

Potencialidade de imagem espectral e espacial de alta resolução no fornecimento de dados de uso da terra em áreas degradadas pela mineração

RUTH.E.NOGUEIRA LOCH.¹ E FLÁVIO F. KIRCHNER ²

¹ Departamento de Geociências / CFH,
Universidade Federal de Santa Catarina,
Florianópolis- SC , E-mail: renloch@cfh.ufsc.br

²Departamento de Ciências Florestais
Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná
Curitiba- Pr, E-mail: Kirchner@floresta.ufpr.br

Abstract: With the objective to structure geographical data in a digital format to develop tools to control reclamation areas affected by mining activities in the south part of Santa Catarina State, a doctoral research was developed which involved the Fiorita river basin in Siderópolis-SC. Remote sensing techniques were applied to obtain the land use data, which were structured in a GIS. In this article part of the results are reported regarding the automatic analysis applied on the CASI test images. The results obtained showed that the sensor could improve the discrimination of the terrestrial classes (15 classes), when compared to the classes (10 classes) obtained by Landsat5TM. Nevertheless, some misclassification still remain between the land use and land cover classes that could be minimized with a new imaging with new spectral bands considering coal mining areas.

Keywords: Remote sensing, CASI test images, Coal mining areas, Land use data.

1 Introdução

O desenvolvimento da tecnologia do sensoriamento remoto facilitou muito a aquisição de dados ou informações da superfície terrestre, que antes só podiam ser obtidos por observações e medições locais diretas, o que era demorado e oneroso. Entretanto, com as diversas opções de sensores remotos atualmente, ficou um tanto difícil escolher um sensor apropriado para uma determinada tarefa, pois é raro existir um único sensor com características ideais para um problema específico.

Considerando o monitoramento ou gestão de áreas de mineração é aconselhável se utilizar um sensor com alta resolução espacial e espectral, pois é preciso visualizar diversos elementos que se espalham pela área em atividade, tais como pilhas de rejeito, pilhas de mineral, lagoas de decantação, barracões, acessos, áreas recuperadas, propriedades contíguas, plantações, pastagem, reflorestamentos, florestas e áreas urbanizadas (Legg,1995 e Loch, 2000). Para atender a essa necessidade, as fotografias aéreas métricas em escala adequada seriam apropriadas considerando a alta resolução espacial deste sensor. Porém, a resolução espectral pobre, apenas da banda visível, deixa muito a desejar quanto à informação qualitativa, como, por exemplo, sobre a poluição da vegetação adjacente e do solo degradado por efeitos da pirita. Os scanners a bordo da aeronave podem ser uma solução para os casos específicos onde se requer alta resolução espacial e espectral.

2 Embasamento Teórico

2.1 Sensor CASI utilizado nos projetos brasileiros

O *Compact Airborne Spectrographic Imager* – CASI é um sensor desenvolvido pela empresa canadense *ITRES Research Ltd.*, que utiliza aeronaves pequenas como plataforma para a aquisição de imagens com alta resolução espacial e espectral, visando atender a necessidades específicas que exigem uma resolução melhor do que aquelas atualmente disponíveis em fotografias aéreas ou imagens de satélite (ITRES, 1994).

O CASI possibilita a geração de imagens digitais programáveis no intervalo do espectro visível (430 nm) ao infravermelho próximo (870 nm), com alta resolução espacial e espectral. As imagens geradas pelo CASI são bidimensionais, ou seja, são construídas por linha–coluna no sentido do deslocamento da aeronave, em tempo real, e armazenadas em fitas magnéticas. Descrições mais detalhadas sobre o CASI podem ser obtidas em Oliveira Filho (1996).

Blackburn e Milton (1994); Milton e Rolin (1994) relataram alguns testes efetuados com o CASI para o setor florestal, monitoramento ambiental e classificação do uso do solo, considerando o comportamento fenológico da vegetação, em que mostraram a viabilidade desse sensor para as diversas aplicações.

Em 1992, foi estabelecido um programa internacional de transferência de tecnologia em SR e GIS entre o Canadá e o Brasil através da Agência Canadense de Desenvolvimento Internacional – CIDA. As empresas envolvidas neste programa pelo lado canadense foram ITRES Research Ltd., DIPIX Technologies e ITERA TYDAC e pelo lado brasileiro, a Aerodata S.A. Vários projetos piloto foram desenvolvidos no Brasil, objetivando, ao mesmo tempo, mostrar a aplicação do CASI para áreas potencialmente usuárias de produtos de Sensoriamento Remoto no Brasil e assegurar um treinamento apropriado para a sua operação. Os dados espaciais digitais produzidos para estes projetos foram apenas parcialmente aproveitados ou explorados pelas empresas conveniadas canadenses e brasileiras. No caso do Projeto da Região Carbonífera foram feitas algumas análises espaciais das imagens e comparadas aos dados gerados pelo LANDSAT-5 TM, mas, devido a problemas de ordem administrativa, a tecnologia CASI não teve continuidade em Santa Catarina e no Brasil.

2.2 Sensoriamento Remoto, Cartografia e SIG como base para a gestão ambiental

Comparando um mapa a uma imagem, observa-se que a imagem mostra mais informações que um mapa na mesma escala, não importando o quão detalhado ele seja. Utilizar um ou outro depende da necessidade e dos usuários. Alguns pesquisadores, no início dos anos 90, chegaram a conjecturar que as imagens digitais dos sensores seriam as candidatas ideais para substituir ou até mesmo suplantarem completamente os mapas convencionais. No entanto, isto não tem ocorrido, pois, em muitos casos, se requer a informação disposta de forma clara e limpa, isto é, sem que haja necessidade de interpretá-la e separá-la de outras, como ocorre quando se usa uma imagem. Para tanto, é preciso produzir mapas extraindo as feições das imagens que são relevantes para um determinado usuário (Loch, 2000).

O crescimento da população em áreas vulneráveis ou de risco aumenta o número de vítimas dos desastres naturais ou por contaminação de agentes químicos lançados no solo, água e ar. Medidas preventivas devem ser tomadas, incluindo o planejamento a longo prazo para o uso sustentável da terra nestes locais. As técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG podem ser usadas

para a detecção destes problemas, e para a proposição de estratégias para a mitigação e prevenção tanto em nível regional como local (Groten, 1993).

Os SIG, dependendo da cartografia inserida, são capazes de propiciar tanto uma visão particular quanto uma visão geral do espaço, seja ele urbano, rural ou regional. Isso possibilita aos tomadores de decisão obterem uma indicação rápida e segura para os problemas existentes naquela determinada área (Loch,2000). Métodos apropriados de sensoriamento remoto, e experiências pessoais podem desempenhar um papel importante na integração de tecnologias tradicionais e modernas para a solução de problemas locais (Groten, 1993).

3. Materiais e Método

Além dos dados de imagens de Satélite e de aerofotos e os mapas provenientes desses sensores, discutiu-se a possibilidade de incluir também na base de dados da área piloto, aqueles provenientes do Sensor Aerotransportável. Para tanto foram utilizados os seguintes dados:

- a) base cartográfica na escala 1: 10 000, oriunda de restituição aerofotogramétrica de fotografias aéreas na escala 1: 30 000;
- b) Dados do sensor CASI - disponibilizados pela Empresa Aerodata S. A.
- a) Software de análise de imagens ENVI– The Environment for Visualizing Images

3.1 Obtenção dos dados do CASI

O imageamento do sensor CASI realizado em 17 e 18 de novembro de 1992, compreendia 14 faixas, numa área que abrange parte dos municípios de Criciúma e Siderópolis, principais áreas degradadas pela mineração do carvão no Sul do Estado de Santa Catarina. O vôo foi realizado na direção Norte-Sul, com espaçamento de 1.300 m entre cada uma e largura de 1.792 m, de modo a garantir a superposição lateral de 30%, tanto para o sensor como para o recobrimento aerofotogramétrico tradicional, realizado concomitantemente na escala 1: 18 000.

O imageamento pelo CASI foi realizado de duas formas, de acordo com os dois modos de captação de dados do sensor: a) Espacial – conforme relatório do vôo foram voadas 14 faixas; e b) Espectral – conforme relatório do vôo foram voadas 6 faixas.








O modo espacial consistiu na coleta de dados em uma largura de 512 pixels, em que 7 bandas espectrais foram definidas conforme mostra a **tabela 1**, com a dimensão de cada pixel no terreno de 3,5 x 3,5 m.

O modo espectral abrangeu 6 faixas e 11 direções de visadas, com espaçamento de 20 pixels cada uma, onde foram centradas, no CCD de 512 pixels, 288 bandas (intervalos espectrais) com largura de 1,8 nm. Esse modo de imageamento permite a construção de gráficos específicos para cada alvo de interesse sobre a área. O CASI pode adquirir 288 bandas espectrais, para determinar a redundância espectral que existe para um alvo específico e quais bandas melhor descrevem sua assinatura espectral. A capacidade de alta resolução espectral do modo multiespectral permite examinar e analisar a assinatura espectral de um alvo. A análise da assinatura conduz à determinação das bandas espectrais ótimas (adequadas) para serem usadas na aquisição de dados com alta resolução espacial (Anger, Mah e Babey, 1994).

Nesta pesquisa o modo espectral não foi analisado, porque o arquivo que continha o programa para a leitura dos dados espectrais estava deteriorado quando se buscaram estes dados na empresa Aerodata. Em contato com a ITRES procurou-se obter uma cópia desses arquivos

digitais, mas a informação que se obteve é que este tipo de arquivo não é mais utilizado para ler dados espectrais nas novas versões do CASI, e que não havia como recuperá-los.

Tabela 1 – Configuração das bandas espectrais do Casi

Banda	Cor	Centro da faixa (nm)	Amplitude da Faixa (nm)	Largura da Faixa (nm)
1		487,5	476,1 – 499,0	22,9
2		551,9	548,4 – 555,5	7,1
3		601,6	598,1 – 605,2	7,1
4		680,2	678,4 – 682,0	3,6
5		712,5	710,7 – 714,3	3,6
6		737,8	736,0 – 739,6	3,6
7		748,7	746,9 – 750,5	3,6

Fonte: : Aerodata (1994)

Considerando a área de interesse desta pesquisa, verificou-se que apenas quatro faixas do voo executado abrangiam parte da área, por isso se fez o pré-processamento destas faixas (faixas 2, 3, 4 e 5), para escolher duas como objeto de investigação.

O pré-processamento consistiu da transformação dos dados no formato 12 bits armazenados em fitas magnéticas para o formato 8 bits, de forma a reduzir a quantidade de dados e possibilitar o uso por outros sistemas de tratamento de imagem. A continuidade do pré-processamento foi executada com o software Rollcor da ITRES, específico para correção radiométrica e de rotação do sensor em torno do eixo de deslocamento da aeronave, “Roll Correction”.

Analisando as quatro faixas de imagem decidiu-se utilizar apenas as faixas 3 e 4 por abrangerem a maior parte da área de estudo, incluindo a área urbana. A faixa 3 depois de recortada ficou com 980 linhas por 533 colunas e 7 bandas espectrais, e a faixa 4 com 1.053 linhas por 594 colunas e 7 bandas espectrais.

3.2 Processamento e Análise

Todo o processamento e análise dos dados CASI foram efetuados no sistema de análise de imagens ENVI.

Como o voo realizado nesta área faz parte de um projeto piloto para o Brasil e como estes dados não foram explorados em nenhum trabalho, consideraram-se os trabalhos desenvolvidos por diversos pesquisadores para escolher um método de classificação das imagens deste estudo. Entre as diversas aplicações dos dados obtidos pelo CASI verificou-se na literatura que a técnica das componentes principais foi usada em pesquisas desenvolvidas por Mah, Kirchner e Preosk (1994), para a discriminação da Acácia Negra e floresta subtropical; por Milton e Rollin (1994)

para o mapeamento de uso do solo; por Blackburn e Milton (1994), para estudos ecológicos em florestas; e por Braga Filho (1995,) para discriminação de espécies em pomares de maçã.

Considerando a experiência desses pesquisadores, optou-se por aplicar componentes principais como uma forma de reduzir a dimensionalidade dos dados e identificar regiões espectrais únicas. Cada faixa do CASI foi classificada individualmente, utilizando o algoritmo de classificação MaxVer. Para tanto, embasado no conhecimento da área e da fotointerpretação realizada com as fotografias aéreas e também da classificação das imagens de satélite, definiram-se as classes existentes em cada faixa. Na seqüência, fez-se a escolha das áreas de treinamento de cada classe, a análise da assinatura espectral dessas áreas amostrais, o refinamento dos dados digitais de cada amostra e finalmente procedeu-se a classificação de cada uma das faixas. Uma matriz de erros foi aplicada para verificar o resultado da classificação digital de cada imagem. Para tanto utilizou-se áreas amostrais de cada classe previamente delimitadas visualmente na tela do monitor.

3.3 Correção geométrica

A maioria dos erros ou distorções das imagens geradas pelo CASI que são causados pelo movimento da aeronave é removida no processo de pré-processamento das imagens. No entanto, devido ao ângulo de visada do sensor e do sistema de navegação inercial, as coordenadas terrestres permanecem incorretas, podendo atingir mais de uma centena de metros, conforme o desnível do terreno. Esses erros podem ser removidos, na sua maioria, utilizando um modelo matemático polinomial de 1ª ordem. Entretanto, esse tipo de correção desconsidera as variações de altitude terrestre, o que faz permanecer erros de posição na imagem (Cosandier *et al.*, 1994). Para se obterem melhores resultados na correção geométrica das imagens CASI, é preciso utilizar métodos fotogramétricos com pontos de controle obtidos no campo ou de cartas em escala adequada.

No caso desta pesquisa, as imagens das duas faixas do CASI foram corrigidas geometricamente, de forma individual, no programa de análise digital de imagens ENVI. O modelo matemático escolhido para proceder à transformação foi um polinômio de 1º grau para o registro dos pontos comuns da imagem (a ser corrigida) com a base cartográfica (referência) e a reamostragem pelo vizinho mais próximo, para calcular os valores apropriados da intensidade para os pixels da imagem, no novo sistema de coordenadas definido pela base cartográfica.

Nesse tipo de transformação matemática são consideradas as coordenadas x e y da imagem e as correspondentes coordenadas do sistema de projeção UTM da carta. Como a coordenada z não foi considerada, permaneceram erros de posicionamento na imagem devido às variações de altitude terrestre. Foi impossível utilizar modelos fotogramétricos neste caso de estudo, devido aos seguintes problemas: a) falta de superposição entre as faixas do vôo – somente a metade das faixas tem superposição e existe uma lacuna entre as faixas onde o terreno não foi imageado (parte ao norte); e b) inexistência de registros importantes relativos ao imageamento, como, por exemplo, o *offset* de orientação entre o sistema de navegação inercial (giroscópio) e o CASI, os quais seriam necessários para o modelo fotogramétrico.

4. Resultados e Discussão

4.1 Considerações sobre as imagens das faixas 3 e 4 do CASI

Diversas composições coloridas foram dispostas na tela do monitor, depois das bandas terem sido realçadas linearmente, para se analisarem aquelas que proporcionavam uma melhor visualização dos diferentes alvos da superfície.

Na análise das faixas dispostas na tela lado a lado, verificou-se que elas apresentavam uma aparência distinta; a faixa 3 apresentava uma aparência mais clara que a faixa 4, fato evidenciado quando se compararam os mesmos alvos na área de superposição entre as faixas. Além disso, o deslocamento dos alvos na superfície terrestre comportou-se diferentemente de uma faixa para outra. Tal fato deve ser derivado da visada do sensor, pois, conforme o relatório de voo, a faixa 4 foi voada no sentido S-N das 10h24min às 10h29min, e a faixa 3 foi voada no sentido contrário, entre 10h41min e 10h47min.



Figura 1- Composição colorida na bandas 4(R), 7(G) e 2(B) das faixas de voo 3 e 4 do CASI

O horário do vôo também não foi o mais adequado. Apesar de as fotos terem sido tomadas no último mês da primavera, o local está numa latitude de aproximadamente 29°, fato que mostra um ângulo solar acentuado (53° no dia 17 de novembro), agravado pela hora de tomada, a qual deveria ser próxima ao meio-dia, para diminuir as sombras devido ao relevo e aos alvos imageados. A **Figura 1** mostra uma composição colorida das bandas 7R, 4G e 2B das duas faixas do CASI utilizadas nesta pesquisa, as quais têm aspecto semelhante à fotografia infravermelho falsa-cor. Essa composição foi utilizada para delimitar visualmente as áreas amostrais de cada classe na tela do monitor.

4.2 Classificação das Faixas do Casi

Cada faixa do CASI foi classificada individualmente, utilizando o algoritmo de classificação MaxVer e as 4 primeiras componentes principais das 7 bandas do CASI. Para tanto, definiram-se primeiramente as classes existentes em cada faixa, com base no conhecimento da área e na interpretação visual das fotografias aéreas e também na classificação das imagens de satélite.

A faixa 3 foi classificada primeiro com 12 classes, depois com 13, depois com 15 e finalmente com 14 classes, sempre tentando melhorar as classes de vegetação. Para a classificação da faixa 4 foram definidas basicamente as mesmas classes da faixa 3, com a inserção da classe Rejeito, a qual não existia na faixa 3. As classes Capoeirão, Eucalipto Jovem e Cultivo não existem na faixa 4, por isso o número de classes finais para essa faixa foi de 12.

4.2.1 Análise dos resultados da matriz confusão e inspeção visual da classificação da faixa 3

Os resultados da matriz confusão para a faixa 3 apontaram que 95% do uso do solo foi classificado corretamente, mas verificou-se que a classe Capoeira apresentou apenas 85,21% da classificação correta, aparecendo confundida com as classes Pastagem, Banana e Floresta Nativa com Eucalipto, permanecendo 14% de omissão. Tal fato deve ser devido às bandas do visível apresentarem valores de cinza, das médias, muito próximos para essas classes, como pode ser observado no gráfico das assinaturas espectrais (vide **Figura 2**).

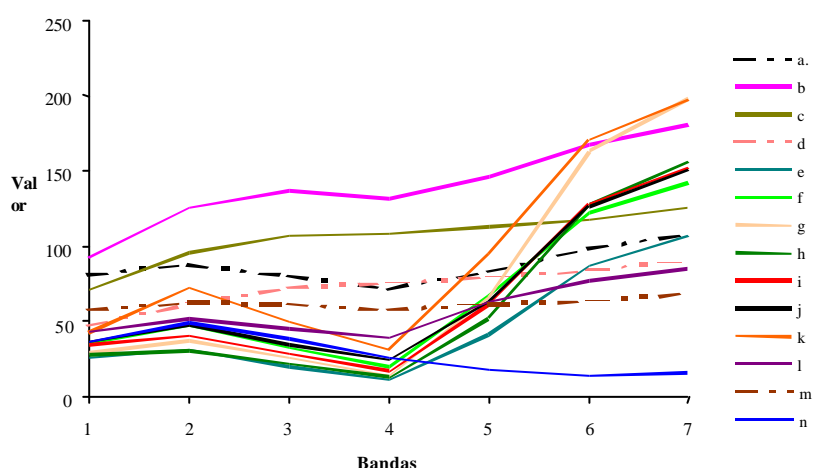


Figura 2: Gráfico de comparação das assinaturas espectrais pela médias dos valores de brilho da faixa 3 do CASI

Onde : a = Estradas Asfaltadas; b = Vias de Acesso; c = Solo Descoberto; d = Cultivo; e = Capoeirão; f = Capoeira; g = Eucalipto; h = Eucalipto Jovem; i = Floresta Nativa e Eucalipto; j = Banana; k = Pastagem; l = Estéril com Vegetação; m = Estéril; n = Lagoas.

O gráfico da **Figura 2** mostra um resumo da estatística das áreas amostrais da faixa 3, onde se verifica que a média das assinaturas espectrais das classes de Cobertura Florestal e Banana apresentaram comportamento espectral semelhante, principalmente nas bandas do espectro visível. Esse fato justifica a confusão apresentada na classificação da vegetação para essa faixa. Foram classificadas com 100% de acerto apenas as classes Pastagem, Vias de Acesso e Solo Descoberto; mesmo assim, existe uma pequena percentagem de comissão nestas classes. A faixa classificada e uma composição colorida com alvos marcados estão na **Figura 3**.

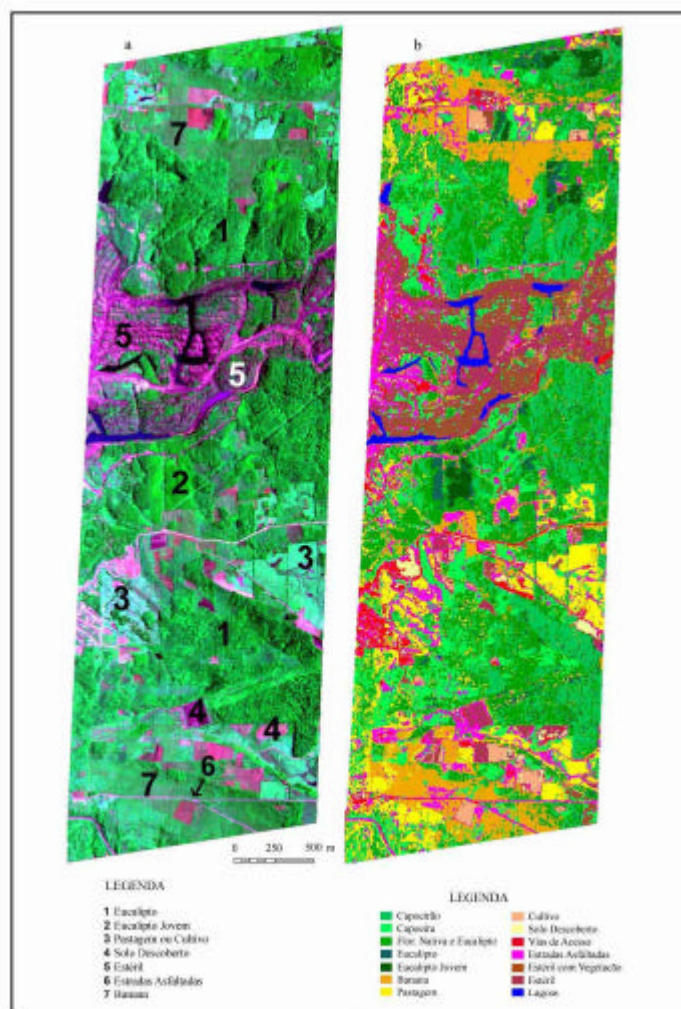


Figura 3 - Faixa 3 do CASI : a) composição colorida nas bandas 4 (R), 7(G) e 2(B); b) imagem classificada.

Inspecionando visualmente o resultado da classificação, verificou-se como as classes resultantes da classificação digital se comportavam em relação às classes delimitadas na foteointerpretação das fotos aéreas da mesma data, as quais serviram de verdade terrestre para a classificação. Nesta inspeção verificou-se que:

1. as duas classes de eucalipto foram bem discriminadas. Isso deve ser devido a uma ser de eucalipto mais jovem e a outra de eucalipto na fase adulta;
2. em algumas áreas a classe Eucalipto apresentou confusão com a classe Capoeirão e a classe Floresta Nativa com Eucalipto, fato provavelmente acentuado pelo fator sombra das copas das árvores e do relevo;
3. nas áreas de pastagem ou de cultivo o fator sombra do relevo fez com que houvesse uma classificação incorreta de alguns locais, como sendo revestidos com asfalto;
4. em alguns locais da área rural, o solo descoberto apresentou características semelhantes àsquelas de rejeito; tendo a mesma resposta espectral desta classe, foi incluído nela;
5. as áreas com estéril da mineração a céu aberto (abandonadas) foram bem discriminadas, assim como as áreas com bananal.

4.2.2 Análise dos resultados da matriz confusão e inspeção visual da classificação da faixa 4

A classificação da cobertura da terra desta faixa apresentou melhor resultado que a classificação da faixa 3; obteve-se 97,87% de exatidão.

Observando a matriz confusão, verificou-se que a baixa exatidão da classe Floresta Nativa com Eucalipto (86,08%) é resultado da homogeneidade entre as assinaturas espectrais destas classes, conforme se pode verificar na **Figura 4**. O sensor não conseguiu discriminar as duas classes, pois elas têm valores de brilho muito próximos.

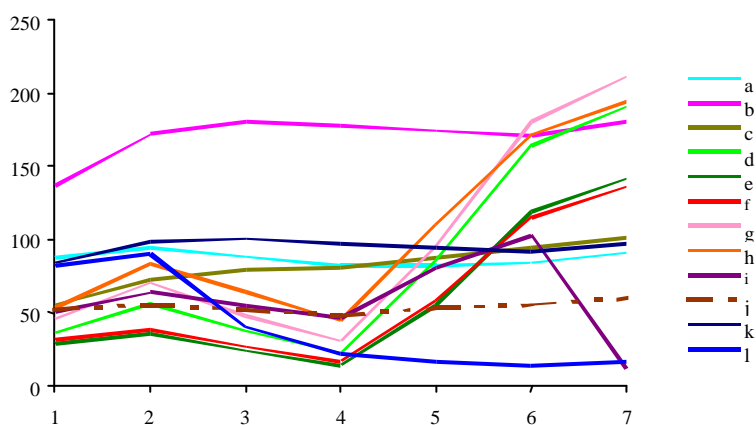


Figura 4 - Gráfico de comparação das assinaturas espectrais pela médias dos valores de brilho na faixa 4 do CASI.

Onde: a = Estradas Asfaltadas; b = Vias de Acesso; c = Solo Descoberto; d = Capoeira; e = Eucalipto; f = Floresta Nativa e Eucalipto; g = Banana; h = Pastagem; i = Estéril com Vegetação; j = Estéril; k = Rejeito; l = Lagoas.

Verificando o resultado da matriz confusão, percebeu-se que seis classes foram classificadas com 100% de exatidão e, mesmo assim, em três delas, Banana, Estéril e Estrada Asfaltada, permanecem erros de comissão. Inspeccionando visualmente a imagem classificada (**vide Figura 5**) e comparando-a às fotografias aéreas da mesma data, que serviram como verdade terrestre para a classificação, verificou-se que:

1. a confusão entre as classes Eucalipto e Floresta Nativa com Eucalipto é evidente: a maioria das áreas foram classificadas como Nativa com Eucalipto, onde, na verdade é Eucalipto;
2. as classes Estéril e Estéril com Vegetação apareceram dentro da cidade, onde o solo urbano tem aparência semelhante a essas classes.
3. a classe Vias de Acesso, denominação dada às ruas sem revestimento, incluiu as edificações nessa classe, porque a cobertura de telha de barro mostra a mesma resposta espectral;
4. a classe Estrada Asfaltada apareceu também nas áreas de exploração carbonífera a céu aberto, na estrada de ferro e em locais que se pressupõem que tivessem rejeitos de carvão espalhados;
5. a classe Rejeito, apesar de ser classificada com 100% de exatidão, segundo matriz confusão, não foi bem discriminada pelo sensor. Os locais onde o rejeito foi espalhado, ou estava em montículos, foram classificados, na sua maioria, como Estradas Asfaltadas. Provavelmente essa confusão seja devido ao grau de umidade do rejeito;
6. a classe Solo Descoberto apareceu também em áreas de rejeito, onde o solo apresentou característica idêntica à desta classe.

4.3 Correção Geométrica

Para a correção geométrica da faixa 3 foram escolhidos 8 pontos homólogos na imagem, composição colorida 7R, 4G e 2B do CASI, e na base cartográfica na escala 1:10 000. Para a faixa 4 foram utilizados 10 pontos distribuídos na imagem de maneira o mais uniforme possível. O modelo polinomial de primeiro grau considerado para a correção geométrica de cada faixa do CASI apontou um erro médio quadrático de 4,17 m para a faixa 3, e 4,55 m para a faixa 4, derivados dos erros dos pontos de apoio, conforme mostram as tabelas 19 e 20 a seguir.

Conforme explicado na metodologia e mostrado, a correção geométrica foi efetuada considerando apenas as coordenadas x e y . Como a altimetria não foi considerada e o relevo é moderadamente acidentado, os erros de posicionamento das feições ainda persistem nas imagens. Portanto, se fosse feito um mosaico das duas faixas seria possível identificar erros geométricos principalmente na ligação das mesmas. Quando o mosaico for superposto à base cartográfica serão observados onde ocorreram os maiores erros geométricos.

5. Conclusões

A classificação digital das imagens CASI, de modo geral, não apresentou resultados melhores que aqueles obtidos nas imagens TM, apesar de conseguir discriminar 15 classes de uso/cobertura da terra, contra dez classes das imagens de satélite. Seis classes foram bem discriminadas na análise digital das imagens CASI, as outras nove apresentaram problemas de confusão entre elas. Um mesmo alvo apresentou resposta espectral diferente de uma faixa de imagem para outra e foi, portanto, classificado diferentemente em cada uma delas. O caso mais evidente é aquele das áreas com vegetação na superposição das faixas de imagem.

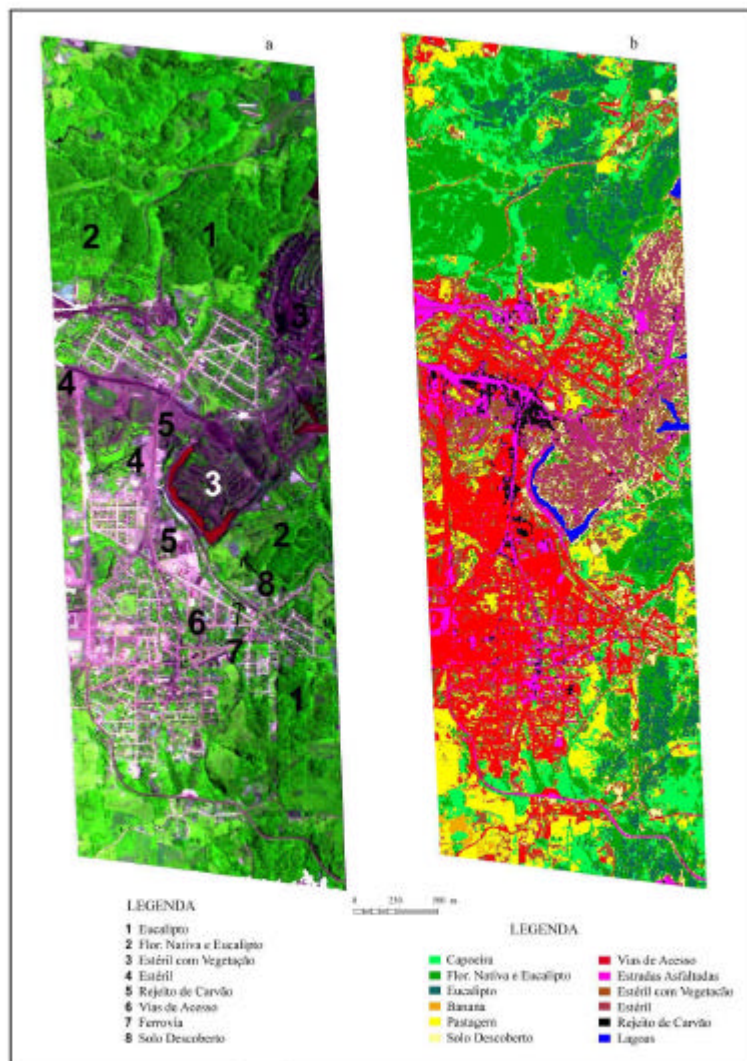


Figura 5 - Faixa 4 do CASI : a) composição colorida nas bandas 4 (R), 7(G) e 2(B);
b) imagem classificada.

A falha no voo para a superposição das faixas contribuiu negativamente na correção geométrica das duas faixas de imagens. Os erros de posicionamento, junto com a qualidade temática, indicaram que ambos precisam ser melhorados para que os dados derivados da interpretação automática das imagens CASI possam efetivamente serem usados como fonte de informações sobre o uso e cobertura da terra na área considerada.

Os resultados da análise automática dos dados experimentais obtidos pelo CASI na Bacia Carbonífera Catarinense indicaram a necessidade de redefinir as fendas espectrais para o imageamento de áreas de mineração de carvão e arredores, para se obterem resultados melhores na discriminação da cobertura da terra neste tipo de área. Só dessa maneira se pode realmente utilizar os dados do CASI para compor um banco de dados em áreas degradadas pela mineração.

Referências

- Anger, C. D.; Mah, S.; Babey, S. K. Technological enhancements to the compact airborne spectrographic imager. In: First International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition (1994 : Strasburg). **Cópia dos Anais...** [S. l : s.n.], 1994.
- Blackburn, G. A.; Milton, E. J. An application of airborne imaging spectrometry to ecological studies of woodlands. In: First International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition (1994 : Strasburg, France) **Cópia dos Anais...** Strasburg : [s. n.], 1994. p. 11-15.
- Braga Filho, H. J. Previsão agrícola. Florianópolis, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Cosandier, D. et al. The integration of a digital elevation model in casi image geocorrection. In: First International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition (1994 : Strasburg, France). **Cópia dos Anais...** Strasburg : [s. n.], 1994.
- Groten, S. M. E. Earth observation for ecologic hazard mitigation and prevention. **ITC Journal**. n. 4, p. 400-404, abr. 1993.
- ITRES. **Notes**, v. 2. n. 1, 1994.
- Loch, R. E. N. Estruturação de dados geográficos para a gestão de áreas degradadas. Curitiba, 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná.
- Legg, C. A. **Remote sensing and image interpretation systems**. Chichester: John Wiley & Sons e Praxis Publishing, 1995.
- Mah, S. ; Kirchner, F. F. And Preosk, R. Spectral discrimination of acacia negra for forest management in sub-tropical brasilian plantation: a commercial airborne imaging spectroscopy study. In: ECO RIO'94 (1994 : Rio de Janeiro). **Cópia dos Anais...** [1994?].
- Milton, E. J.; Rolin, E. M. Casi test flight over part of the new forest Hampshire. In: First International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition (1994 : Strasburg, France). **Cópia dos Anais...** Strasburg : [s. n.], 1994.
- Oliveira Filho, P. C. de. Análise de dados digitais multiespectrais de alta resolução obtidos pelo sensor "Compact Airborne Spectrographic Imager" em uma área rural do município de São José dos Pinhais-PR. Curitiba, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná.