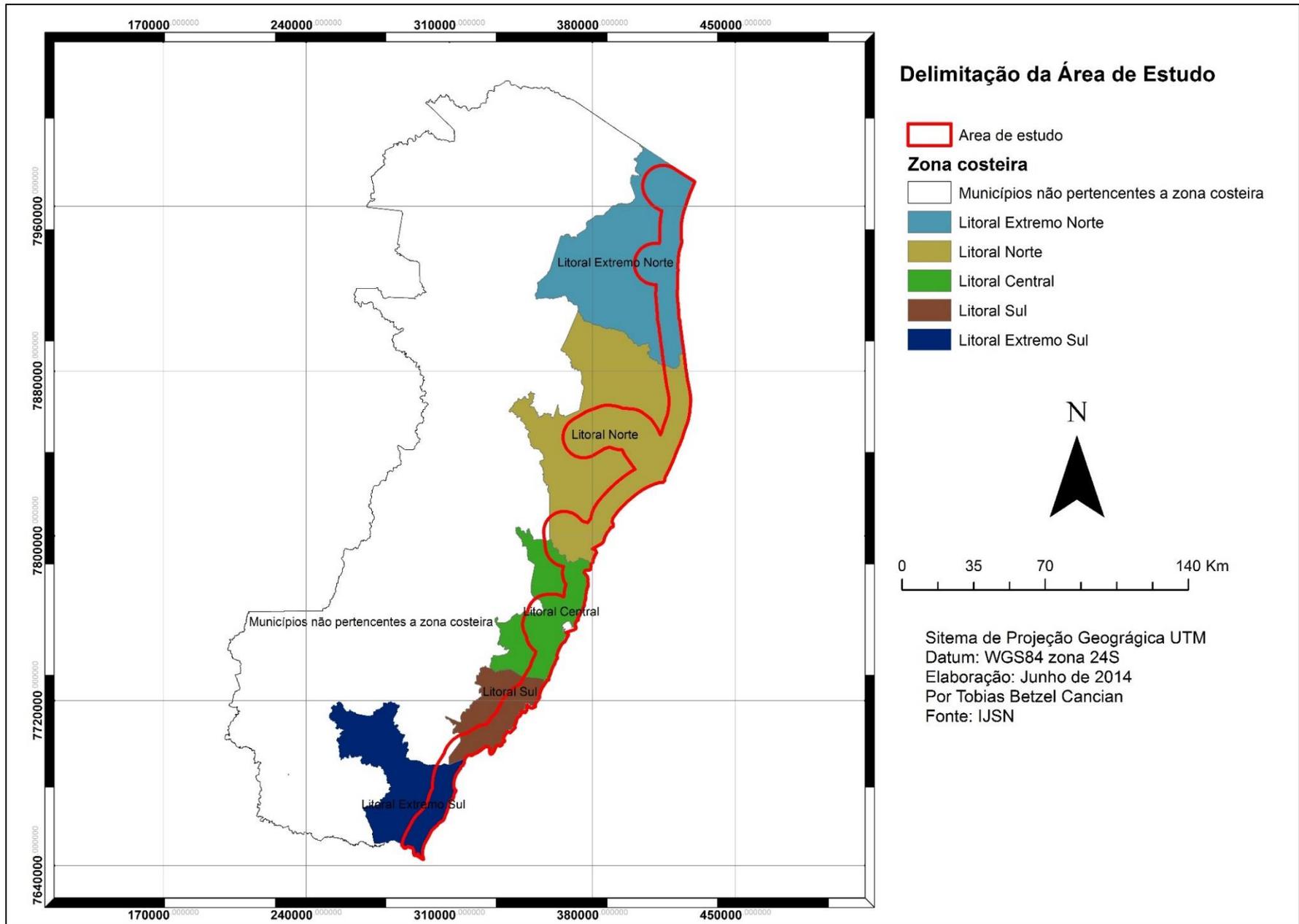


Figura 4: Delimitação da área de estudo.

## **5.2. Imagens orbitais**

Para a geração dos planos de informação de uso e cobertura do solo foram empregadas uma série de imagens orbitais digitais obtidas através do sensor TM a bordo do satélite LANDSAT – 5.

### **5.2.1. Conjunto de imagens LANDSAT – 5.**

Para o recobrimento total da linha de costa do estado do Espírito Santo (recorte da área de estudo) foram utilizadas quatro cenas em diferentes passagens. Em cada série temporal buscou-se as imagens que as menores quantidades de nuvens e nas datas de aquisição mais próximas possíveis, favorecendo assim a correta classificação dos tipos de uso e cobertura de solo.

As imagens foram disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto de Pesquisa Espaciais (INPE), através do site <http://www.dgi.inpe.br/>.

As bandas espectrais utilizadas para a classificação das imagens foram: TM1, TM2, TM3, TM4, TM5, TM7, utilizando composições variadas no momento da escolha dos polígonos de treinamento dependendo do tipo de alvo.

As características e o modo de operação do satélite LANDSAT – 5 e Sensor TM podem ser observados na Tabela 2:

**Tabela 2:** Características e modo de operação do satélite Landsat – 5 e sensores TM.

Características	TM	Principais características e aplicações das bandas TM e ETM dos satélites LANDSAT 5 e 7
Resolução espectral ( $\mu\text{m}$ )	Banda 1: 0,45 - 0,52	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
	Banda 2: 0,52 - 0,60	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
	Banda 3: 0,63 - 0,6	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
	Banda 4: 0,76 - 0,90	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com <i>pinus</i> e <i>eucalipto</i> . Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.
	Banda 5: 1,55 - 1,75	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
	Banda 6: 10,4 - 12,5	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
	Banda 7: 2,08 - 2,35	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.
Resolução espacial	30 m (bandas 1 a 5 e banda 7) 120 m (banda 6)	
Resolução radiométrica	256 níveis de cinza	
Dimensões de cada imagem	185 x 185 km	
Resolução temporal	16 dias	

Fonte: INPE

A Tabela 3 apresenta os dados das imagens orbitais utilizadas para a geração dos planos de informação de uso e cobertura do solo.

**Tabela 3:** descrição das imagens orbitais utilizadas para a construção dos planos de informações.

Sensor	Sceneld	Cena	Órbita	Ponto	Passagem	Q1,2,3,4
TM	L5TM21507319850722	Norte	215	73	1985-07-22	20,40,10,20
TM	L5TM21507419850417	Central	215	74	1985-04-17	10,10,10,10
TM	L5TM21607519850323	Sul	216	75	1985-03-23	40,0,50,0
TM	L5TM21607419860630	Sul 2	216	74	1986-06-30	10,20,30,20
TM	L5TM21507319970605	Norte	215	73	1997-06-05	10,20,10,20
TM	L5TM21507419950803	Central	215	74	1995-08-03	10,20,0,10
TM	L5TM21607419970527	Sul 2	216	74	1997-05-27	10,0,20,10
TM	L5TM21607519960727	Sul	216	75	1996-07-27	0,0,0,0
TM	L5TM21507320060411.GLS	Norte	215	73	2006-04-11	0,0,0,0
TM	L5TM21507420060411.GLS	Central	215	74	2006-04-11	0,0,0,0
ETM	L7ETM21607420060528.GLS	Sul 2	216	74	2006-05-28	0,0,0,0
TM	L5TM21607520060605.GLS	Sul	216	75	2006-06-05	0,0,0,0
TM	L5TM21507320090622	Norte	215	73	2009-06-22	10,10,10,10
TM	L5TM21507420110527	Central	215	74	2011-05-27	0,10,20,40
TM	L5TM21607420110721	Sul 2	216	74	2011-07-21	60,50,20,10
TM	L5TM21607520110721	Sul	216	75	2011-07-21	10,10,0,0

### 5.3. Software

Foram utilizados os seguintes softwares para a execução das atividades do projeto:

- ESRI ArcGis 10.2 for desktop – utilizado para o georrefenciamento das imagens, pós processamento por edição vetorial e edição final dos mapas temáticos.
- INPE Spring 5.2.3 – utilizado para a classificação supervisionada das imagens (CAMARA et al, 1996)

Fragstats 4.1 – utilizado para o cálculo dos índices de estruturação da paisagem. (McGARIGAL et al,2012)

#### **5.4. Mapeamento de uso e cobertura do solo da região costeira do Espírito Santo**

Para a elaboração dos mapas de uso e cobertura de solo da área de estudo foram processadas separadamente todas as cenas. Após a classificação individual de cada cena procedeu-se com a criação dos mosaicos e posterior tratamento para confecção dos mapas finais. As etapas envolvidas no processo de construção dos mapas de uso e cobertura do solo são apresentadas a seguir:

##### **5.4.1. Pré-processamento das imagens**

O georeferenciamento das imagens orbitais foi executado no ambiente ArcMap 10.2, utilizando como base para a correção o conjunto de Imagem ortoretificadas GLS Landsat 5 de 2006 disponibilizadas pelo DGI-INPE.

As bandas 1,2,3,4,5 e 7 foram primeiramente agrupadas através da ferramenta *Composit Bands*, criando assim um único *Raster Dataset* composto pelas 6 bandas espectrais. A imagem composta pelas 6 bandas foi então georeferenciada tendo como base a imagem ortoretificada de 2006 utilizando a função *Georeferencing*.

Após o georeferenciamento as cenas foram recortadas utilizando a função *Extract by Mask*, tendo como mascara um polígono que delimita a área de estudo. A imagem (com resolução de 30 metros e formato .tiff) recortada foi então exportada para o ambiente Spring para posterior classificação supervisionada.

##### **5.4.2. Definição das classes de uso e cobertura de solo**

Após o pré-processamento das imagens em ambiente ArcMap, procedeu-se com a importação dos *raster* para o software Spring 5.2.3.

Para a definição das classes de uso e cobertura do solo não foram realizadas missões de reconhecimento de campo, visto que o trabalho faz uma análise temporal da área de estudo. Dessa forma, foram utilizadas visualizações do Google Earth para maior resolução na visualização, bem como dados disponíveis no banco

de dados de mapeamentos do Instituto Jones do Santos Neves (IJSN, 2009) e validação contra mapa de uso da terra elaborado por IJSN para o ano de 2010, quanto às características dos alvos (textura e cor) nas imagens Landsat – 5.

Portanto, foram estabelecidas 12 classes de uso e cobertura do solo, seguindo o modelo estabelecido pelo mapeamento do IJSN, que são descritas a seguir:

- Afloramento rochoso – áreas onde os afloramentos rochosos apresentavam-se expostos. Bem definida na composição RGB 473, apresentando tom verde fluorescente fortemente marcado e textura uniforme após um processamento para melhoria de contraste através de manipulação do histograma.
- Área úmida – áreas onde o solo está potencialmente encharcado. Bem definida na composição RGB 473, apresentando tons roxo escuro esverdeado fortemente marcado (altamente encharcado), laranja ou verde fluorescente (pouco encharcado) e textura uniforme após um processamento para melhoria de contraste através de manipulação do histograma.
- Área urbana – áreas imobiliárias de qualquer porte e complexos industriais. Bem definida na composição RGB 743, apresentando tom rosa, com textura granulada após um processamento para melhoria de contraste através de manipulação do histograma.
- Corpo d'água – rios, lagos, e região marinha adjacente. Bem definida na composição RGB 743, apresentando tons de azul claro a quase preto, com textura uniforme após um processamento para melhoria de contraste através de manipulação do histograma.
- Cultura – regiões de plantio de culturas diversas. Bem definida na composição RGB 473, apresentando tom rosa claro e textura uniforme após um processamento para melhoria de contraste através de manipulação do histograma.
- Floresta – compreende quaisquer fragmentos florestais, englobando floresta natural primária e secundária média e avançada. Bem definida na composição RGB 473, apresentando tom de marrom avermelhado escuro, com textura granulada após um processamento para melhoria de contraste através de manipulação do histograma.

- Mangue – Florestas de mangue. Bem definida na composição RGB 473, apresentando tom de marrom avermelhado escuro, com textura homogênea após um processamento para melhoria de contraste através de manipulação do histograma.
- Pastagem – áreas de pastagem ou vegetação rasteira. Bem definida na composição RGB 473, apresentando tom de azul esverdeado claro, com textura homogênea após um processamento para melhoria de contraste através de manipulação do histograma.
- Praia – linhas de praia. Bem definida na composição RGB 473, apresentando tom branco ou bege, com textura homogênea após um processamento para melhoria de contraste através de manipulação do histograma.
- Restinga. Vegetação de restinga em diversos estágios. Bem definida na composição RGB 473, apresentando tom de marrom avermelhado escuro salpicado de branco ou bege, com textura granulada após um processamento para melhoria de contraste através de manipulação do histograma.
- Silvicultura – floresta plantada. Bem definida na composição RGB 473, apresentando tom de marrom avermelhado claro, com textura muito homogênea após um processamento para melhoria de contraste através de manipulação do histograma.
- Solo exposto – áreas de solo naturalmente exposto e áreas de solo exposto por agricultura ou indústria (silvicultura). Bem definida na composição RGB 743, apresentando tons de roxo claro ou roxo azulado claro, com textura homogênea após um processamento para melhoria de contraste através de manipulação do histograma.

#### 5.4.3. Segmentação e tomada das amostras de treinamento

O processo de segmentação é o passo anterior à classificação supervisionada por regiões. Para a segmentação das imagens utilizou-se o algoritmo de segmentação por crescimento de regiões, uma técnica de agrupamento de dados, onde somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas.

Na segmentação de imagens, a classificação estatística *pixel a pixel* que se baseia apenas nos atributos espectrais do alvo é substituída pela análise de um conjunto de *pixels* contíguos que se espalham bidireccionalmente e que apresentam uniformidade; extraindo-se assim não apenas as características espectrais, mas também a relação espacial de objetos/alvos (INPE, 2012).

A segmentação por Crescimento de Regiões é um processo que inicialmente rotula cada *pixel* como uma região distinta. Através de um critério de similaridade cada par de região adjacente espacialmente são testados. O critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões, em seguida divide a imagem em um conjunto de sub-imagens e então realiza a união entre elas, segundo um limiar de agregação definido.

Para a união de duas regiões A e B vizinhas, deve-se adota-se o seguinte critério:

- A e B são similares (teste das médias);
- a similaridade satisfaz o limiar estabelecido;
- A e B são mutuamente próximas (dentre os vizinhos de A, B é a mais próxima, e dentre os vizinhos de B, A é a mais próxima).

Se A e B satisfazem os critérios acima, estas regiões são agregadas, caso contrário, o sistema reinicia o processo de teste de agregação.

A segmentação utilizada para as imagens foram testadas até atingir uma resolução ideal de separação de alvos. Dessa forma foi estabelecido os valores de Similaridade 9 e Área 100 (agrupamento mínimo de 100 *pixels*), testados sobre as 6 bandas do satélite LANDSAT – 5, com suavização de bordas. Para a tomada de amostras de treinamento foram utilizados os polígonos segmentados sobre as imagens de satélites. As amostras foram escolhidas conforme estabelecido na descrição das classes de uso e cobertura do solo. Foram levantadas amostras ao longo de toda a imagem, contendo pelo menos 10 polígonos por classe a ser classificada.

#### 5.4.4. Aplicação do algoritmo de classificação supervisionada

Para a classificação das imagens orbitais foi utilizado o algoritmo de classificação supervisionada Bhattacharya que mede através da distância Battacharya a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, ou seja, distância média entre as distribuições de probabilidades dessas classes para agrupar regiões. Este classificador utiliza como treinamento os objetos gerados na fase de segmentação (INPE, 2012).

A distância Battacharya é calculada através da seguinte expressão (BRITES et al, 2012):

$$B(p_i, p_j) = \frac{1}{2} (m_1 - m_2)^T \Sigma (m_i + m_j) + \frac{1}{2} \ln \frac{|\Sigma(m_i - m_j)|}{|\Sigma_i|^{1/2} |\Sigma_j|^{1/2}}$$

Onde: B = Distância de Battacharya

$p_i$  e  $p_j$  = pixels nas classes i e j

$m_i$  e  $m_j$  = média das classes i e j

T = Matriz transposta

Ln = logaritmo neperiano

i e j = classes dentro do contexto

Brites et al (2012) ressalta que a distância Battacharya não é uma distância euclidiana (distância matemática entre dois pontos), trata-se de uma distância calculada a partir da análise das médias e das covariâncias das amostras.

#### 5.4.5. Tratamento e pós-classificação

Como o classificador utilizado é um classificador por regiões, utilizando polígonos oriundos da segmentação como unidade básica, não foi necessário a aplicação de filtros (como o de média) para retirada de ruídos do tipo “sal e pimenta”, comuns em classificadores do tipo “pixel a pixel” como o Máxima verossimilhança (MAXVER). Dessa forma a eliminação das inconsistências oriundas de confusões entre classes foi removida através de edição vetorial no ArcMap 10.2. Sendo assim, por exemplo,

polígonos classificados como praia, ou mangue, que estivessem distantes da linha de costa foram reavaliados visualmente para enquadramento na classe correspondente.

#### 5.4.6. Mapa de uso e cobertura de solo

A elaboração final dos mapas de uso e cobertura do solo foi executada também no software ArcMap 10.2. Para tanto, procedeu-se com a elaboração de um mosaico com os produtos finais da classificação das quatro imagens de cada período da série temporal, com posterior edição do mapa final.

### **5.5. Descrição quantitativa da estrutura da paisagem da região costeira do Espírito Santo.**

Através da elaboração do mapa de uso e cobertura do solo foi possível aplicar os índices de estruturação da paisagem através do software Fragstats 4.1. O Fragstats analisa a estrutura da paisagem através de índices métricos que estão divididos em três grupos: índices a nível de Fragmento, índices a nível de classe, e índices a nível de paisagem (McGARIGAL, CUSHMAN e ENE, 2012).

Para o presente trabalho foram utilizados índices a nível de classe e paisagem, visto que a motivação do estudo é a caracterização/diagnóstico da paisagem como um todo, segundo o conceito do Planejamento da Paisagem (*landscape planning*) proposto por Leitão e Ahern (2002), levando-se em consideração os recursos ABC sobre o ponto de vista do planejamento sustentável.

#### 5.5.1. Medias de estruturação da paisagem aplicadas

Com o intuito de analisar a paisagem costeira do Espírito Santo, sobre a ótica do Planejamento Espacial da Paisagem foi utilizado o conjunto de métricas proposto por Leitão et al (2006).

Todas as métricas disponíveis foram computadas no software Fragsstats 4.1, a nível de mancha, classe e paisagem. As métricas selecionadas para a análise são descritas a seguir (Tabela 4):

**Tabela 4:** Métricas da paisagem a nível de classe utilizadas no estudo segundo conjunto de métricas propostas para aplicações em planejamento espacial (LEITÃO et al, 2006; McGARIGAL, 2014; LANG e BLASCHKE, 2009).

Métrica	Abrev/ Unidade	Descrição	Formula	Onde:
<b>Porcentagem da Paisagem</b>	PLAND %	Quantifica o percentual de cada classe presente na paisagem	$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$	$P_i$ = proporção da paisagem ocupada pelo tipo de mancha (classe) $i$ ; $a_{ij}$ = área (m <sup>2</sup> ) da mancha $ij$ ; $A$ = área total da paisagem (m <sup>2</sup> );
<b>Área da Classe</b>	CA Hectare	Quantifica a área ocupada por cada classe	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left( \frac{1}{10.000} \right)$	
<b>Número de Manchas</b>	NP Unidade	Quantifica o número de manchas presentes em cada classe	$NP = n_i$	$n_i$ = número de manchas na paisagem pertencentes ao tipo de mancha (classe) $i$ .
<b>Tamanho da Mancha</b>	AREA-MN Hectare	Quantifica o tamanho médio das manchas de mesma classe	$AREA - MN = \frac{\sum_{j=1}^n h_{ij}}{n_i}$	$h_{ij}$ = distância (m) da mancha $ij$ para a mancha vizinha mais próxima de mesmo tipo (classe);
	AREA-AM Hectare	Quantifica o tamanho médio das manchas de mesma classe ponderado pela área	$AREA - AM = \sum_{j=1}^n \left[ \frac{a_{ij}}{N} \left( \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$	
<b>Índice de Forma</b>	SHAPE-AM Adimensional	Quantifica a relação entre o perímetro de uma mancha e o perímetro de uma mancha padrão (quadrado) de mesma área	$SHAPE - AM = \sum_{j=1}^n \left[ \frac{p_{ij}}{\min p_{ij}} \left( \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$	$p_{ij}$ = perímetro da mancha $ij$ relacionado ao perímetro dos <i>pixels</i> ; Min $p_{ij}$ = perímetro mínimo de mancha $ij$ relacionado ao perímetro dos <i>pixels</i> ;
<b>Distância euclidiana do vizinho mais próximo</b>	ENN-MN metro	Mede a distância média entre duas manchas em uma paisagem	$ENN - MN = \frac{\sum_{j=1}^n h_{ij}}{n_i}$	
<b>Índice de Proximidade</b>	PROX-NM	Mede a agregação de manchas a partir de uma distância focal	$PROX - MN = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \frac{a_{ijs}}{b^2_{ijs}}}{n_i}$	$a_{ijs}$ = área (m <sup>2</sup> ) da mancha $ijs$ em uma vizinhança especificada (m) da mancha $ij$ $h_{ijs}$ = distância (m) entre a mancha $ijs$ a outra mancha $ijs$ , baseada na distância de borda

**Tabela 5:** Métricas a nível de mancha utilizadas no estudo segundo conjunto de métricas propostas para aplicações em planejamento espacial (LEITÃO et al, 2006; McGARIGAL, 2014; LANG e BLASCHKE, 2009).

<b>Métrica</b>	<b>Abrev.</b>	<b>Descrição</b>	<b>Formula</b>	<b>Onde:</b>
<b>Área da Mancha</b>	ÁREA	Mede a área de manchas individuais	$AREA = a_{ij} \left( \frac{1}{10.000} \right)$	$a_{ij}$ = área (m <sup>2</sup> ) da mancha ij;
<b>Índice de Forma</b>	SHAPE	Quantifica a relação entre o perímetro de uma mancha e o perímetro de uma mancha padrão (quadrado) de mesma área	$SHAPE = \frac{0.25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}}$	$p_{ij}$ = perímetro (m) da mancha ij
<b>Índice de Proximidade</b>	PROX	Mede a agregação de manchas a partir de uma distância focal	$PROX = \sum_{s=1}^n \frac{a_{ijs}}{b_{ijs}^2}$	$a_{ijs}$ = área (m <sup>2</sup> ) da mancha ijs em uma vizinhança especificada (m) da mancha ij $b_{ijs}$ = distância (m) entre a mancha ijs a outra mancha ijs, baseada na distância de borda

## **6. RESULTADOS**

### **6.1. Análise temporal do uso e ocupação do solo**

A evolução da paisagem costeira do Espírito Santo foi avaliada através de uma série temporal de mapas de Uso e Cobertura do Solo, construídos a partir da classificação supervisionada de um conjunto de imagens orbitais TM Landsat – 5 de diferentes datas. As datas de cada imagem, bem como suas características podem ser observadas no item 4.2.1.1. Foram considerados 12 tipos de UCS, buscando assim classificar de forma mais fidedigna possível a região costeira do estado. Os tipos de UCS (Unidades de conservação) determinados foram: afloramento rochoso, área úmida, área urbana, corpo d'água, cultura, floresta, mangue, pastagem, praia, restinga, silvicultura e solo exposto. Os critérios e definições de cada tipo de UCS encontram-se no item 4.2.3.2.

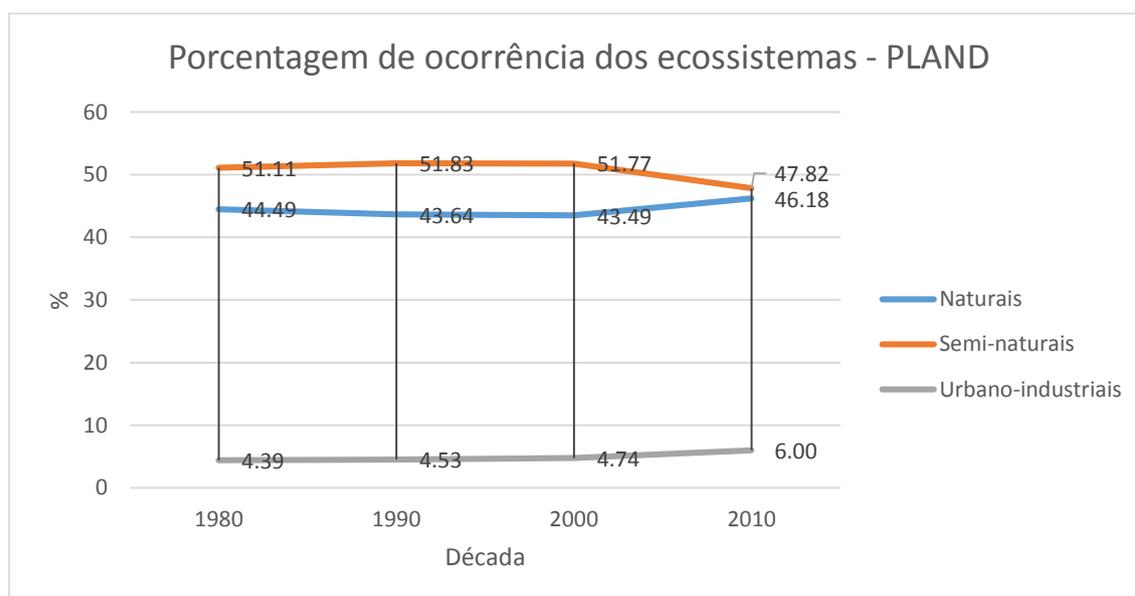
A evolução temporal será apresentada então por década, onde entende-se como: Década de 1980 – mapa de UCS construído através de um conjunto de imagens orbitais dos anos de 1985 e 1986; Década de 1990 – mapa de UCS construído através de um conjunto de imagens orbitais dos anos de 1995, 1996 e 1997; Década de 2000 – mapa de UCS construído através de um conjunto de imagens orbitais dos anos de 2006; e Década de 2010 – mapa de UCS construído através de um conjunto de imagens orbitais dos anos de 2009 e 2011. A escolha dos anos das imagens teve como critério a menor cobertura de nuvens e a proximidade entre datas. Da mesma forma que para a paisagem atual, foram considerados 12 tipos de UCS.

Na Tabela 6 e Figura 5 a paisagem costeira do Espírito Santo é apresentada através dos índices de estruturação da paisagem PLAND (porcentagem da paisagem) e CA (Área da Classe), tendo como base a classificação proposta por Odum (1988) que divide a paisagem em sistemas naturais, semi-naturais e urbano industriais. Como ecossistemas naturais foram consideradas as classes Afloramento Rochoso, Área Úmida, Corpo D'água, Floresta, Mangue, Praia e Restinga; como ecossistemas

semi-naturais as classes Cultura, Pastagem, Silvicultura e Solo Exposto; e por fim como ecossistema urbano industrial foi considerado a classe Área Urbana.

**Tabela 6:** Proporção entre os sistemas naturais, semi-naturais e urbano industriais ao longo das 4 décadas de estudo. PLAND – porcentagem da paisagem; CA – Área da Classe.

Sistema	Década de 1980		Década de 1990		Década de 2000		Década de 2010	
	PLAND (%)	CA (ha)						
Natural	44.49	269582.04	43.64	264535.56	43.49	263511.72	46.18	280297.17
Semi-natural	51.11	309685.14	51.83	314165.70	51.77	313734.51	47.82	290246.40
Urbano-industrial	4.39	26608.77	4.53	27486.63	4.74	28715.85	6.00	36389.34



**Figura 5:** Porcentagem de ocorrência das dos ecossistemas naturais, semi-naturais e urbano-industriais.

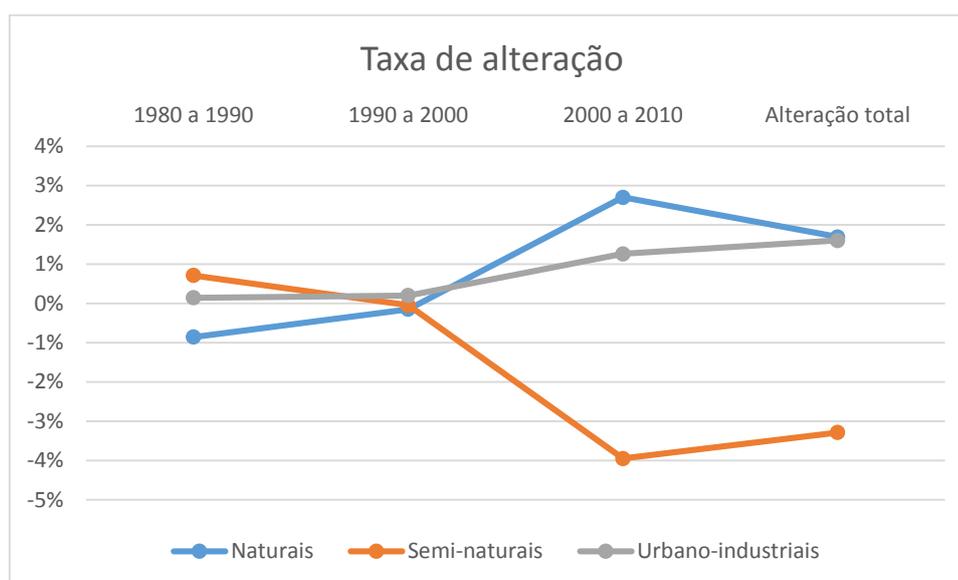
Os ecossistemas naturais ocupam atualmente 46,18% da paisagem analisada, em uma área total de 280297,17 hectares. Ao longo do período analisado percebe-se uma leve variação na proporção dos ecossistemas naturais, onde entre as décadas de 1990 e 2000 são observados os menores valores, respectivamente 43,64% e 43,49%. Os ecossistemas semi-naturais dominam a paisagem costeira do Espírito Santo, ocupando 47,82% da cobertura atual da região. Valores acima de 50% são observados entre as décadas de 1980 e 2000. O sistema urbano-industrial apesar de pouco expressivo, experimenta um incremento de área progressivo e gradual ao

longo do tempo, passando de 4,39% de ocorrência na década de 1980, para 6,00% nos dias atuais, totalizando 36389,34 hectares ocupados.

A evolução e mudança entre os tipos de ecossistemas podem ser melhor observadas a partir da Tabela 7 e Figura 6, que demonstram as taxas de alteração (tempo final – tempo inicial) entre as décadas para cada tipo de ecossistema.

**Tabela 7:** taxa de alteração dos sistemas naturais, semi-naturais e urbano-insdustriais, entre as décadas analisadas. Valores em porcentagem (%).

Sistemas	1980 a 1990	1990 a 2000	2000 a 2010	Alteração total
<b>Naturais</b>	-0.86	-0.15	2.70	1.69
<b>Semi-naturais</b>	0.71	-0.05	-3.95	-3.29
<b>Urbano-industriais</b>	0.14	0.20	1.26	1.60



**Figura 6:** Taxa de alteração entre os sistemas naturais, semi-naturais e urbano-industrial

Os ecossistemas naturais sofreram uma diminuição de 0.86% entre as décadas de 1980 e 1990 e 0,15% entre as décadas de 1990 e 2000, recuperando-se aos poucos nas décadas posteriores, atingindo um incremento de 1,69% de área em relação a década de 1980. Os sistemas semi-natuais experimentaram um aumento de 0,71% entre as décadas de 1980 e 1990, com déficits consecutivos de 0.05% e 3.95%, apresentando assim uma diminuição de 3.29% de área em relação à década de 1980. Gradativamente observa-se uma expansão do sistema urbano-industrial,

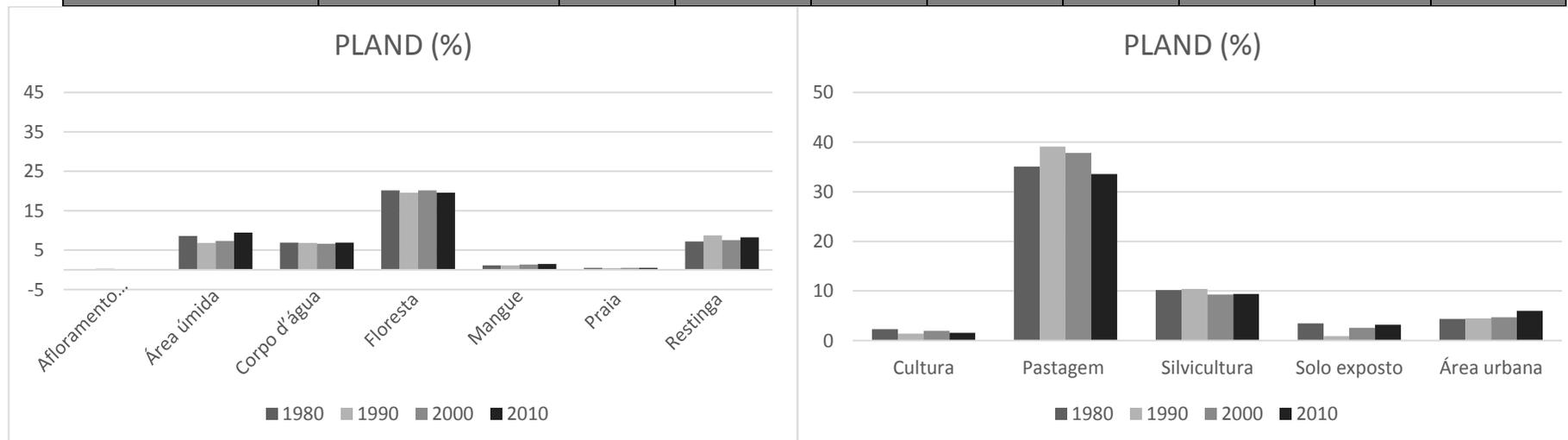
requerendo cada vez mais espaço das classes que o circundam. Entre as décadas de 1980 e 2010 foram somados 1,60% de área, representando um aumento de 9780,60 hectares.

Sobre o ponto de vista do Uso e Ocupação do Solo, a paisagem costeira do Espírito Santo delimitada neste estudo como uma *buffer* de 10 km a partir da linha de costa do estado (incluindo algumas reentrâncias de baías e estuários) apresenta um padrão bastante heterogêneo de distribuição e composição, como pode ser observado na Tabela 8 e Figuras 7, 8, 9 e 10 quem apresenta para cada classe analisada os índices de estruturação da paisagem PLAND e CA.

Para uma melhor visualização, o litoral foi dividido em três áreas, a saber :litoral norte, litoral central e litoral sul. Essa divisão não possui referência com as delimitações legais e políticas do Espírito Santo. Compõe a subdivisão litoral norte parte dos municípios de Conceição da Barra, São Mateus, Jaguaré e Linhares; o litoral central compreende parte dos municípios de Aracruz, Ibraçu, Fundão, Serra, Santa Leopoldina, Vitória, Cariacica, Viana, Vila-Velha e Guarapari; e o litoral sul é composto por parte dos municípios de Anchieta, Iconha, Piúma, Rio Novo do Sul, Itapemirim, Marataízes e Presidente Kennedy.

**Tabela 8:** Uso e ocupação do solo para as décadas de 1080, 1990, 2000 e 2010. PLAND – PORCENTAGEM DA PAISAGEM; CA – ÁREA DA CLASSE.

Sistemas	Classe de UCS	Área Década de 1980		Área Década de 1990		Área Década de 2000		Área Década de 2010	
		PLAND (%)	CA (ha)						
Naturais	Afloramento rochoso	0.1	631.1	0.3	1963.8	0.1	553.1	0.1	819.4
	Área úmida	8.6	52263.8	6.8	41182.4	7.3	44357.6	9.4	56999.3
	Corpo d'água	6.9	41623.4	6.8	41057.7	6.6	39910.6	6.9	41633.4
	Floresta	20.1	121721.7	19.6	118534.1	20.1	122098.8	19.6	119250.7
	Mangue	1.1	6586.7	1.1	6805.6	1.3	8022.9	1.5	8885.5
	Praia	0.5	3091.7	0.4	2533.7	0.5	2989.9	0.5	3207.5
	Restinga	7.2	43663.8	8.7	52458.3	7.5	45579.0	8.2	49501.4
Semi-naturais	Cultura	2.3	13761.0	1.4	8427.0	2.0	12391.5	1.6	9936.5
	Pastagem	35.1	212917.0	39.1	236717.6	37.8	228936.7	33.6	203875.6
	Silvicultura	10.2	61822.0	10.4	63334.9	9.3	56627.6	9.4	57314.3
	Solo exposto	3.5	21185.2	0.9	5686.2	2.6	15778.7	3.2	19120.1
Urbano-Industriais	Área urbana	4.4	26608.8	4.5	27486.6	4.7	28715.9	6.0	36389.3



**Figura 7:** Evolução do índice PLAND ao longo das décadas analisadas.

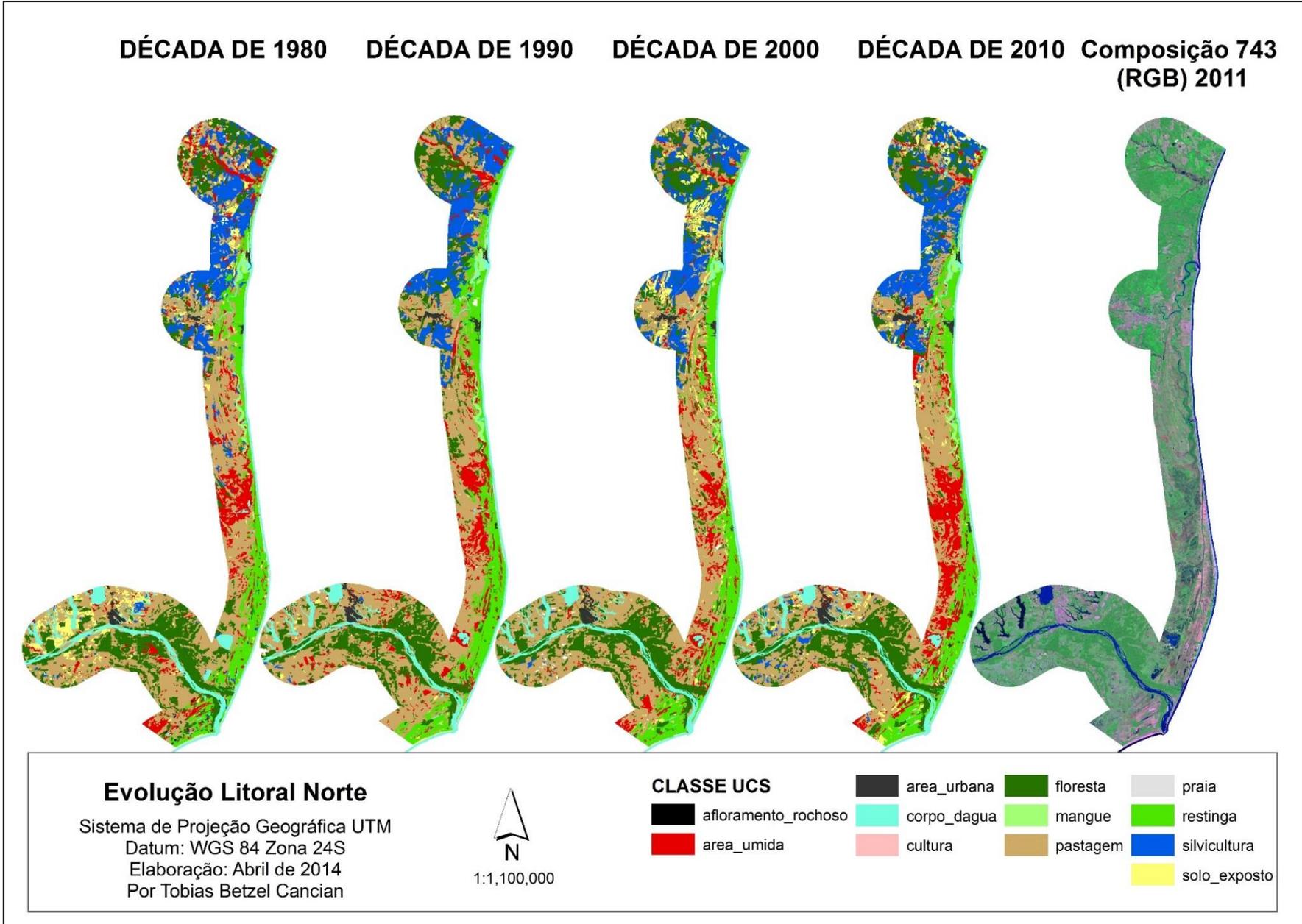
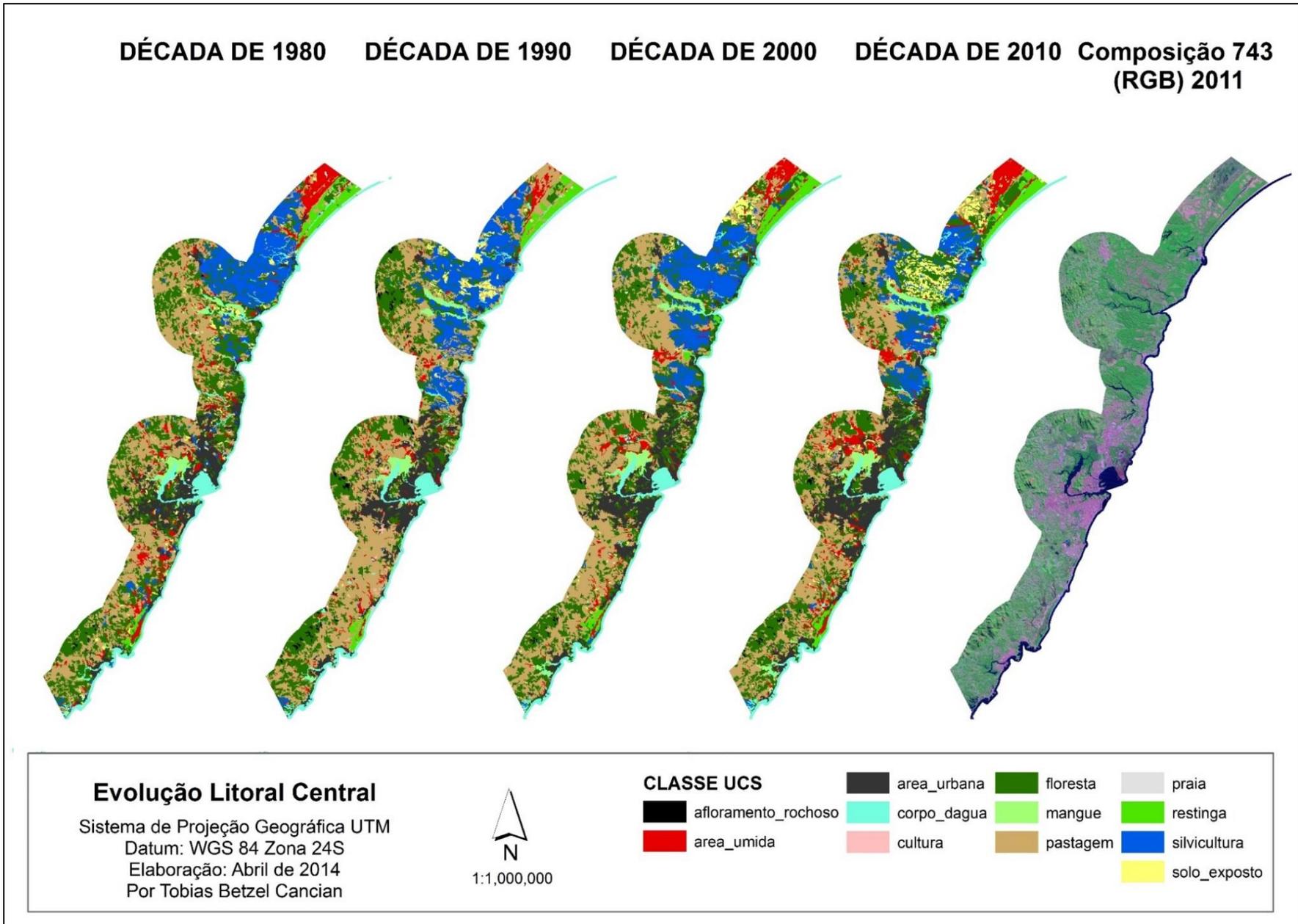
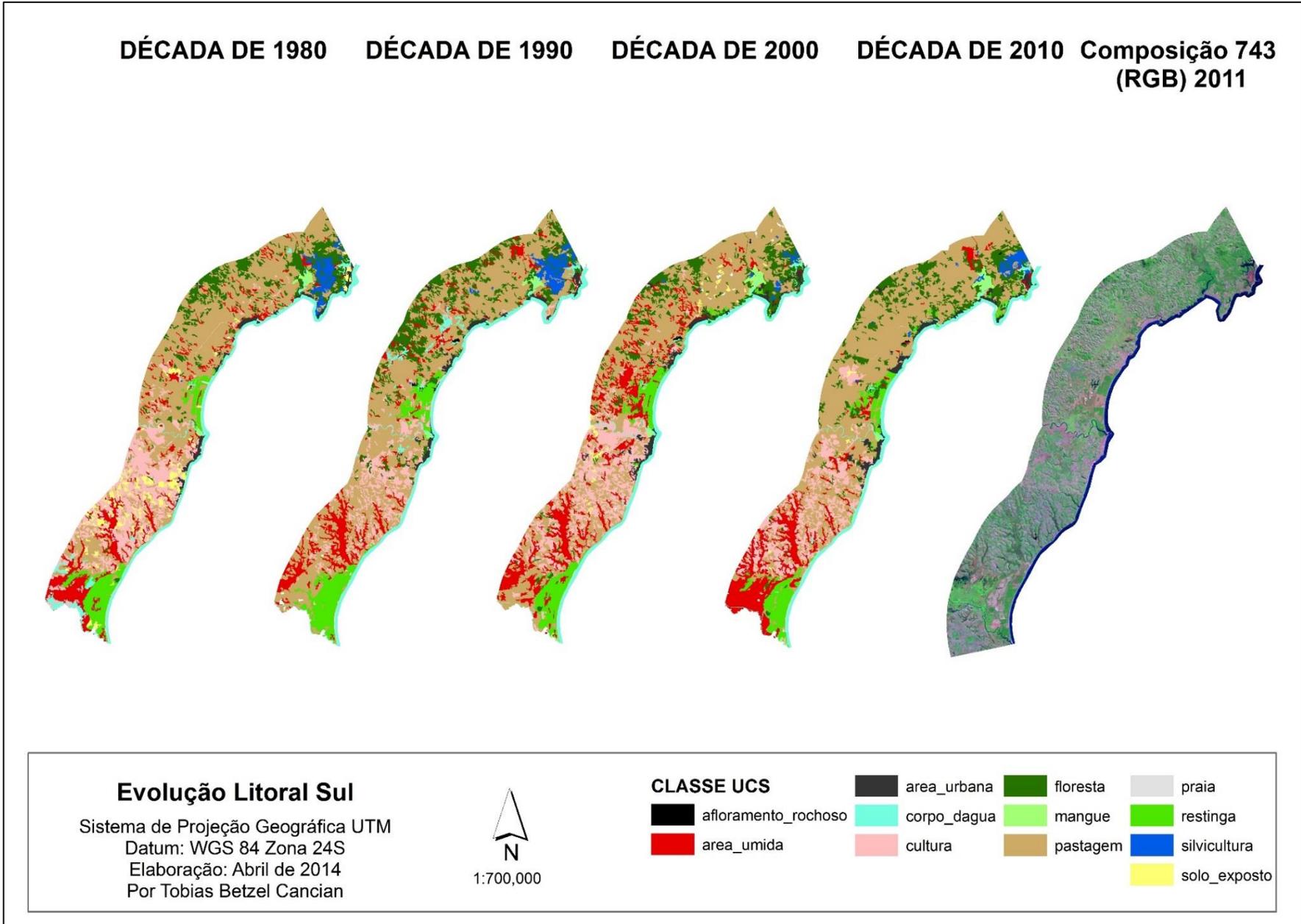


Figura 8: evolução do Uso e Ocupação do Solo na região costeira do Espírito Santo entre as décadas de 1980 e 2010 para a região Norte.



**Figura 9:** Evolução do Uso e Ocupação do Solo na região costeira do Espírito Santo entre as décadas de 1980 e 2010 para a região Central



**Figura 10:** evolução do Uso e Ocupação do Solo na região costeira do Espírito Santo entre as décadas de 1980 e 2010 para a região sul

Dos ecossistemas naturais, Floresta é a classe mais abundante, apresentando atualmente área de 119.250,7 hectares ( $CA_{\text{Floresta2010}}$ ), que representam 19,60% da cobertura total da área de estudo ( $PLAND_{\text{Floresta2010}}$ ). Ao longo do tempo a classe Floresta apresentou leves alterações, resultado em uma perda de 0,43% de área. As áreas úmidas apresentaram as maiores flutuações ao longo do período estudado. Na década de 1980 ocupavam uma área de 52.263,8 hectares ( $CA_{\text{ÁreaÚmida1980}}$ ), correspondente a 8,6% da cobertura total ( $PLAND_{\text{ÁreaÚmida1980}}$ ); atualmente a área ocupada é de 9,4%, ( $PLAND_{\text{ÁreaÚmida2010}}$ ) representando 56.999,3 hectares ( $CA_{\text{ÁreaÚmida2010}}$ ). As áreas de restinga, distribuídas ao longo de toda a linha de costa, ocupam uma área de 49.501,4 hectares ( $CA_{\text{Restinga2010}}$ ), representando 8,2% da área total ( $PLAND_{\text{Restinga2010}}$ ) mantendo-se praticamente constante ao longo do período estudado. Localizado em estuários e baías, os ecossistemas manguezais possuem localização bem definida e ocupam 1,5% do território ( $PLAND_{\text{Mangue2010}}$ ). Ao longo do tempo os manguezais do Espírito Santo vêm aumentando em área, em um incremento de 2.298,9 hectares desde a década de 1980. Os afloramentos rochosos e praias foram pouco representativos em relação à escala de mapeamento e correspondem a 0,1% e 0,5% respectivamente da área total ( $PLAND_{\text{Afloramento2010}}$  e  $PLAND_{\text{Praia2010}}$ ).

A classe Pastagem é o sistema semi-natural mais abundante, sendo ainda o tipo de uso e cobertura do solo que ocorre em maior proporção na paisagem costeira ( $PLAND_{\text{Pastagem2010}} = 33.6\%$ ), ocupando atualmente 203.875,6 hectares ( $CA_{\text{Pastagem2010}}$ ). Ao longo do período analisado a classe pastagem vêm perdendo território, sendo gradativamente substituída por outros tipos de UCS. Na década de 1980 a classe pastagem ocupava 35,1% ( $PLAND_{\text{Pastagem1980}}$ ) da região costeira ( $CA_{\text{Pastagem1980}} = 212.917,0$  hectares). A classe Silvicultura é a segunda mais abundante entre os sistemas semi-naturais e está diretamente relacionada com a atividade industrial da região costeira. As áreas de silvicultura mantiveram uma proporção em torno de 10% de área ocupada, entretanto, ao observamos as Figuras 8, 9 e 10 fica claro a rápida substituição entre as classes silvicultura, pastagem e área urbana relacionado ao ciclo de cultivo. Na década de 2010 a atividade comercial relacionada ao plantio principalmente de eucalipto ocupa uma área 57.314,3 hectares ( $CA_{\text{Silvicultura2010}}$ ). As regiões de solo exposto apresentaram devido

ao intenso uso da terra, principalmente relacionado à indústria de celulose, uma considerável variação em relação à área ocupada e a localização, apresentando uma proporção média de ocorrência de 2,5% na paisagem (média dos índices  $PLAND_{SoloExposto}$  ao longo do estudo). Localizada principalmente na região sul do litoral, a classe Cultura apresentou uma área máxima de 13.761,0 hectares na década de 1980 ( $CA_{Cultura1980}$ ), com pouca variação ao longo do tempo.

A classe Área Urbana (sistema urbano-industrial) apresentou um gradativo crescimento ao longo do tempo. Na década de 1980 as áreas urbanas ocupavam 4,4% ( $PLAND_{ÁreaUrbana1980}$ ) da paisagem, passando para 4,5% ( $PLAND_{ÁreaUrbana1990}$ ), 4,7% ( $PLAND_{ÁreaUrbana2000}$ ) e 6,0% ( $PLAND_{ÁreaUrbana2010}$ ) nas décadas seguintes. Entre as décadas de 1980 e 2010 a classe Área urbana apresentou um incremento de 9.780,5 hectares.

## **6.2. Análise da estruturação da paisagem costeira.**

### **6.2.1. Estruturação a nível de classe**

No tópico anterior a paisagem costeira foi apresentada em sua totalidade através de duas medidas de estruturação: PLAND (porcentagem da paisagem) e CA (área da classe); com a finalidade de caracterizar quantitativamente a evolução do uso e ocupação do solo no período analisado. Na Tabela 9 é apresentado um conjunto de medidas complementar para caracterização e estruturação da paisagem a nível de classe.

A estrutura analítica apresentada a seguir aborda os compartimentos da paisagem (ODUM, 1988), sobre o ponto de vista do desenvolvimento sustentável da paisagem (LEITÃO et al, 2006), que leva em consideração os recursos Bióticos, Culturais, Abióticos. Quanto aos recursos Bióticos, foram considerados relevantes os sistemas naturais compostos pelas classes Floresta, Restinga, Mangue e Áreas-úmidas; para os recursos Culturais foram considerados o sistema urbano-industrial composto pela classe Área Urbana e os sistemas semi-naturais Silvicultura, Cultura, Pastagem e

Solo-exposto; os recursos Abióticos representados pelas classes Afloramentos Rochosos e Corpos d'água não foram considerados, assim como a classe Praia.

**Tabela 9:** Medidas complementares de estruturação da paisagem. PLAND – PORCENTAGEM DA PAISAGEM; AREA\_MN – Área da mancha (média); AREA\_AM – Área da mancha (média ponderada por área); NP – número de manchas; ENN\_MN – Distância Euclidiana do Vizinho mais próximo (média); PROX\_MN – Índice de Proximidade (média); SHAPE\_AM – Índice de forma (média).

	Área			Agregação			Forma
	PLAND (%)	AREA_MN (ha)	AREA_AM (ha)	NP (adimensional)	ENN_MN (m)	PROX_MN (adimensional)	SHAPE_AM (adimensional)
<b>Floresta</b>	19,65	124,74	3.432,43	956	337,20	834,96	5,37
<b>Restinga</b>	8,16	252,56	6.654,69	196	357,60	2.314,74	6,24
<b>Mangue</b>	1,46	115,4	496,3	77	1.400,77	523,34	4,12
<b>Área úmida</b>	9,39	86,1	2.520,42	662	526,36	672,69	7,63
<b>Cultura</b>	1,64	86,4	411,75	115	315,09	420,10	4,56
<b>Pastagem</b>	33,59	256,45	11.698,2	795	249,01	4.410,60	10,82
<b>Silvicultura</b>	9,44	169,57	3.833,15	338	631,06	940,52	6,79
<b>Solo exposto</b>	3,15	53,26	335,92	359	823,84	124,84	3,56
<b>Área urbana</b>	6,00	249,24	5.438,8	146	932,60	1.518,75	8,44

Como observado no tópico, Floresta é a classe dominante entre os ecossistemas naturais ( $PLAND_{Floresta} = 19.65\%$ ), sendo portanto o recurso biótico mais representativo. Apresenta 956 fragmentos distribuídos na paisagem ( $NP_{Floresta}$ ), com tamanho médio de 124,74 ha ( $AREA\_MN_{Floresta}$ ) e média ponderada por área de 3.432,43 ha ( $AREA\_AM_{Floresta}$ ). O índice de agregação Distância Euclidiana do Vizinho mais Próximo ( $ENN\_MN_{Floresta}$ ) é de 337,20 metros, ao passo que o índice de proximidade ( $PROX\_MN_{Floresta}$ ) a uma distância focal de 1000 m é de 834,96. O índice de forma ( $SHAPE\_AM_{Floresta}$ ), que mede a complexidade do fragmento é de 5.37.

Apresentando menos da metade de ocorrência que a classe Floresta ( $PLAND_{Restinga} = 8,16\%$ ), a classe Restinga apresentou poucas manchas com NP de 196; entretanto a classe apresenta as maiores áreas de manchas, com  $AREA\_MN_{Restinga}$  de 252,56 ha e  $AREA\_AM_{Restinga}$  de 6654.69 ha. Os índices de agregação  $ENN\_MN_{Restinga}$  e  $PROX\_MN_{Restinga}$  apresentaram valores de 357.60 m e 2314.74 respectivamente. O índice  $SHAPE\_AM_{Restinga}$  que apresentou valor de 6,24.

Manguezais ocupam a menor porcentagem entre os sistemas naturais, com  $PLAND_{Mangue}$  de 1,46%, e a menor quantidade de manchas com  $NP_{Mangue}$  de 77; conseqüentemente, apresenta baixos valores de  $AREA_{MN_{Mangue}} = 115,4$  ha e  $AREA_{AM_{Mangue}} = 496,3$  ha. O valor de  $ENN_{MN_{Mangue}}$  é o maior observado 1.400,77 m, ao passo que  $PROX_{MN_{Mangue}} = 523,34$  é o menor entre os sistemas naturais. O índice  $SHAPE_{AM_{Mangue}}$  apresentou valor de 4,12, sendo o menor observado na paisagem para os ecossistemas naturais.

As Áreas Úmidas são frequentes na paisagem costeira devido à baixa declividade das planícies costeiras e das planícies de inundação de canais fluviais; dessa forma representam uma boa participação da paisagem, refletindo em um  $PLAND_{ÁreaUmida}$  de 9,39% e muitos fragmentos ( $NP_{ÁreaUmida} = 662$ ). Os tamanhos das manchas são variados, refletindo nos valores de  $AREA_{MN_{ÁreaUmida}}$  de 86,1 ha e  $AREA_{AM_{ÁreaUmida}}$  de 2.520,42 ha. Os índices de agregação foram de 526,36 m para  $ENN_{MN_{ÁreaUmida}}$  e 672,69 para  $PROX_{MN_{ÁreaUmida}}$ . O índice  $SHAPE_{AM_{ÁreaUmida}}$  apresentou valor de 7,63.

A classe Cultura foi a menos representativa dentre os sistemas semi-naturais apresentando  $PLAND_{Cultura}$  de 1,64%. Localizada principalmente na região sul da zona costeira, as áreas de cultura apresentaram poucas manchas ( $NP = 115$ ), com tamanho reduzido ( $AREA_{MN_{Cultura}} = 86,4$  ha e  $AREA_{AM_{Cultura}} = 411,75$  ha), possuindo forma relativamente simples ( $SHAPE_{AM_{Cultura}} = 4.56$ ), e relativamente próximas ( $ENN_{MN_{Cultura}} = 315,09$  m e  $PROX_{MN_{Cultura}} = 420,10$ ).

A classe Pastagem é o elemento que domina a paisagem costeira do estado, apresentando  $PLAND_{Pastagem}$  de 33,59%, distribuídos em 795 fragmentos ( $NP_{Pastagem}$ ). Esses fragmentos apresentam as maiores áreas ( $AREA_{MN_{Pastagem}} = 256,45$  ha e  $AREA_{AM_{Pastagem}} = 11.698,20$  ha), o maior  $SHAPE_{AM_{Pastagem}}$  (10,82). A distância euclidiana  $ENN_{MN_{Pastagem}}$  de 249,01 m é a menor entre as classes, ao passo que o índice  $PROX_{MN_{Pastagem}}$  de 4.410,60 é o maior.

A classe Silvicultura apresenta praticamente a mesma proporção que a classe Restinga ( $PLAND_{Silvicultura} = 9,44\%$ ), entretanto com mais fragmentos ( $NP_{Silvicultura} = 338$ ), o que reflete em áreas unitárias menores ( $AREA\_MN_{Silvicultura} = 169,57$  ha e  $AREA\_AM_{Silvicultura} = 3.833,15$  ha). Os fragmentos geralmente possuem forma complexa, apresentando  $SHAPE\_AM$  de 6,79; quanto à distribuição, apresentam-se relativamente pouco agregados e conectados ( $ENN\_MN_{Silvicultura} = 631,06$  e  $PROX\_MN_{Silvicultura} = 940,52$ ).

As áreas de Solo exposto apresentam uma área significativa na paisagem, apresentando  $PLAND_{SoloExposto}$  de 3,15%, distribuídos em 359 fragmentos ( $NP_{SoloExposto}$ ). Apesar de pequenos ( $AREA\_MN_{SoloExposto} = 53,26$  ha e  $AREA\_AM_{SoloExposto} = 335,92$  ha), os fragmentos de solo exposto são importantes para o desenvolvimento da paisagem por estarem diretamente ligados à classe Silvicultura e representarem um tipo de uso de solo extremamente frágil. As áreas de solo exposto possuem geralmente forma simples, apresentando  $SHAPE\_AM_{SoloExposto}$  de 3,56, possuindo também uma distribuição pouca agregada, refletida nos índices  $ENN\_MN_{SoloExposto}$  de 823,84 m e  $PROX\_MN_{SoloExposto}$  de 124,84.

As Áreas urbanas representam 6% da paisagem costeira ( $PLAND_{ÁreaUrbana}$ ), apresentando 146 fragmentos ( $NP_{ÁreaUrbana}$ ), de tamanho bastante variado ( $AREA\_MN_{ÁreaUrbana} = 249,24$  ha e  $AREA\_AM_{ÁreaUrbana} = 5438,8$  ha). Os índices de agregação  $ENN\_MN_{ÁreaUrbana}$  e  $PROX\_MN_{ÁreaUrbana}$  apresentaram valores de 932,6 m e 1518,75 respectivamente. A forma dos fragmentos são relativamente complexas, apresentando  $SHAPE\_AM_{ÁreaUrbana}$  de 8,44.

#### 6.2.2. Análise da paisagem a nível de fragmento

A análise a nível de fragmento focará nos recursos bióticos, sobre o ponto de vista do desenvolvimento sustentável da paisagem e tem como objetivo espacializar as observações feitas a nível de classe no tópico anterior. Dessa forma as classes Floresta, Mangue e Restinga serão analisadas quanto os índices AREA, SHAPE e PROX.

A figuras 11 apresenta o comportamento dos fragmentos florestais presentes na área de estudo.

## CLASSE FLORESTA

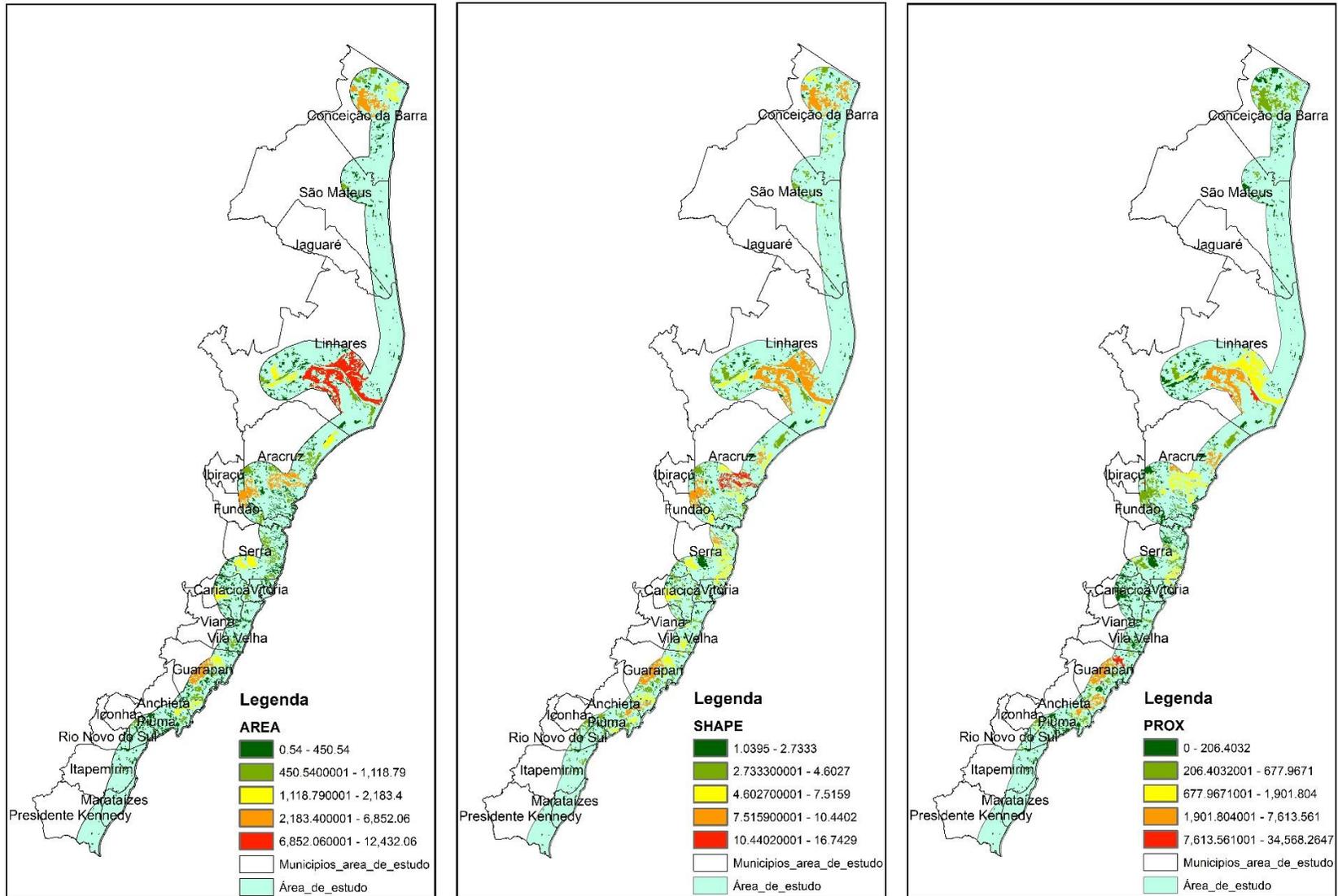


Figura 11: Comportamento dos fragmentos florestais em relação às métricas AREA, SHAPE e PROX.

Os remanescentes florestais são bem distribuídos ao longo de toda a costa capixaba. Entretanto apresentam-se em sua grande maioria em pequenos fragmentos. Os maiores fragmentos são observados ao longo da desembocadura do Rio Doce no município de Linhares, em ambas as margens. Fragmentos de tamanho significativo ainda podem ser observados distribuídos nos municípios de Conceição da Barra (extremo norte), Aracruz, Serra, Cariacica, Guarapari e Anchieta.

Fragmentos de forma complexa são comuns ao longo da paisagem costeira, principalmente devido ao processo de desmatamento; dessa forma muitos fragmentos florestais apresentam altos valores de SHAPE. O fragmento de forma mais complexa é observado no município de Aracruz, sendo este um fragmento composto por uma série de corredores florestais conectados, cercado de áreas de Silvicultura e Solo Exposto. Os maiores fragmentos presentes na paisagem são também os que possuem os maiores índices de forma, sendo indício que o desmatamento originou fragmentos extremamente recortados.

O índice de proximidade revela que a maioria dos fragmentos florestais encontra-se isolados. As manchas mais conectadas e/ou mais próximas de manchas grandes estão localizadas principalmente na foz do Rio Doce (Linhares), em Aracruz, Serra e Guarapari.

Cabe ressaltar que a relação entre tamanho e forma revela uma condição de remanescentes florestais altamente sensíveis a efeito de borda, com pouca área núcleo, o que denota, juntamente com a análise de proximidade entre fragmentos, que os remanescentes florestais são áreas frágeis, pouco conectados e isolados.

A figuras 12 apresentam o comportamento dos as áreas de restinga presentes na área de estudo.

## CLASSE RESTINGA

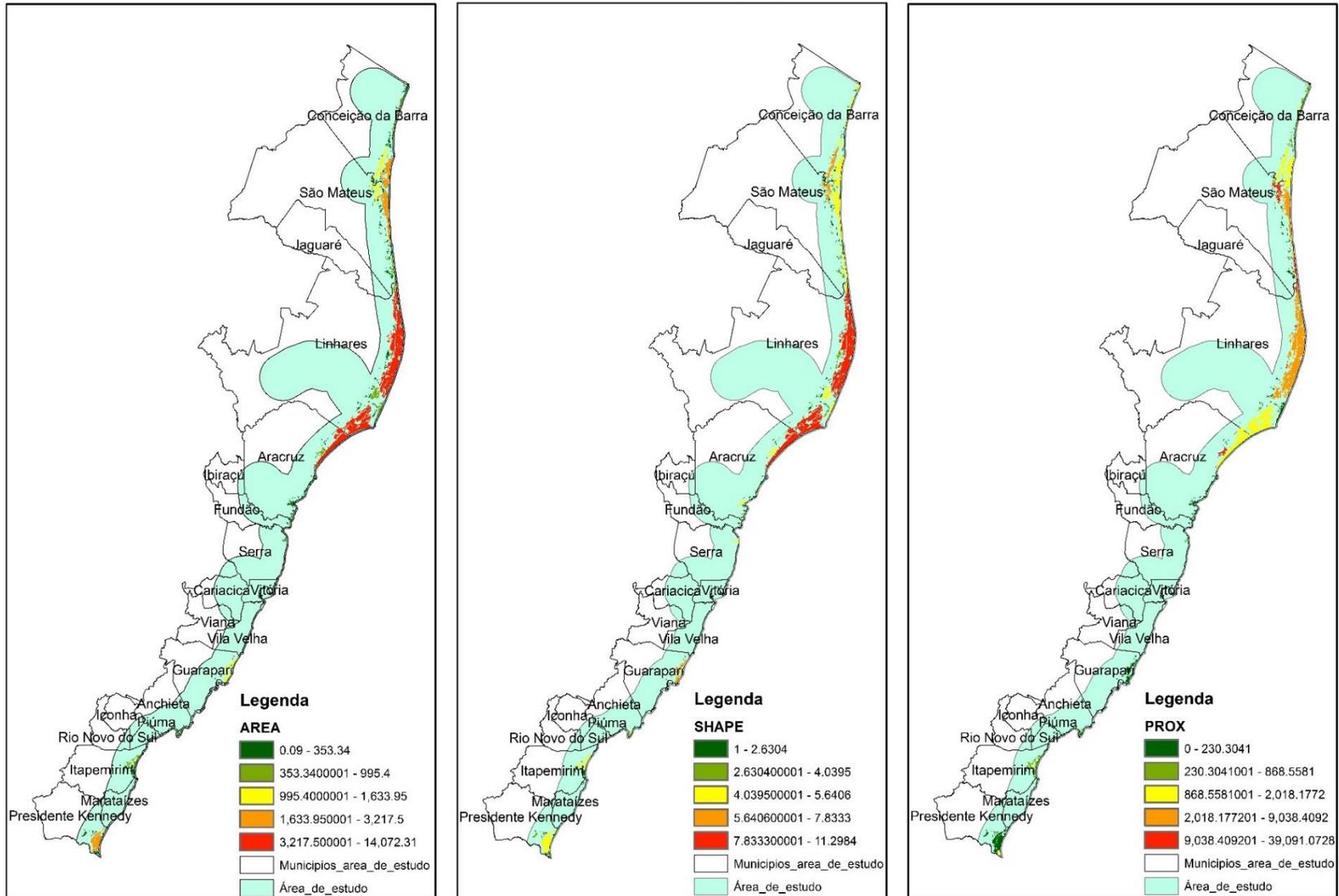


Figura 12: Comportamento das áreas de restinga em relação às métricas AREA, SHAPE e PROX

As áreas de restinga compostas de grandes fragmentos estão dispostas ao longo das planícies costeiras dos principais rios do estado. Os maiores fragmentos estão localizados nos municípios de Linhares e Aracruz, na planície deltaica do Rio Doce. Grandes fragmentos de restinga também podem ser observados entre os municípios de Conceição da Barra e São Mateus, na planície deltaica do rio São Mateus; e no município de Presidente Kennedy, na planície deltaica do Rio Itabapoana.

Devido as restingas serem feições condicionadas à abrangência da linha de costa, quanto maior a mancha, mais alongada a mesma tende a ser; dessa forma, os maiores valores de SHAPE são observados nas planícies deltaicas dos rios Doce, Itaúnas e Itabapoana.

Quanto ao índice de proximidade PROX, as manchas pequenas que estão próximas de manchas grandes sofrem influência do tamanho e conseqüentemente apresentam valores de PROX elevados. Sendo assim os maiores valores foram observados nas manchas localizadas na planície costeira do Rio Itaúnas, e em uma mancha no município de Aracruz. Da mesma forma, por estarem próximas de manchas de tamanho semelhantes mas manchas grandes da planície deltaica do Rio Doce e Rio Itaunas apresentaram valores elevados.

A figura 13 apresenta o comportamento dos ecossistemas manguezais presentes na área de estudo.

As regiões de manguezal estão bem encaixadas em estuários, dessa forma possuem grande isolamento entre as áreas núcleo; entretanto, em cada estuário os fragmentos são bastante conectados, com elevado índice de PROX.

Os maiores fragmentos de manguezais são observados na baía de Vitória, no Rio São Mateus, e no estuário do Rio Piraquê-Açu. O índice SHAPE é maior nos manguezais que seguem o curso do rio, como o Piraquê e o São Mateus; na região da Baía de Vitória por apresentar uma floresta de mangue com forma menos alongada, o índice de forma é ligeiramente menor.

## CLASSE MANGUE

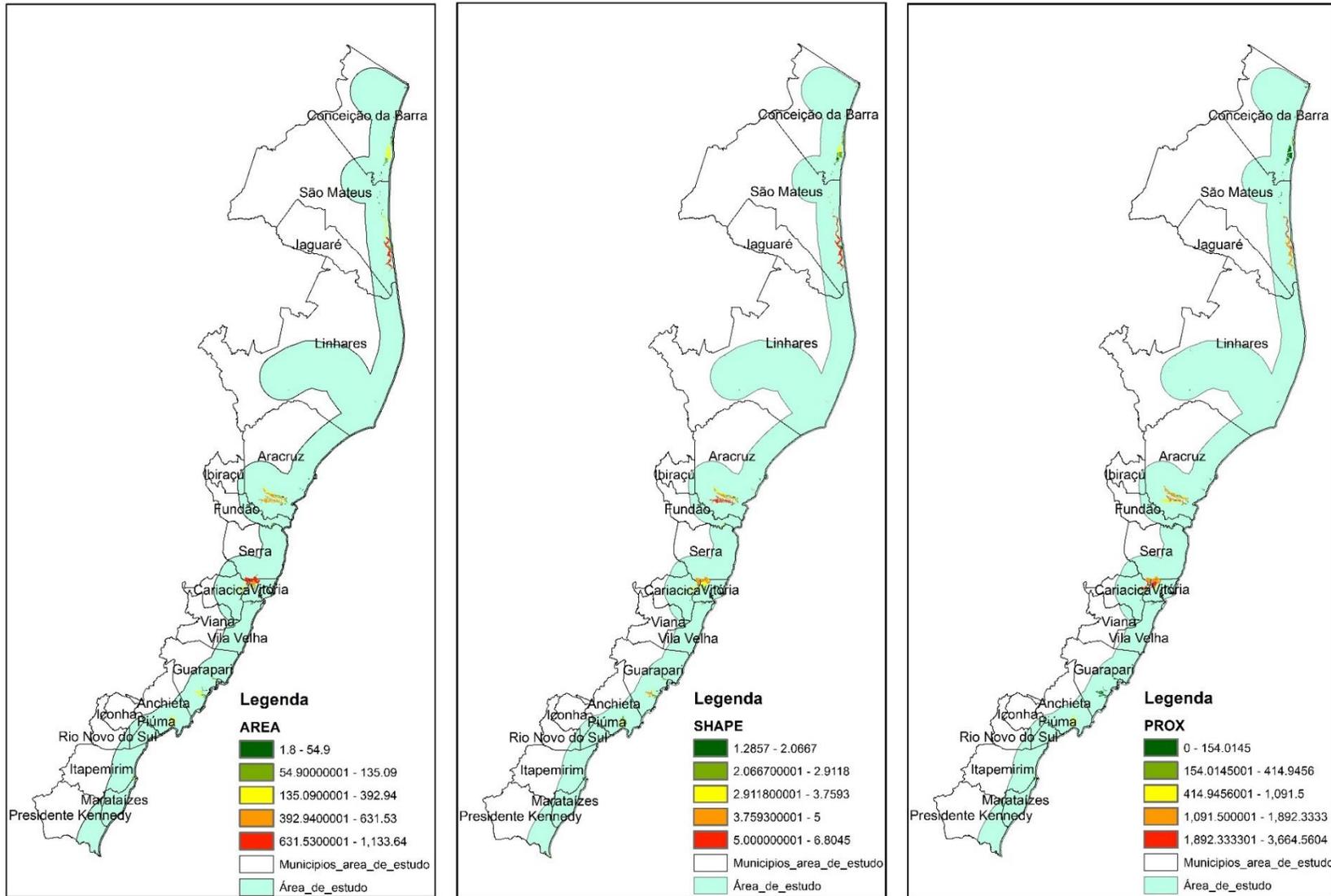


Figura 13: Comportamento dos ecossistemas manguezais em relação às métricas AREA, SHAPE e PROX

## 7. DISCUSSÃO

### 7.1. Análise do padrão de uso e ocupação da zona costeira capixaba.

A análise temporal de uso e ocupação da zona costeira do estado do Espírito Santo nas últimas três décadas revela uma quase equiparação entre os sistemas naturais e semi-naturais e uma predominância dos mesmos sobre o sistema urbano-industrial.

Buscando representar de forma mais fidedigna possível as características do litoral capixaba os tipos de uso e cobertura de solo foram agrupados em 12 categorias, sendo elas: Afloramento rochoso, área úmida, área urbana, corpo d'água, cultura, floresta, mangue, pastagem, praia, restinga, silvicultura e solo exposto. O uso e ocupação da paisagem costeira apresentou um padrão bastante heterogêneo quanto a distribuição e composição das classes, representado através das medidas de estruturação da paisagem PLAND e CA.

As classes Afloramento Rochoso, Corpo d'água, Floresta, Mangue, Praia e Cultura apresentaram pouca variação ao longo do período analisado; por outro lado, as classes Área Úmida, Restinga, Pastagem, Silvicultura e Solo Exposto apresentaram uma ligeira flutuação na proporção das classes. Três fatores principais levaram à flutuação entre as proporções das classes: 1 – a extensão das áreas úmidas é condicionada à pluviosidade da região, dessa forma durante o período seco há uma regressão das áreas úmidas e conseqüentemente um aumento das áreas de pastagem, o padrão é invertido em períodos chuvosos, onde áreas de pastagem são reclamadas pelas áreas úmidas; 2 – as áreas de restinga são de difícil delimitação e categorização, apresentando diversas fisionomias (Souza et. al, 2008), que pode gerar confusão na classificação entre mapeamento da classe Restinga e Pastagem nas regiões de cordões litorâneos pouco vegetados; 3 – as áreas de silvicultura, dominadas pelo plantio de eucalipto apresentam ciclo de vida de cultura de aproximadamente sete anos, ao longo do manejo, as áreas de silvicultura apresentam dependendo do estágio do plantio pode apresentar também características de solo exposto e pastagem.

Quanto à composição atual da paisagem costeira, a classe Pastagem é a mais abundante, apresentando 33,6% da cobertura total da área de estudo, seguido pela classe Floresta que apresentou 19,60%, e Silvicultura com 9,6%. Proporções semelhantes entre as classes foram observadas no mapeamento realizado por Lorena et al (2013), com a predominância das classes Pastagem (41,43%) e Floresta (21,48%) seguido de Cultura (18,70%) e Silvicultura (10,56%). Essa semelhança entre proporções pode ser explicada pela ausência de influência costeira sobre as classes e a vasta distribuição ao longo de todo território. Para a classe Cultura entretanto, a distribuição restrita apenas no litoral sul entre os municípios de Marataízes e Presidente Kennedy conferiu pouca participação na região costeira.

Os ecossistemas efetivamente costeiros apresentaram uma participação considerável no mosaico da área de estudo. As áreas úmidas representam 9,4% (56.999,3 ha) da área total e as áreas de restinga 8,2% (49.501,4 ha). Ecossistema manguezal e praia ocupam respectivamente 1,5% (8.885,5 ha) e 0,5% (3.207,5 ha) da área de estudo. No levantamento realizado pelo MMA através da publicação Panorama da Conservação dos Ecossistemas Costeiros e Marinhos do Brasil (MMA, 2010), apenas o ecossistema manguezal apresentou valores semelhantes, com 7.943 hectares. Como ilustração para a falta de padronização entre as definições dos ecossistemas costeiros, o que acarreta em diferenças metodológicas de pesquisa, as áreas de restinga segundo MMA (2010) apresentam apenas 1.427 hectares, ao passo que as dunas e praias apresentam respectivamente 10.174 ha e 15.371 ha. Se considerarmos Restinga, Duna e Praia apresentados por MMA (2010) como a classe Restinga do presente estudo teremos ainda metade da área mapeada.

Em relação à classe Área Urbana, cabe ressaltar que no mapeamento de Lorena et. al. (2013) representa apenas 1,53% da área do estado, ao passo que para o recorte de 10 km, representa 6%. O aumento da proporção em relação à diminuição da área analisada reforça o forte caráter antropogênico da região costeira marcado pelo

crescimento contínuo das áreas urbanas, que concentra a maior parte da população do estado.

## 7.2. Estruturação da paisagem costeira a nível de classe

### 7.2.1. Análise das classes Pastagem e Áreas Úmidas.

Pastagem segundo a definição de Forman e Godron (1986) pode ser considerada a matriz da paisagem costeira do Espírito Santo. Além de apresentar a maior proporção entre as classes ( $PLAND_{Pastagem} = 33,6\%$ ), Pastagem apresenta os maiores fragmentos ( $AREA\_AM_{Pastagem} = 11.698,2$  ha e  $AREA\_MN_{Pastagem} = 256,45$  ha), com alta conectividade funcional e estrutural (menor valores de  $ENN\_MN$  e maior valor de  $PROX\_MN$ ), apresentando ainda formas complexas (alto  $SHAPE\_AM$ ). Dessa forma, a classe pastagem desempenha papel de destaque no que diz respeito ao funcionamento da paisagem, por ser o meio pelo qual transitam os fluxos de matéria e energia ao longo do mosaico.

As áreas úmidas são muito frequentes na região costeira devido à baixa declividade, principalmente nas áreas de planícies fluviais. Apesar de em algumas áreas ocorrerem em grandes manchas ( $AREA\_AM_{Área\ úmida} = 2.520,42$  ha), as áreas úmidas apresentam uma grande quantidade de pequenos fragmentos ( $AREA\_MN_{Área\ úmida} = 86,1$  ha); esses fragmentos estão intimamente ligados à classe Pastagem, sendo o principal responsável pela flutuação da proporção das classes ao longo do tempo. As principais manchas de áreas úmidas podem ser observadas ao longo na desembocadura do rio Itaunas, próximo a restinga nos municípios de Linhares e Aracruz, nas proximidades do manguezal da Grande Vitória, e na planície de inundação do rio Itabapoana. Devido as características geomorfológicas onde se encaixam as principais áreas úmidas, os fragmentos apresentam de formato geral forma bastante irregular (alto  $SHAPE\_AM$ ).

### 7.2.2. Análise das classes Silvicultura, Solo exposto e cultura.

A classe silvicultura representa um importante recurso cultura, ligado ao setor produtivo da indústria de celulose. Ao longo do período amostrado a classe apresentou em algumas áreas comportamento de solo exposto e pastagem. Essa modificação como já abordado é relacionada ao ciclo de produção do eucalipto. Essas áreas de alteração bruscas são extremamente vulneráveis, pois além de representarem áreas praticamente estéreis quanto a biodiversidade devido a constante alteração do uso do solo, podem apresentar problemas como erosão, lixiviação e perda de nutrientes relacionadas à exposição do solo aos intemperes climáticos. Quanto à distribuição, a classe Silvicultura apresenta-se em poucos fragmentos (NP = 338), variando de pequenas manchas ( $AREA_{MN_{Silvicultura}} = 169,57$  ha) a manchas relativamente grandes ( $AREA_{AM_{Silvicultura}} = 3.833,15$  ha), sendo distribuídas ao longo de toda alinha de costa de forma relativamente agregada. As principais manchas de Silvicultura podem ser observadas nos municípios de Conceição da Barra, São Mateus, Aracruz e Serra. A classe Solo Exposto, aparece de forma regular na paisagem costeira do estado relacionado principalmente como dito anteriormente ao corte do eucalipto apresentando poucas manchas (NP = 359), com tamanho reduzido. O maior fragmento de solo exposto está localizado no Município de Aracruz, cercado por uma grande mancha de Silvicultura.

As áreas de Cultura não são muito frequentes na região costeira, e se restringem principalmente na região sul do estado nos municípios de Presidente Kennedy e Marataízes, ocorrendo de forma agregada em poucos fragmentos de tamanho reduzido.

### 7.2.3. Análise da classe Floresta

Os remanescentes florestais de Mata Atlântica constituem um importante recurso biótico visto o elevado nível de biodiversidade e alto grau de endemismo das espécies (MITTERMEIER et. al, 2005), fornecendo inúmeros bens e serviços ambientais. Na região costeira do Espírito Santo os remanescentes florestais,

representados pela classe Floresta, que englobam além dos remanescentes de Mata Atlântica, outros fragmentos florestais primários, secundários e intermediários, encontra-se distribuídos em 956 fragmentos ( $NP_{\text{Floresta}}$ ), apresentando tamanho muito variado, com média de 124,74 há ( $AREA\_MN_{\text{Floresta}}$ ). Tais fragmentos possuem formas relativamente complexas ( $SHAPE_{\text{Floresta}} = 5,37$ ), e apresentam-se distribuídos ao longo de toda a costa de maneira pouco isolada ( $ENN\_MN_{\text{Floresta}} = 337,20$  m;  $PROX\_MN_{\text{Floresta}} = 834,96$ ). Ribeiro et al (2009) discute o grau de fragmentação dos remanescentes florestais da Mata Atlântica no Brasil, e aponta que mais de 80% dos fragmentos apresentam área menor que 50 ha, apresentando distância média entre fragmentos de 1.440 m. Dessa forma, pode-se considerar que os remanescentes florestais do litoral capixaba apesar de muito recortados e fragmentados, encontram-se ainda pouco isolados em relação ao panorama geral apresentado por Ribeiro et al (2009).

Os dois maiores fragmentos florestais são observados ao longo da desembocadura do Rio Doce. Segundo Rolim et al (2006), os fragmentos caracterizados como “Floresta Estacional Semidecidual na Planície Aluvial do rio Doce” apresentam grande diversidade de flora, com 408 espécies detectadas entre arbóreas e palmeiras. Segundo o autor a floresta é muito semelhante florísticamente à floresta estacional dos tabuleiros terciários. Foram ainda observadas dezenas de espécies de ocorrência restrita ou pouco frequentes em levantamentos sobre a floresta Atlântica, o que aumenta a importância da área para a conservação da biodiversidade. Além desses fragmentos, destacam-se na paisagem costeira grandes fragmentos florestais nos municípios de Conceição da Barra, Aracruz, Serra Cariacica e Guarapari.

#### 7.2.4. Análise das classes Restinga e Mangue

As áreas de restinga possuem sua distribuição restrita pela geomorfologia costeira. Ao longo da linha de costa, como discutido por Martin et al (1996) os tabuleiros formados pela Formação Barreiras restringem o desenvolvimento das planícies Fúlvio-marinhas quaternárias, onde se localizam as áreas de restinga. Definidas aqui sobre o ponto de vista legal, as restingas apresentaram-se distribuídas em poucos

fragmentos (NP = 196) com tamanhos relativamente grandes (AREA\_AM = 6.654,69 ha; AREA\_MN 252,56 = ha) e bem conectados (baixo ENN\_MN e alto PROX\_MN). Dessa forma, pode-se considerar que as restingas capixabas encontram-se estruturalmente ainda pouco fragmentadas e relativamente bem preservadas.

Os maiores fragmentos de restinga estão localizados no município de Linhares, onde os depósitos quaternários encontram-se mais desenvolvidos (MARTIN et al, 1996). Nesta região, estudos realizados por diversos autores como Pereira et al (1998), Colodete e Pereira (2007) entre outros, a respeito da flora da região revelam sua importância para preservação e conservação biológica. Nos municípios de Guarapari e Presidente Kennedy grandes fragmentos de restinga se sobressaem na paisagem costeira, representadas pela restinga do Parque Estadual Paulo César Vinha em Guarapari e a restinga de Praia das Neves localizada na foz do rio Itabapoana. Ambas regiões já foram descritas como de elevada diversidade biológica e importantes sítios para conservação da biodiversidade (ASSIS et al, 2003; BRAZ et al, 2013).

Apesar de pouco representativos em área (PLAND = 1,46%; NP = 77), os manguezais são ecossistemas de grande importância ecológica e socioeconômica, apresentando diversos serviços ecossistêmicos essenciais à qualidade da zona costeira. São distribuídos ao longo da paisagem encaixados nos principais estuários e baías do estado. Por apresentarem distribuição intimamente relacionadas à geomorfologia costeira, apresentam formato variado, apresentando desde manchas compactas (manguezal da Baía de Vitória), a formatos alongados e dendríticos (manguezal do Rio São Mateus). Segundo resultados apresentados, os valores de ENN\_MN e PROX\_MN indicam que os ecossistemas manguezais encontram-se bastante isolados e pouco agregados na paisagem, condição natural visto que a localização dos fragmentos ocorrem apenas em estuários e baías. Entretanto, os agregados de manchas de manguezais, em seus respectivos estuários, encontram-se conectados e agregados. Os maiores fragmentos são observados ao longo da desembocadura dos rios São Mateus, Piraquê, e Santa Maria da Vitória (baía de Vitória), entretanto, destaque também pode dado para os manguezais nos municípios de Guarapari e Anchieta. De uma forma geral, todos manguezais

capixabas apresentam grande biodiversidade e importância ecológica ímpar, como ressaltado por diversos autores ( PETRI et al, 2011; VALE, 2006; SILVA et al, 2005).

#### 7.2.5. Análise da classe Área Urbana

Através da série temporal composta pelas imagens das décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010 foi possível identificar uma tendência de aumento gradativo do sistema urbano-industrial, refletindo a política de crescimento econômico adotada pelos governos federal e estadual, onde inserem-se como metas a expansão dos setores industriais e de logística – principalmente portuária para a região costeira do estado (IJSN, 2012). O adensamento urbano, para suprir essas demandas de crescimento, juntamente com a vocação e a exploração do setor turístico, contribui com a expansão urbana vertical, nos grandes centros; e horizontal, nas periferias e nas regiões de veraneio.

Sem dúvida a expansão do sistema urbano-industrial, reclamante principal por bens, serviços, matéria e energia dos sistemas naturais e semi-naturais, exercem uma grande pressão sobre os ecossistemas costeiros, o que leva ao aumento da fragilidade e deterioração da qualidade ambiental.

Uma alternativa para mitigar os possíveis impactos da crescente expansão industrial sobre os ecossistemas costeiros e seus bens e serviços é a gestão participativa através do Gerenciamento Costeiro Integrado (Olsen et. al, 1997) na qual se adota um forte caráter de governança para a decisão sobre as melhores estratégias para o desenvolvimento urbano da zona costeira. O PDU – Plano Diretor Urbano de Vitória – ES instituído pela lei 6.705 de 2006 (Vitória 2006), é um exemplo de poderosa ferramenta de gestão participativa que deve ser largamente discutida tendo como objetivo não só a organização do espaço urbano, mas também a preservação ambiental.

Como ressalta Aguilera et al (2011), os padrões de desenvolvimento do crescimento urbano, sejam eles linear agregado, espaçado ou nodal, podem também ser avaliados através dos índices de estruturação da paisagem. Dessa forma, para a

região costeira do espírito santo observa-se um padrão de adensamento urbano onde predomina a agregação de grandes manchas refletindo nos índices AREA\_AM e PROX\_MN, principalmente na região metropolitana. Em contrapartida, são distribuídas de forma espaçada no mosaico da paisagem pequenas manchas representadas por pequenos distritos e/ou regiões de veraneio, o que reflete nos índices Area\_MN e ENN. Devido a valoração da região costeira do ponto de vista imobiliário, as machas de adensamento urbano tendem a ser alongadas ou até mesmo irregulares, apresentando assim elevado valor de SHAPE\_AM.

### 7.3. Esforços de conservação e proteção dos ecossistemas costeiros.

Tendo em vista a fragilidade dos ecossistemas costeiros capixabas, e sua estruturação ao longo da linha de costa, fica claro a necessidade de medidas de proteção para garantir a qualidade ambiental e a preservação dos ecossistemas. Ao longo da linha de costa existem diversas unidades de conservação de administração federal, estadual e municipal que protegem os principais ecossistemas costeiros. A Figura 14 apresenta os fragmentos que compõem as classes Floresta, Restinga e Mangue, sobrepostas sobre os dados de unidades de conservação presentes na região costeira disponíveis através do projeto Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil (ZAMBONI e NICOLOD, 2008).

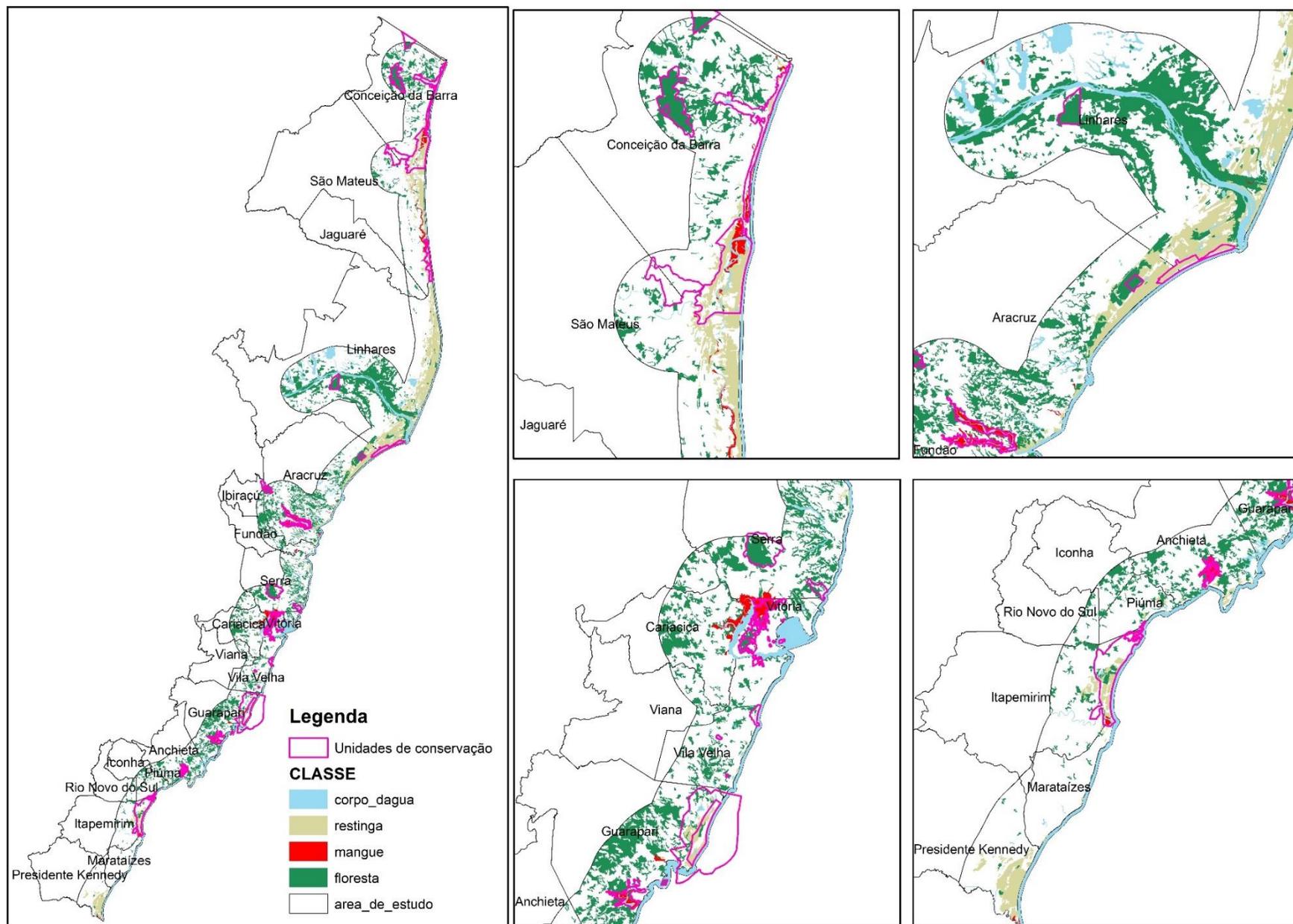


Figura 14: Enquadramento das classes Floresta, Restinga e mangue em relação às unidades de conservação localizadas na área de estudo

No município de Conceição da Barra, o sistema manguezal é protegido pela Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável – APA de Conceição da Barra, e pelo Parque Estadual de Proteção Integral – PARES de Itaúnas, ambos administrados a nível Estadual essas UCs abrangem ainda grande parte das áreas de restinga do município. A classe floresta também é preservada por duas UCs, a Floresta Nacional do Rio Preto (Uso Sustentável) e Reserva Biológica de Córrego Grande (Proteção Integral) apesar de apresentarem relativamente distantes, as UCs possuem uma certa conexão através de diversos fragmentos florestais que surgem na paisagem como corredores. No município de São Mateus, a Estação Ecológica de Barra nova (unidade de conservação de proteção integral engloba uma parte a restinga da região, e apenas uma pequena parte do ecossistema manguezal presente no rio São Mateus.

No município de Linhares, que apresenta os maiores fragmentos de restinga e floresta do estado (para a região costeira), foram observadas apenas duas Unidades de conservação: a Floresta Nacional dos Goytacazes (Uso sustentável) e a Reserva Biológica de Comboios (Proteção integral), ambas de administração federal. Tendo e vista a proporção entre as manchas de Restinga e Floresta na região, um número muito maior de UCs deveriam ser criadas, tendo em vista a estruturação dos fragmentos na paisagem, garantindo assim uma maior conservação dos recursos costeiros, através de uma abordagem de gestão preventiva.

O município de Aracruz, marcadamente dominado pela presença da silvicultura na região costeira, apresenta grandes manchas de Floresta, Mangue e Restinga. O manguezal dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim são preservados e bem delimitados pela Reserva Ecológica dos Manguezais Piraquê-açu e Piraquê-mirim (Uso Sustentável); entretanto, a partir do mapeamento realizado no presente trabalho, seus limites deveriam ser revistos, englobando algumas áreas de manguezal que estão fora dos limites do polígono da reserva, e atribuindo uma zona de amortecimento para a proteção das bordas dos manguezais. Quanto às áreas de restinga, apenas a Reserva Biológica de Comboios que extrapola os limites municipais protege uma pequena parte do grande fragmento de restinga presente na região. Para a classe Floresta, existem duas unidades de conservação o Parque

Natural Ilha Meirelles (Proteção Integral), Reserva Particular do Mosteiro Zen – Morro da vargem (Uso Sustentável); entretanto tais unidades de conservação encontram-se completamente isoladas.

A região metropolitana da Grande Vitória apresenta uma grande quantidade de Unidades de Conservação. Destaque pode ser dado à UCs que protege a parte do manguezal da Baía de Vitória pertencente ao município de Vitória – Estação Ecológica Municipal da Ilha do Lameirão e o Parque Estadual da fonte Grande (no mesmo município), além das APA de Praia mole e APA de Mestre Álvaro no município de Serra, e o Parque Municipal Natural de Jacarenema. Por apresentarem-se em uma área metropolitana, os ecossistemas costeiros são fortemente ameaçados; a criação de novas UCS deve ser incentivada, a fim de através de uma abordagem remediativa diminua os possíveis impactos sobre a zona costeira.

O município de Guarapari, apresenta seus ecossistemas costeiros bastante protegidos pelas UCs APA de Três Ilhas e Parque Estadual Paulo César Vinha, que cercam uma grande área de restinga e diversos fragmentos florestais pequenos; e a Reserva Estadual de Desenvolvimento Sustentável Concha D'Ostras, que abrange todo o manguezal do Lameirão. Entretanto o município não apresenta unidades de conservação para a proteção das grandes áreas de fragmentos florestais presentes na região costeira. A única unidade de conservação presente em Anchieta é a Estação Ecológica Municipal de Papagaio, que protege o manguezal do Rio Beneventes. Uma importante área de restinga é também preservada no sul do estado, no município de Itapemirim, através da APA da Lagoa de Guanandy, que também protege a manguezal do Rio Itapemirim.

Observando o contexto das unidades de conservação ao longo do litoral do Espírito Santo, fica evidente a necessidade de criação e ampliação de UCs, principalmente para a proteção das áreas de restinga. De uma forma geral, deve-se ainda buscar soluções baseadas em dados estruturais da paisagem, a fim de garantir uma maior conexão entre as UCs, possibilitando assim uma maior interação entre as populações contribuindo para a manutenção e preservação da biodiversidade. Uma

estratégia de unidades de conservação na forma de corredores aumentaria de forma considerável a interação entre fragmentos, evitando assim possíveis perdas de habitats funcionais para espécies que demandam maior área para manutenção da vida.

#### 7.4. Medidas de estruturação da paisagem como indicadores para o Gerenciamento costeiro

O reconhecimento das características da paisagem permite uma análise mais criteriosa sobre o tipo e foco de abordagem de gestão necessária para a solução dos conflitos de uso do espaço costeiro. Em uma paisagem com predominância de ecossistemas naturais, bem preservados e pouco fragmentados, onde a biodiversidade e a qualidade dos habitats não estão ameaçadas, uma abordagem preventiva, buscando o monitoramento e a antecipação do risco como medida de controle é recomendada; dessa forma, o planejamento seja econômico, social ou ambiental pode ser direcionado reduzindo esforços desnecessários e concentrando energia em ações eficazes. Por outro lado, em uma paisagem antropizada, com predominância de ecossistemas semi-naturais e urbano-industriais, onde são frequentes problemas ambientais como perda de habitat e biodiversidade relacionados aos ecossistemas naturais fragmentados e colapsados, uma estratégia que busque a mitigação e resolução dos conflitos, juntamente com a recuperação da qualidade ambiental deve ser adotada; da mesma forma, esforços direcionados e alocados a partir de dados obtidos por análises criteriosas podem maximizar os resultados com o menor custo operacional, contribuindo assim para uma melhoria contínua da qualidade de vida e da qualidade ambiental da paisagem.

Esse planejamento sustentável da paisagem já faz parte da agenda política de diversos países da união europeia, que através da Convenção Europeia da Paisagem (COUNCIL of EUROPE, 2000) reconhecem a importância do desenvolvimento sustentável da paisagem.

Tendo exposto a configuração e a estruturação da paisagem costeira do espírito santo, fica claro a fragilidade dos ecossistemas naturais, e a necessidade do um monitoramento sistemático das suas características estruturais e ecológicas. De uma forma geral, os índices de estruturação da paisagem, assim como abordados através do Planejamento Sustentável da Paisagem proposto por Leitão et al (2006) podem contribuir em toda as etapas do Gerenciamento Costeiro, podendo ser utilizados como indicadores para a avaliação ambiental, nas diversas ferramentas disponíveis pelo GERCO a nível regional e local. Como abordado por Polette (2003), os instrumentos disponíveis pelo PNGC se relacionam de forma lógica com as principais doutrinas de gerenciamento costeiro (GESANP e ICAM), e possuem plena aplicabilidade para o fortalecimento de uma gestão participativa da zona costeira. A Tabela 10 resume a aplicabilidade das medidas de estruturação da paisagem para a gerenciamento costeiro tendo como base os dados levantados no presente trabalho e as indicações propostas por Leitão et al (2006).

**Tabela 10:** Compatibilização entre os Instrumentos do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro do Espírito Santo e as medidas de estruturação da paisagem. ZEEC - Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro; SIGERCO - Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro; PEGZC - Plano de Gestão da Zona Costeira; MAZC - Monitoramento Ambiental da Zona Costeira; RQA-ZC - Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira.

Instrumento GCI	Métrica	Nível	Aplicação	Comentário
ZEEC	AREA	Classe	Determinação do tamanho médio dos fragmentos de uma determinada classe. Uma análise das estatísticas de distribuição do índice AREA, tais como AM, MN, SD e VC podem trazer importantes contribuições quanto à distribuição de tamanho das manchas ao longo da paisagem.	As métricas a nível de classe devem ser utilizadas para a elaboração de um diagnóstico inicial das condições da paisagem quanto a sua composição, arranjo e estruturação.
	NP		Quantificação do número total de fragmentos de uma determinada classe, podendo fornecer uma ideia de fragmentação da paisagem.	
	PLAND		Quantificação da porcentagem de ocorrência uma determinada classe. Fornece um indicativo dos principais tipos de uso e cobertura do solo ao longo da paisagem costeira	
	PROX		Determinação da proximidade e agregação média de manchas entre fragmentos de mesma classe. Fornece informações sobre os níveis de agregação das classes na paisagem e contribui para a escolha do melhor designe de uma unidade de conservação ou área de proteção por exemplo.	
	ENN		Determinação da distância média do vizinho mais próximo entre fragmentos da mesma classe. Também fornece informações sobre os níveis de agregação das classes na paisagem; fornece ainda uma ideia de distância mínima teórica para os fluxos ecológicos entre fragmentos de mesma classe.	
SIGERCO	-		-	-
PEGZC	-		-	-
MAZC e RQA-ZC	AREA	Fragmento	Quantifica o tamanho de cada Fragmento na paisagem. É útil para monitorar e acompanhar a evolução (diminuição ou aumento) dos fragmentos.	As métricas a nível de mancha são úteis para o monitoramento e acompanhamento dos ecossistemas costeiros. Através do monitoramento a nível de mancha é possível analisar impactos locais não observáveis antes a nível de Classe.
	PROX		Determina a proximidade e agregação cara cada fragmento em relação aos fragmentos de mesma classe. Contribui para o monitoramento da qualidade dos fragmentos de ecossistemas naturais.	
	CORE		Quantifica a quantidade de área núcleo em cada fragmento a partir de uma distância de borda. Apensar de não ter sido alvo desse estudo, por estar intimamente relacionado às características de vida de uma determinada espécie alvo, a métrica CORE fornece importante contribuição a respeito das áreas efetivamente disponíveis para espécies sensíveis a efeito de borda e pode ser aplicada para monitorar o aumento ou diminuição da área núcleo disponível para determinadas espécies chave.	

\* AREA – índice Área; NP – índice Número de Manchas; PLAND – índice Porcentagem da Paisagem; PROX – índice Proximidade; ENN – índice Distância Euclidiana do Vizinho mais Próximo; CORE – índice Área Núcleo.

## 8. CONCLUSÕES

A paisagem costeira do Espírito Santo pode ser considerada um mosaico que altamente heterogêneo quanto a distribuição e composição de tipos de uso e cobertura do solo, compostos por diversos ecossistemas naturais, semi-naturais e urbano-industriais. A partir de uma análise temporal entre as décadas de 1980 e 2010 foi possível observar uma quase equiparação entre os sistemas naturais e semi-naturais e uma predominância dos mesmos sobre o sistema urbano-industrial.

Ao longo do tempo a proporção entre as classes analisadas apresentou pouca variação. A classificação supervisionada realizada através das imagens orbitais do satélite Landsat 5 mostrou-se eficaz e aplicável aos propósitos do estudo, definindo de forma adequada os diversos tipos de uso e cobertura do solo presente na região. O mapeamento realizado apresentou relativa similaridade entre os dados levantados por Lorena et al (2013), entretanto a quantificação dos ecossistemas naturais costeiros, provavelmente por diferenças conceituais e metodológicas apresentaram pouca relação com os dados publicados pelo Ministério do Meio Ambiente através livro Panorama da Conservação dos Ecossistemas Costeiros e Marinhos do Brasil (MMA, 2010).

O recorte de 10 km arbitrado nesse trabalho mostrou-se satisfatório por englobar todos os ecossistemas costeiros presentes no estado do Espírito Santo e permitir a análise da estruturação da paisagem quando à participação dos sistemas naturais, semi-naturais e urbano industriais.

Chama atenção na paisagem a flutuação entre as classes Silvicultura e Solo Exposto. Devido ao ciclo do cultivo de eucalipto, grandes áreas de solo exposto se formam na paisagem e são novamente substituídas por áreas de silvicultura. Essa modificação brusca na paisagem ao longo do tempo pode levar a perda completa da biodiversidade na região, além aumentar o risco de problemas relacionados à erosão do solo e lixiviação de nutrientes.

As áreas urbanas a partir dos dados levantados apresentam um crescimento constante na zona costeira. Se comparado com a pesquisa realizada por Lorena et al (2013), fica evidente o caráter antrópico e urbano da paisagem costeira do Espírito Santo, que possui a maior mancha urbana do estado, representa pela região metropolitana da Grande Vitória, onde se concentra grande parte da população do Espírito Santo.

Quanto à estruturação da paisagem costeira do estado do Espírito Santo, compõe a matriz da paisagem a classe Pastagem, sistema semi-natural que apresentou a maior proporção ao longo da área de estudo, apresentando o maior grau de conectividade na paisagem. Os remanescentes florestais apresentaram ampla distribuição, com manchas de tamanho variado e relativamente isoladas; os maiores fragmentos de florestas estão localizados na planície costeira do rio Doce, sendo caracterizados segundo Rolim et al (2006), como “Floresta Estacional Semidecidual na Planície Aluvial do rio Doce, apresentando grande semelhança com as florestas de tabuleiro. As áreas de restinga são marcadas pela presença de grandes manchas com relativa proximidade entre fragmentos; as maiores áreas de restinga estão localizadas também ao longo da planície costeira do rio Doce. Os ecossistemas manguezais apresentam-se em uma distribuição agregada distribuídos ao longo dos estuários e baías da região, apresentam, representando uma pequena proporção da paisagem costeira. As maiores regiões de manguezal estão localizadas ao longo da desembocadura dos rios São Mateus, Piraquê, e Santa Maria da Vitória (baía de Vitória), entretanto, destaque também pode dado para os manguezais nos municípios de Guarapari e Anchieta

A proteção desses ecossistemas ocorre de forma sistemática ao longo da linha de costa através das Unidades de Conservação. A região metropolitana é a que apresenta a maior quantidade de UCs, provavelmente em um esforço de gestão remediativo ou mitigador para proteger os ecossistemas ameaçados pela expansão urbana. Nas áreas menos populosas as unidades de conservação apesar de em menor número são mais extensas, o que direciona para uma gestão preventiva para a conservação dos ecossistemas naturais. Os manguezais apresentam-se em sua grande maioria inseridos em unidades de conservação, sendo assim mais

protegidos. Entretanto poucas áreas de restingas, onde muitas delas compostas por grandes fragmentos, são protegidas por UCs, assim como os fragmentos florestais. Uma estratégia de alocação de unidades de conservação em redes de corredores parece ser a melhor opção para a manutenção da qualidade dos habitats, bem como o estabelecimento de novas fronteiras para as unidades já existentes contemplando fragmentos que se localizam às margens das UCs e uma área de amortecimento para minimizar os efeitos de borda.

A aplicação dos índices de estruturação da paisagem como indicadores para o gerenciamento costeiro integrado, através dos diversos instrumentos estabelecidos pelo plano estadual de gerenciamento costeiro do Espírito Santo é altamente recomendado. A utilização de tais índices pode contribuir de forma significativa para a caracterização, diagnóstico e monitoramento da qualidade ambiental da zona costeira, bem como contribuir para a melhoria do processo de gestão. Recomenda-se entretanto que as classes de uso e cobertura do solo sejam bem definidas, e que os índices de estruturação da paisagem sejam analisado juntamente com dados ecológicos para trazer a luz do conhecimento as interações entre padrão e processo formadores e modificadores da paisagem.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, J.; OLIVEIRA, R.; MAIA, L. P.; ALENCASTRE, K. **Processos atuais de sedimentação marinha e praia do litoral de Vitória, ES**. Relatório final de projeto de pesquisa. Fundo de amparo à ciência e a tecnologia (FACITEC). Vitória: [s.n], 2001.

ALBINO, J; GIRARDI, G; NASCIMENTO, K. A. do. **Erosão e progradação no litoral brasileiro: ESPÍRITO SANTO**. In: Dieter Muehe (org.) Brasília: MMA, 2006. 476 p.

ALONGI, Dm. Introduction. In: \_\_\_\_\_. **Introduction in the energetics of mangrove forests**. New York: Springer Science and Business Media B.V., 2009. p.1-6.

BARROSO, G.F. Lagoas Costeiras do Espírito Santo: perspectiva para a conservação. In: Menezes, L.F.T.; Pires, F.R.; Pereira, O.J. (Organizadores). **Ecosistemas costeiros do Espírito Santo: conservação e preservação**. Vitória: ADUFES., 2007, p. 71 a 82.

BASTIAN, O. **Landscape Ecology – towards a unified discipline?**. Landscape Ecology, Netherlands: 2001. v. 16, p. 757–766.

BRASIL. Lei nº 5816, de 22 de Dezembro de 1998. **Plano estadual de gerenciamento costeiro**, Espírito Santo, 1998. Disponível em: <[http://www.iema.es.gov.br/web/Lei\\_5816.htm](http://www.iema.es.gov.br/web/Lei_5816.htm)>. Acesso em: 29 set. 2014.

BRITES, R. S; BIAS, E. S; ROSA, A. N. C. S. Classificações por regiões. In: **introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Meneses, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. (Org.) Brasília: UnB, 2012. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>> Acesso em 12 nov. 2014

BROOKS, C.P. **A scalar analysis of landscape connectivity**. Oikos: 2003. v. 102, p. 433-439.

CAMARA G. et. al. **Spring**: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. INPE: Brasil, 1996. p. 395-403.

CHETKIEWICZ, CHERYL-LESLEY B.; CLAIR, C. C. St.; BOYCE, M. S. Corridors for conservation: integrating pattern and process. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**. Canadá: University of Alberta, 2006, v. 37, p. 317-342.

CICIN-SAIN, B.; KNECHT, R. W. **Integrated Coastal and Ocean Management Concepts and Practices**. Washington: Island Press, 1998. 517 p.

Council of Europe. **European Landscape Convention**. Florença, Italia: [s.n], 2000. Disponível em: <[http://www.coe.int/t/dg4/cultureheritage/heritage/Landscape/Publications/Convention-Txt-Ref\\_en.pdf](http://www.coe.int/t/dg4/cultureheritage/heritage/Landscape/Publications/Convention-Txt-Ref_en.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2014.

FORMAN, R.T.T. ; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York, USA: John Wiley & Sons, 1986. 619 p.

GERGEL, S. E.; TURNER, M. G. **Learning landscape ecology: A practical guide to concepts and techniques**. New York: Springer, 2002.

GIRI C. et. al. **Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data**. [S.l.]: Global Ecology and Biogeography, 2011. v. 20, p.154-159.

HOCTOR, T.S; et al. **Land corridors in the southeast: connectivity to protect biodiversity and ecosystem services**. University of Florida: Geoplan Center, 2007.

IBGE. **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente**. 2 ed. IBGE: Rio de Janeiro, 2004. vol. 1, 332 p.

INPE 2012. Manual SPRING 5.0 disponível em: [file:///C:/Program%20Files%20\(x86\)/Spring523\\_Portugues\\_x86/helpport/entrada.htm#inform](file:///C:/Program%20Files%20(x86)/Spring523_Portugues_x86/helpport/entrada.htm#inform)

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). **Espírito Santo em mapas**. 2.ed. Vitória: IJSN, 2009.

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). **Investimentos previstos para o Espírito Santo 2008-2013**. Vitória, ES: IJSN, 2009.

KADOYA, T. **Assessing functional connectivity using empirical data**. Population Ecology. Tokyo: [s.n], 2009, v. 51, p. 5-15.

KINDLMANN, P.; BUREL, F. **Connectivity measures: a review**. Landscape Ecology: 2008, v.23, p. 879-890.

LACERDA, L.D., et al. **Restingas: origem, estrutura, processos**. Rio de Janeiro: UFF, 1984.

LEITÃO, B. A.; AHERN, J. **Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning**. Landscape and Urban Planning. [S.l]: Elsevier, 2002. v. 59, p. 65-93.

LEITÃO, A. B.; MILLER, J.; AHERN, J.; McGARIGAL, K. Measuring. **Landscapes: A Planner's Handbook**. Washington: SlandPress. 2006.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; ARCHANJO, J. D. Coastal quarternary formations of the southern part of the state of Espírito Santo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. São Paulo, 1996, v. 68, p. 389-404.

McGARIGAL, K. **Fragstats Help**. University of Massachusetts: Amherst, 2014.

McGARIGAL, K.; CUSHMAN, Sa.; ENE E.. **FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps**. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts. University of Massachusetts Amherst : Massachusetts , 2002. Disponível em: <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>> Acesso em 05 nov. 2014.

MEIKLEJOHN, K., AMENT, R., TABOR, G. **Habitat Corridors & Landscape Connectivity: Clarifying the Terminology**. Center For Large Landscape Conservation: Bozeman, 2009. Disponível em: <<http://largelandscapes.org/media/publications/Habitat-corridors-and-landscape-connectivity1.pdf>> Acesso em 01 out. 2014.

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Brasil). Comissão Interministerial para os Assuntos do Mar (CIRM). **Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro**. Brasília: MMA, 1997.

NAVEH ,Z. **Biocybernetc and thermodinânic perspective of landscape functions and land use pattens**. Ladscape Ecology, v.1, p. 75-83, 1987.

NEEF, E. **Die Theoretischen Grundlagne der Landschaftslehre**. VEB Hermann Haak, Gotha/Leipzig. 1967

LANG, S; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. Tradução: Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LI, H; WU, J. **Use and misuse of landscape índices**. Landscape Ecology: Netherlands, 2004 v. 19, p.389–399.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1988. 434 p.

ROSENBERG DK; NOON BR; Meslow EC. **Biological corridors: form, function and efficacy**. Bioscience. [S.l.: s.n.], 1997. V. 47, p. 677– 687.

SIMONELLI, M. Diversidade e Conservação das Florestas de Tabuleiros no Espírito Santo. In: Menezes, L.F.T.; Pires, F.R.; Pereira, O.J. (Organizadores). **Ecossistemas costeiros do Espírito Santo: conservação e preservação**. Vitória: ADUFES, 2007, p. 21-32.

SUGUIO, K.; M.G. TESSLER. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura. In: **Restingas: origem, estrutura e processos**. Universidade Federal Fluminense: Rio de Janeiro, 1984. p. 15-25.

TAYLOR PD, FAHRIG L, HENEIN K, MERRIAM G. **Connectivity is a vital element of landscape structure**. Oikos. Canadá: [s.n], 1993. v. 68, p. 571–573.

TERMORSHUIZEN, J; OPDAM, P. **Landscape Services as a bridge between landscape ecology and sustainable development**. Landscape Ecology. [S.l.]: Council of Europe, 2009.

TISCHENDORF, L.; L. FAHRIG. **On the usage and measurement of landscape connectivity**. Oikos: Copenhagen, 2000. v. 90, p. 7-19.

URBAN, Dean. Et.al. **Landscape Ecology: a hierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns**. [S.l.]: BioScience, v. 37, n.2, p.119 – 27, fev. 1987.

ZAMBONI, A; NICOLOD, J. L. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília: MMA, 2008.

