

## Sensoriamento Remoto aplicado à Gestão Ambiental: Uma Ferramenta para a Análise Multidisciplinar

Alexandre Marino Costa <sup>1</sup>  
 Antônio Ayrton Auzani Uberti  
 Walter Canales Sant'Ana

<sup>1</sup> ✉ marino@cse.ufsc.br

<b>Conteúdo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fundamentos da Gestão ambiental</li> <li>2. Inventário físico espacial como Base para o Planejamento ambiental</li> <li>3. Os diferentes Sensores aplicados à Gestão ambiental</li> <li>4. Análise multidisciplinar e Gestão ambiental</li> <li>5. Multifinalidades da Gestão ambiental</li> <li>6. Referências bibliográficas</li> </ol>
-----------------	---

**Resumo:** O presente artigo apresenta algumas definições e aplicações do Sensoriamento Remoto relacionado à Gestão Ambiental, destacando a atividade multidisciplinar quando da análise do ambiente em estudo. O artigo apresenta os fundamentos da Gestão Ambiental, destacando as ações de desenvolvimento do Meio Ambiente, em seguida, o inventário físico espacial como ferramenta de planejamento ambiental destacando também os diferentes sensores aplicados a gestão ambiental e análise multidisciplinar do meio ambiente.

**Palavras chave:** Sensoriamento Remoto, Gestão Ambiental, Inventário Físico Espacial e Planejamento Ambiental

### 1. Fundamentos da Gestão ambiental

O fato de o meio ambiente sempre ter sido considerado um recurso abundante e classificado na categoria de bens livres, ou seja, daqueles bens para os quais não há necessidade de trabalho para sua obtenção, dificultou a possibilidade de estabelecimento de certo critério em sua utilização e tornou disseminada a poluição ambiental, passando a afetar a totalidade da população, através de uma apropriação socialmente indevida do ar, da água ou do solo.

A busca do desenvolvimento apresenta pontos básicos que devem considerar de maneira harmônica crescimento econômico, maior percepção com os resultados sociais decorrentes e equilíbrio ecológico na utilização dos recursos naturais.

Nesse sentido se fazer necessário descobrir a resposta para esta importante pergunta: O que vem a ser gerenciar o meio ambiente?

Segundo Donaire (1995), gestão ambiental é definido como sendo o conjunto de medidas e procedimentos bem definidos e adequadamente aplicados que visam reduzir e controlar os impactos introduzidos por um empreendimento sobre o meio ambiente devendo iniciar na fase de concepção de projeto até a eliminação efetiva dos resíduos gerados pelo empreendimento.

A definição acima apresentada é intimamente ligada a gestão ambiental na empresa, relacionada aos procedimentos e produtos por ela desenvolvidos.

Em uma visão mais ampla a gestão ambiental pode ser entendida como sendo o processo de articulação das ações dos diferentes agentes sociais que interagem em um dado espaço com o objetivo de adequar os meios de exploração dos recursos ambientais, sejam naturais, econômicos e sócio-culturais, às especificidades do meio ambiente, com base em princípios e diretrizes pré-estabelecidas.

A gestão ambiental integra:

1. A política ambiental: princípios doutrinários;
2. O planejamento ambiental: estudo prospectivo;
3. O gerenciamento ambiental: conjunto de ações.

Segundo as Diretrizes de Pesquisas Aplicadas, MMA (1994), O planejamento ambiental do sistema "paisagem" é subdividido em dois subsistemas de dinâmicas distintas:

- Subsistema dos fatores naturais: terra, água, ar, subsolo, recursos minerais e águas subterrâneas;

1. Subsistema dos usos antrópicos: as ações humanas de intervenção no meio.

A CSA (1995) (Canadian Standards Association), in Roque (1998), apresenta um fluxo de ações para um modelo de gerenciamento ambiental em nível organizacional, cujos preceitos são assim relacionados:

1. Estabelecer seu grau de conhecimento de leis e regras ambientais que influenciam o seu ramo de negócios;
2. Procurar ser realista na percepção de como o seu negócio afeta o ambiente;
3. Estabelecer, a partir dos critérios obtidos, a direção que a organização vai seguir;
4. Confeccionar os mapas das fontes de recursos que proverão o planejamento;
5. Dar publicidade às novas ações que a instituição está promovendo;
6. Estabelecer os procedimentos necessários para consecução dos objetivos traçados: treinamento e conscientização das equipes;
7. Possuir um plano emergencial em caso de acidente ambiental;

8. Criar instrumentação necessária à medição dos resultados e estabelecer a frequência destas medições;
9. Ser crítico em relação as desencadeadas para correção dos problemas; e
10. Ser crítico em relação ao sucesso do programa: verificar a necessidade da introdução de melhorias.

## 2. Inventário físico espacial como Base para o Planejamento ambiental

O inventário físico espacial consiste em um levantamento de informações necessárias à gestão ambiental, sendo que as características técnicas e metodológicas podem variar de uma paisagem para outra.

Corresponde ao levantamento da paisagem, visando conhecer seus componentes, naturais e artificiais, atributos, compreendendo meio físico, biológico, bem como aspecto sócio-econômicos.

Segundo BORTOT (2000), o inventário do espaço físico contempla as sínteses interdisciplinares de informações, que resultam na definição da estrutura e da dinâmica das paisagens.

O inventário físico espacial inclui o diagnóstico das potencialidades, possibilidades, condições favoráveis, restrições, conflitos e problemas ambientais.

Para KARNAUKHOVA et al (1998, p.2), apud BORTOT (2000), tendo em vista o monitoramento da paisagem, que é gerado da análise de alguns inventários sucessivos, estes podem conduzir a ações e decisões tendo como base:

- O prognóstico das tendências de mudanças; e
- A alternativa de intervenção para a administração dos conflitos entre a sociedade e a natureza.

Para SEIFFERT & LOCH (1994), apud BITTENCOURT (1999), entre os fatores que impedem o progresso regional, encontra-se a falta de mapas adequados, bem como um sistema acurado e atualizado de registro de títulos e dados sobre a propriedade rural. Isto tem levado à impossibilidade de implantar uma política tributária eficiente e à incapacidade do Estado obter recursos necessários para implantar programas de desenvolvimento econômico e medidas de controle ambiental eficazes.

Segundo LOCH (1993), apud BITTENCOURT (1999), quando se fala em geoprocessamento e planejamento dos municípios é que o cadastro técnico multifinalitário passa a adquirir maior importância, uma vez que este deve ser fundamentado numa base cartográfica compatível com o detalhamento exigido pelas escalas dos mapas temáticos, tornando-se o “input” básico para qualquer informação georeferenciada que o município precise. Não se pode falar de planos de geoprocessamento estadual se os pólos de informações locais que são os municípios, não atendam as exigências mínimas que caracterizam a ocupação físico-territorial ao nível de propriedade imobiliária.

As proposições acima destacam a grande importância do inventário físico espacial para a gestão ambiental, onde através do levantamento de informações é possível estabelecer políticas mais adequadas a realidade investigada.

## 3. Os diferentes Sensores aplicados à Gestão ambiental

Segundo SEIFFERT (1996) as áreas de conhecimento relevante na análise ambiental são:

- Cartografia;
- Sensoriamento Remoto;
- Fotogrametria;
- Sistema de Informações Geográficas;
- Climatologia;
- Geologia;
- Pedologia e
- Hidrologia

É importante notar o relacionamento do sensoriamento remoto com as outras áreas, constando-se sua fundamental importância no desenvolvimento das mesmas. Com certeza é uma ferramenta eficaz que deve ser utilizada no máximo de seu potencial.

SAUSEN (1998), define sensoriamento remoto como sendo a utilização de sensores para aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles. E sensor, segundo NOVO (1992) é um equipamento capaz de transformar alguma forma de energia em sinal passível de ser convertido em informação sobre o ambiente.

Os sensores podem ser classificados de diversas formas, destacando-se como função do tipo de energia e pelo tipo de produto oferecido. NOVO (1992) assim aborda este assunto: Quanto à energia são classificados em:

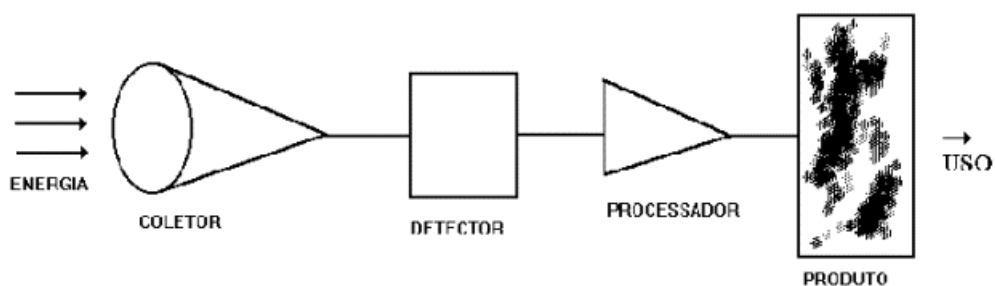
- Ativos, aqueles que produzem a energia própria, como os radares, que através de sua energia radiante irá interagir com os objetos da superfície alvo;
- Passivos, aqueles que não têm fonte de energia própria, dependendo de outras fontes de energia refletidas pelos objetos da superfície. O melhor exemplo de uma fonte externa de energia é o sol, pois sua radiação é refletida pelos objetos da superfície e captadas pelos sensores.

Quanto ao tipo de produto oferecido os sensores classificam-se em:

- Imageadores, quando o produto oferecido é uma imagem, propriamente dita da superfície observada. Uma imagem de satélite ou uma foto aérea são um exemplo disto;
- Não-imageadores, quando não fornecem uma imagem da superfície sensorizada. Um exemplo é os radiômetros, cuja saída é em forma de dígitos ou gráficos.

Os componentes de um sistema sensor são dispostos por SAUSEN (1998) conforme figura 1.

## Componentes do Sistema Sensor



**Figura 1** : Componentes de um sistema sensor

Após este rápido e desprezioso enfoque sobre o sensoriamento remoto e seu sistema de sensores passa-se a destacar sua importância na análise ambiental. Iniciando através de KARNAUKHOVA (2000), quando aponta que as principais características das imagens na análise ambiental são:

- A possibilidade de imageamento complexo da paisagem, incluindo os componentes naturais e antropogênicos;
- A vasta faixa espectral e a possibilidade da variação das combinações espectrais para os estudos específicos;
- As propriedades da abrangência panorâmica das imagens (de 10 mil km<sup>2</sup> até um hemisfério) e as possibilidades de composição de mosaicos;
- A variação de escalas e a resolução espacial adequada aos trabalhos de monitoramento ambiental e atualização do Cadastro Técnico;
- A periodização do imageamento – de dezenas de minutos até dezenas de anos – que permite a continuidade do processo e a revelação das regularidades da vida das paisagens;
- A cobertura múltipla e contínua da superfície terrestre como a condição indispensável de monitoramento das áreas. Possibilita a cobertura das áreas inacessíveis pelas vias terrestres ou fluviais;
- A complementaridade das imagens de sensores distintos diminui a vulnerabilidade da qualidade das imagens em função das condições atmosféricas;
- A disponibilidade de tecnologias de interpretação e a edição e impressão computadorizada da informação em diversas formas (numérica, gráfica, televisiva, fotográfica, digital, etc.), a compatibilização de diversos sensores com os parâmetros digitais;
- A relativa rapidez e facilidade da sua aquisição que inclui as vantagens de ordem econômica comparado com os trabalhos de campo.

Ainda em KARNAUKHOVA (2000) encontra-se as diversas informações obtidas através do sensoriamento remoto nas diversas áreas de interesse na análise ambiental, conforme reproduzido pela tabela 1.

**Tabela 1** : A importância do Sensoriamento Remoto em Algumas Áreas Científicas Relevantes ao Monitoramento e para a Gestão Ambiental

ÁREAS DE PESQUISA	AS INFORMAÇÕES OBTIDAS PELOS SENSORES ORBITAIS E AÉREOS
<b>Geomorfologia</b> <b>Hidrologia</b> <b>Pedologia (solos)</b> <b>Biogeografia</b> <b>Controle ambiental (geografia das paisagens, meteorologia, glaciologia, etc.)</b> <b>Agricultura.</b>	A análise de morfoestruturas; análise e mapeamento do relevo, dinâmica anual do relevo; identificação dos processos naturais e antrópicos que afetam a evolução do relevo... As características morfológicas e morfométricas do relevo; o regime hidrológico dos corpos de água; a modelagem do esgoto fluvial; o mapeamento da rede hidrográfica... A diferenciação espacial dos solos e o seu mapeamento; a definição dos parâmetros físicos dos solos (húmus, mecânica, salinidade, umidade, temperatura, etc.); a avaliação da produtividade e da aptidão dos solos... A estrutura espacial de biofáceis, investigações médico-geográficas... - A dinâmica sazonal das paisagens, as modificações antrópicas, os complexos tecnogênicos, controle das áreas de desertificação, do desflorestamento, da poluição atmosférica e dos corpos de água, da erosão dos solos, da geneses e da evolução histórica das paisagens... A diferenciação das propriedades rurais e das terras lavradas; as áreas em degradação; o cálculo da produtividade das colheitas; a produtividade dos pastos; o controle funcional dos sistemas de melhoração; o mapeamento do desenvolvimento agrícola, o controle das queimadas, secas, inundações, etc.
<b>População e transporte</b>	A dinâmica e estrutura populacional; o desenvolvimento dos assentamentos humanos; a distribuição e a dinâmica da rede de transportes e comunicações.

Fica patente a importância do sensoriamento remoto na gestão ambiental através dos tópicos acima apresentados, porém existem vários tipos de sensores e contar com esta variabilidade sabendo utilizar cada um deles no máximo de sua potencialidade, maximiza a utilização deste ferramental.

Dispõe-se basicamente de fotografias comuns, fotografias aéreas, imagens de satélite, imagens radar, informações radiométricas, sendo as três primeiras aquelas mais utilizadas. Dentre estas podem ainda ser especificadas escalas, resoluções espacial ou espectral ou mesmo combinações entre dois diferentes sensores através da digitalização dos dados e utilização de programas específicos.

Inúmeras são as possibilidades, ainda mais se for considerado o fator temporal, ou seja, o acompanhamento de um alvo ao longo do tempo.

Entende-se que para a decisão apropriada tecnicamente esteja totalmente associado o objetivo do serviço. Sim, pois não há uma regra definida de escala ou faixa espectral. Deve ser feita uma análise cuidadosa sobre os objetivos do serviço, aliando-se inclusive as disponibilidades financeiras, e então definida a melhor ou melhores alternativas de sensor, resolução, escala, etc.

Segundo SEIFFERT(1996), num exemplo sobre o estudo de microbacias para estado de Santa Catarina, apresentou a tabela 2 com uma indicação de sensores e escalas apropriadas para um determinado serviço.

**Tabela 2** : Indicação de sensores e escalas apropriadas para o Planejamento da Paisagem  
(Fonte: SEIFFERT 1996)

ÁREA DE PLANEJAMENTO	NÍVEL ESTADUAL	NÍVEL REGIONAL	NÍVEL MUNICIPAL
PLANEJAMENTO DA ORDENAÇÃO ESPACIAL	PLANO DE DESENVOLVIMENTO ESTADUAL	PLANO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL	PLANO DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL
PLANEJAMENTO DA PAISAGEM	PLANO ESTADUAL DA PAISAGEM	PLANO REGIONAL DA PAISAGEM	PLANO MUNICIPAL DE PAISAGEM
ESCALA DE TRABALHO	> 1 : 100.000	> 1 : 50.000	> 1 : 25.000
LIMITE DE RESOLUÇÃO	250 x 250m	100 x 100m	25 x 25m
EXEMPLO	ESTADO	REGIÃO DO ESTADO	GLEBAS MUNICIPAIS
SISTEMA DE IMAGEAMENTO	LANDSAT - MSS	LANDSAT - TM	LANDSAT MSS – TM SPOT

Outro satélite lançado mais recentemente é o IKONOS com grande resolução espacial tanto para imagens coloridas como, principalmente para P&B.

Nas pesquisas realizadas notou-se o grande número de trabalhos existentes utilizando imagens do LANDSAT, salientando as vantagens de sua alta resolução espectral, podendo-se tomar partido de várias combinações entre as mesmas conseguindo assim captar melhor a energia refletida dos objetos alvo de acordo com o que se pretende analisar.

No exemplo da figura 2, apresenta-se uma imagem que mescla as bandas 3, 4 e 5. Esta combinação com duas bandas no infravermelho do espectro eletromagnético mostra uma maior diferenciação entre solo e água do que as combinações anteriores. A vegetação é mostrada em diversas tonalidades de verde e rosa, que variam em função do tipo e das condições da vegetação. As áreas urbanas e o solo exposto são apresentados em tons rosados. A água, dependendo da quantidade de sedimentos em suspensão, aparece em preto.



**Figura 2** : Imagem LANDSAT TM – Bandas 3, 4 e 5  
(Fonte: Projeto EducaSere)

Já os trabalhos com o SPOT, salientam sua alta resolução espacial. Os trabalhos com o IKONOS não foram pesquisados, encontrando-se talvez maior número de trabalhos em publicações estrangeiras.



**Figura 3** : Imagem SPOT HRV



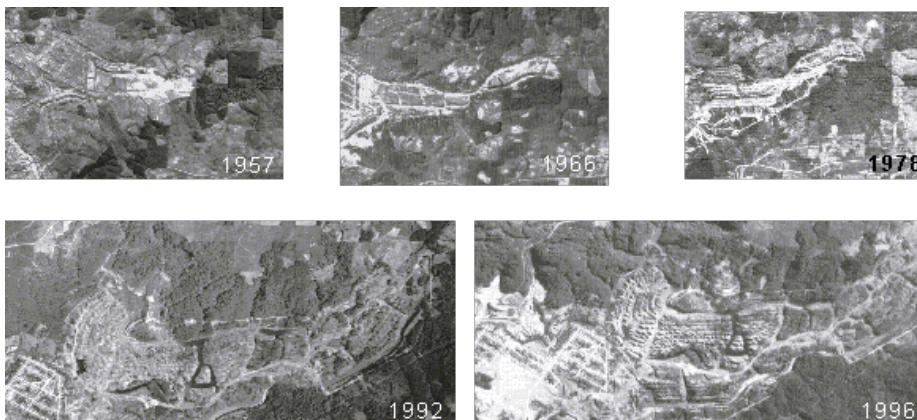
**Figura 4** : Imagem IKONOS

Entre os trabalhos que mesclam os produtos de dois sensores destacam-se aqueles apresentados por ROSOT et al (2000) onde é integrada uma imagem SPOT HRV (figura 3)

Com uma imagem LANDSAT TM bandas 5,4 e 2 onde procurou unir as vantagens de cada sensor, ou seja, a resolução espacial do SPOT com a resolução espectral do LANDSAT.

Outro exemplo de mescla entre sensores é o encontrado no “site” da empresa GEOAMBIENTAL onde a mesma mostra as vantagens de um produto integrado de uma imagem RADAR e outra LANDSAT TM, igualmente tirando proveito do potencial de cada sensor.

No campo das fotografias aéreas destacam-se os trabalhos de BITTENCOURT(1999) e de DALOTTO(2000). O primeiro utilizando uma série histórica deste produto para o monitoramento físico-espacial no Parque Serra do Tabuleiro – SC, e o segundo, utilizando também uma série histórica desde 1957 até 1996, faz uma prognose das componentes ambientais numa área de mineração no município de Siderópolis para os próximos 10 anos.



**Figura 5** : Série histórica de fotos aéreas utilizadas por DALOTTO(2000) para prognose de componentes ambientais em área de mineração- Siderópolis-SC

Verifica-se que tanto imagens de vários satélites, como fotos aéreas de diversas datas ou escalas têm sua utilidade, sua importância dependendo a sua escolha dos objetos do trabalho a realizar, dos prazos pretendidos e do orçamento disponível.

#### 4. Análise multidisciplinar e Gestão ambiental

Do que foi pesquisado em vários trabalhos sobre gestão ambiental nota-se que esta muito ligada ao “foco”, à “coerência” e a “inteligência”. Se estas três palavras fossem utilizadas para criar e gerir empreendimentos, administrar empresas ou prefeituras, estados e até mesmo no âmbito da pequena propriedade, certamente, vários impactos ambientais não teriam ocorrido ou seriam em muito mitigados.

O “foco” busca ajustar a localização no tempo e no espaço, deixando claro a relatividade de uma limitação específica. Isto quer dizer que a gestão ambiental de determinada propriedade, por exemplo, não deve ser restrita aos limites desta, e sim de toda uma área que a cerca, de dimensões variáveis, dependentes de diversos fatores como as atividades exercidas pela propriedade, por exemplo.

A coerência busca uma caracterização do meio físico, biológico e antrópico que se relacionem de algum modo com a propriedade ou empreendimento estudado.

E, por fim, a inteligência, aplicada às relações entre os objetivos almejados e o “foco” e “coerência” abordados.

Em alguns casos “domésticos”, uma residência, por exemplo, uma só pessoa desde bem informada ou do tipo interessada ou pesquisadora, poderia exercer uma “gestão ambiental” de sucesso. Porém, se ampliadas às dimensões para uma propriedade

privada, um empreendimento, uma grande empresa, um município, verifica-se a importância do conhecimento em diversas áreas.

Na caracterização e análise do meio físico são necessários profissionais de diversas áreas como geologia, pedologia, agronomia, engenharia, geografia, etc. Para o meio biológico, o próprio biólogo, o oceanógrafo, o engenheiro florestal, etc. Para o meio antrópico, o sociólogo, o médico, o nutricionista, o psicólogo, o arquiteto, o advogado, etc. E ainda a ação dos profissionais relacionada, conforme o caso, não fica restrita aos meios enfocados.

Vê-se, portanto, que numa análise ambiental, numa gestão ambiental, é de suma importância que vários profissionais estejam envolvidos, aplicando seu conhecimento a determinado problema, que em muitos casos não poderia ser suposto pelo profissional de outra área.

Resta ainda a coordenação destes trabalhos por mãos hábeis e experientes que saibam dosar os pareceres destes profissionais com inteligência e uma dose de bom senso.

Segundo RENCIO(1995) apud Caribé, uma das principais características da informação sobre o meio ambiente é a inter e multidisciplinaridade. Este fato torna-a uma área de difícil controle, pois leva em consideração conceito científico, social, religioso e filosófico, inclui valores políticos e econômicos e discute conceitos das ciências físicas e biológicas. Assim, " para se desenvolver qualquer estudo sistemático na área, são necessários parâmetros e conceitos pertinentes a várias ramificações da ciência e tecnologia".

Alguns outros pontos de interesse são levantados pelo citado autor, dentre os quais destaca-se:

1. A natureza interdisciplinar da área provoca a fragmentação no armazenamento e coleta de informações, que se encontram dispersas em vasta gama de informações públicas, o que dificulta sua recuperação com eficácia e rapidez;
2. Os dados e informações relevantes sempre são publicados, mas por motivo de indexação incorreta, o seu conhecimento só é possível após exaustivo período de procura;

A dinâmica ambiental causa rápida obsolescência dos dados e da literatura

## 5. Multifinalidades da Gestão ambiental

Talvez como principal finalidade da gestão ambiental seja a **mitigação de impactos ambientais**, pois o homem além de fazer parte do meio ambiente, necessita deste, que por sua vez esta repleta de recursos escassos. Por outro lado também existem vários recursos renováveis.

O despertar para uma redução de custos pela simples **maximização dos recursos existentes** dentro de um processo industrial, evitando desperdícios, reutilizando antigos rejeitos e ainda aproveitando-se disto para estabelecer um "marketing verde", esta modificando radicalmente os conceitos de muitas empresas.

O que antes poderia ser considerado apenas como um "custo" pela empresa, é visto como um investimento que ao mesmo tempo faz **cumprir as leis vigentes** evitando multas cada vez mais significativas.

As aberturas da economia mundiais, a globalização da economia, provocaram alguns acontecimentos como o estabelecimento de padrões que visem uma determinada qualidade.

Foram criadas as **certificações ISO**, que asseguravam estar sendo observados estes padrões pelas empresas certificadas, evidenciando uma confiabilidade a quem com elas estivesse se relacionando comercialmente.

Estas certificações, que num primeiro momento buscaram uma padronização visando a qualidade (série 9.000), passaram a buscar a padronização buscando a gestão ambiental (série 14.000).

Observa-se que as empresas estão cada vez mais aderindo a uma gestão ambiental, não necessariamente, por uma conscientização, mas por uma questão de sobrevivência, de ampliação de mercados, de **maximização de lucros**.

Mas a gestão ambiental traz, inegavelmente, um **melhor nível de vida** atrelado à **satisfação geral da sociedade**.

Não uma dimensão definida para aplicação da gestão ambiental. Desde a pequena propriedade privada até o grande latifúndio, nas empresas públicas ou privadas, nos municípios, estados e União, pode e deve ser aplicada.

## 6. Referências bibliográficas

DONAIRE, Denis. **Gestão Ambiental na empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.

SEIFFERT, Nelson Frederico. **Uma Contribuição ao Processo de Otimização do Uso dos Recursos Ambientais em Microbacias Hidrográficas**. Florianópolis: Tese de Doutorado, UFSC1996.

SAUSEN,T. **Projeto educasere II**. São Paulo. INPE / SELPER, 1998, CD-ROM

NOVO,E.M.L. de M. **Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 1992, 308p. 2ª edição

KARNAUKHOVA,E ; LOCH,C. **O Sensoriamento Remoto e a Fotogrametria Aplicados aos Estudos Ambientais** .Cobrac 2000, Florianópolis, Anais (CD), 2000.

DALOTTO,R.A; LOCH,C. **Prognose dos Componentes ambientais utilizando-se Fotografias aéreas** .Cobrac 2000, Florianópolis, Anais (CD), 2000.

BITENCOURT,L.R. de. **O Uso de Séries Históricas de Fotografias aéreas para o Monitoramento Físico-Espacial no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro – SC**. Florianópolis: Dissertação de Mestrado, UFSC1999, 120p.

BORTOT, Adhyles. **O uso do Cadastro Técnico Multifinalitário na Avaliação de impactos ambientais e na Gestão Ambiental na Mineração do Carvão – Estudo de caso: Mina de Treviso, Rio Albina – Siderópolis/SC**. Florianópolis: Dissertação de

