

Letícia Oliveira Freitas

Avaliação da Utilização de Imagens
CBERS em Estudos de Uso e
Cobertura do Solo

XII Curso de Especialização em Geoprocessamento
2010



UFMG
Instituto de Geociências
Departamento de Cartografia
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha
Belo Horizonte
cartog@igc.ufmg.br

LETÍCIA OLIVEIRA FREITAS

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE IMAGENS CBERS EM ESTUDOS DE USO E
COBERTURA DO SOLO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de especialista em Geoprocessamento. Curso de especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Prof.. Christian Rezende Freitas

BELO HORIZONTE

2010

FREITAS, Letícia

Avaliação da Utilização de Imagens CBERS em Estudos de
Uso e Cobertura do Solo / Letícia Oliveira Freitas - Belo
Horizonte, 2010.

vi, 35 f.: il.

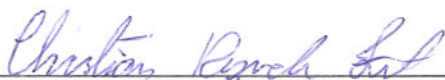
Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas
Gerais. Instituto de Geociências. Departamento Cartografia, 2010.

Orientador: Prof. Christian Rezende Freitas

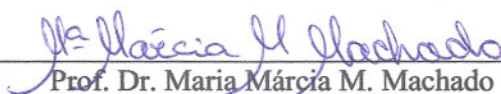
1. CBERS CCD e HRC 2. Utilização de Imagens 3. Uso e
Cobertura do Solo I. Título.

Aluno (a) Leticia Oliveira Freitas

Monografia defendida e aprovada em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, em 16 de dezembro de 2010, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Christian Rezende Freitas



Prof. Dr. Maria Márcia M. Machado

RESUMO

No âmbito do sensoriamento remoto, o imageamento das superfícies terrestres por satélites têm sido usualmente utilizado em estudos ambientais diversos, inclusive na identificação de uso e cobertura com diferentes finalidades. Neste processo, as técnicas de classificação de imagens são utilizadas frequentemente. Em linhas gerais, este trabalho objetiva a avaliação das imagens do satélite CBERS em seus sensores CCD e HRC, buscando apontar as principais potencialidades e limitações destes produtos, bem como a definição de escalas de mapeamentos apropriadas para as imagens de cada sensor. Neste trabalho, a avaliação da utilização de imagens CBERS foi avaliada desde a composição de bandas, técnicas de realce, fusão de imagens IHS, classificação supervisionada através do método de máxima verossimilhança e análise da matriz de confusão e dos resultados das classificações. A aplicação das técnicas de classificação e geração de matrizes de confusão foram realizadas com a imagem CCD e com as imagens CCD e HRC fusionadas, separadamente, com posterior análise comparativa. No processo das operações foram analisadas as principais vantagens e desvantagens que essas imagens oferecem. Para obtenção de bons resultados no emprego das imagens CBERS em estudos de uso e cobertura do solo, torna-se indispensável a inserção de informações verificadas no terreno, com a finalidade de reduzir os índices de confusão, decorrentes do processo de classificação. No geral, uma das principais vantagens da utilização das imagens CBERS é a aplicação de fusão que resulta em uma melhora na qualidade das imagens, no entanto, algumas fragilidades são apontadas, como o modelo de correção radiométrica e os baixos índices de exatidão e coincidência gerados pelas matrizes de confusão.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Apresentação.....	1
1.2 – Objetivos	1
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.1 – O Satélite CBERS	3
2.2 – A Utilização do CBERS	4
CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS	8
3.1 – Definição da área de estudo	8
3.2 – Base de dados	10
3.4 – Desenvolvimento Metodológico	12
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1 - Localização da área de estudo	9
Figura 2 – Mapa de Uso e Cobertura do Solo	11
Figura 3 - Fluxograma da estrutura geral da metodologia de trabalho	12
Figura 4 – Efeitos do realce de imagem	13
Figura 5 – Imagens realçadas CBERS e LANDSAT	17
Figura 6 – Comparação do realce de imagens	18
Figura 7 – Resultado da fusão de imagens	19
Figura 8 – Classificação da Imagem CCD	22
Figura 9 – Classificação das Imagens CCD e HRC fusionadas	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado das Matrizes de Confusão	21
Tabela 2 – Quadro Comparativo das Imagens CCD e HRC	25

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CBERS	- Satélite Sino Brasileiro de Recursos Terrestres
CCD	- Câmara Imageadora de Alta Resolução
HRC	- Câmara Pancromática de Alta Resolução
ICA	- Instituto de Cartografia Aeronáutica
IFPB	- Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba
IHS	- Intensidade Matriz e Saturação
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IRMSS	- Imageador por Varredura de Média Resolução
LANDSAT	- Land Remote Sensing Satellite
RGB	- Red Green Blue
SAD	- South American Datum
UTM	- Universal Transverso de Mercator (Projeção Cartográfica)
WFI	- Câmara Imageadora de Amplo Campo de Visada

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Nos estudos ambientais a tecnologia do sensoriamento remoto se torna cada vez mais pertinente, uma vez que possibilita a identificação da distribuição espacial das diferentes tipologias de cobertura do solo. Este diagnóstico atua como um instrumento de análise e planejamento que permite caracterizar geograficamente os lugares, bem como apontar as possibilidades de futuras apropriações espaciais.

Atualmente, existem disponíveis diversas metodologias e produtos para diagnóstico de uso do solo, através de técnicas de geoprocessamento. O desafio está na avaliação de metodologias e instrumentos apropriados para estudos de naturezas e objetivos diversos.

Um dos produtos disponíveis para estudos desta natureza são as imagens dos satélites CBERS, disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Através dos diferentes sensores CBERS são disponibilizadas imagens com resoluções distintas que podem ser mais ou menos adequadas a aplicação em um estudos específico. As características de cada sensor CBERS são voltadas para aplicações com diferentes interesses.

Torna-se pertinente a avaliação destes produtos com a finalidade de identificar as potencialidades e limitações da utilização das imagens de cada sensor em diferentes estudos ambientais. Neste trabalho serão utilizados os sensores CCD e HRC.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste estudo é avaliar a utilização das imagens CBERS, dos sensores CCD e HRC no mapeamento de uso e cobertura do solo para estudos em diferentes escalas de interesse.

Os objetivos específicos são:

- Identificar a melhor escala de mapeamento para as imagens dos sensores CCD e HRC, considerando o método de fusão de imagens;

- Elaborar um quadro comparativo indentificando as principais limitações e potencialidades da utilização de cada imagem.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 - O SATÉLITE CBERS

O satélite CBERS (Satélite Sino Brasileiro de Recursos Terrestres) surgiu em 1988 a partir de uma parceria entre o Brasil e a China, no setor técnico científico espacial. Essa iniciativa foi impulsionada pela necessidade de monitorar constantemente os territórios destes países, considerando os diversos recursos naturais e potenciais agrícolas e ambientais existentes. O acordo entre Brasil e China contribuiu para reverter o quadro de dependência dos países em desenvolvimento, no acesso as tecnologias de observação da terra.

No início, o Programa CBERS contemplava dois satélites de sensoriamento remoto (CBERS 1 e 2), momentos depois, ambos os governos decidiram expandir o programa com três novos satélites (CBERS 2B e CBERS 3 e 4).

O primeiro satélite do programa a ser lançado foi o CBERS 1, em 1999, seguido do CBERS 2, lançado em 2003, teoricamente esses dois satélites são idênticos, são contemplados pelos sistemas ópticos CCD (câmara imageadora de alta resolução) e IRMSS (imageador por varredura de média resolução) e WFI (câmara imageadora de amplo campo de visada). Em 2007 foi lançado o CBERS 2B, com a inserção de algumas melhorias, sendo a principal, a substituição do imageador IRMSS por uma câmara pancromática de alta resolução (HRC). Os satélites CBERS 3 e 4 estão previstos para serem lançados em 2011 e 2013, respectivamente. A evolução proposta para estes dois últimos é a utilização de quatro câmaras com desempenhos geométricos e radiométricos melhorados.

Ainda segundo informações do INPE, a câmara imageadora de alta resolução – CCD possui resolução espacial de 20 metros, em quatro bandas espectrais e uma pancromática.

Seu campo de visada é de 120 km e sua frequência temporal é de 26 dias. Essas características aliadas favorecem os estudos municipais ou regionais, cujo detalhamento seja importante. Assim, suas principais aplicações são em estudos que envolvem identificação de áreas vegetadas, agrícolas, meio ambiente, água, cartografia, geologia e solos.

Já o imageador por varredura de média resolução – IRMSS apresenta duas bandas espectrais na região do infravermelho médio e uma pancromática, com 80 metros de resolução espacial, além de outra banda no infravermelho termal com 160 metros. Suas aplicações são semelhantes as da CCD, no entanto, com algumas adaptações.

O imageador de amplo campo de visada – WFI permite estudar grandes extensões territoriais de 890 km, o que favorece os fenômenos com interesse em escalas macro regionais ou estaduais.

E por fim, a câmara pancromática de alta resolução – HRC pode imagear uma faixa estreita de 27 km, com altíssima resolução de 2,7 m de dimensão de pixel, o que favorece os estudos com alto grau de detalhamento. As principais aplicações são voltadas para áreas urbanas, geração de mosaicos detalhados, atualização de cartas temáticas e estudos de planejamento local ou municipal.

Ressalta-se que o INPE considera alta a resolução espacial do sensor CCD (20 metros) e altíssima a do sensor HRC (2,7 metros).

2.2 - A UTILIZAÇÃO DO CBERS

As imagens do satélite CBERS são usualmente utilizadas em estudos de uso e ocupação da cobertura terrestre, elaboração de cartas temáticas e classificação de vegetação. Em algumas aplicações, a sua utilização ainda se encontra na fase de experiência e testes.

Na aplicação das imagens de satélite para as operações militares, Fortes (2006) avalia a utilização das imagens do sensor CCD. O autor ressalta que as imagens deste sensor proporciona maiores detalhes do terreno e aborda um dos componentes de estudo do terreno, a vegetação, que atua como um fator de restrição na transitabilidade.

Ainda de acordo com Fortes (2006), nos estudos de levantamento de restrições de terreno, são utilizadas cartas topográficas desatualizadas e nem sempre é possível deslocar equipes de reconhecimento para a confirmação dos dados. São nestas situações que a utilização de imagens de satélites tornam-se importantes. Portanto torna-se pertinente a avaliação das imagens do sensor CCD, por serem de alta resolução e por fornecerem maiores detalhes do terreno.

Em seus estudos Fortes concluiu que as análises das imagens CBERS, pelo sensor CCD, com resolução espacial de 20 metros não se mostram confiáveis para a realização do levantamento em questão. O autor argumenta que o resultado desta experiência revelou baixos índices de concordância com o reconhecimento do terreno e em comparação aos índices encontrados com o emprego das imagens LANDSAT. Entretanto, apesar deste baixo índice, o autor recomenda o prosseguimento de estudos das possibilidades das imagens CBERS 2, com vistas a analisar outros aspectos do terreno, para que se alcance um nível mais profundo de conhecimento sobre as possibilidades deste produto na análise de vegetação. Com base neste panorama o autor ressalta:

As imagens do sensor CCD do CBERS-2 com resolução espacial de 20 metros não são confiáveis para a realização de levantamentos de restrições do terreno impostas pela vegetação. (FORTES, 2006).

Nos estudos de uso e ocupação do solo, SARAIVA et.al. do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB destaca que a fusão de bandas, que combina alta resolução espacial do sensor HRC com a alta resolução espectral do sensor CCD possibilita gerar produtos finais de melhor qualidade que garantem a extração de informações de uso e ocupação do solo. Para este estudo foram utilizadas imagens do sensor CCD nas bandas 1 (região do azul), 2 (região do verde), 3 (região do vermelho) e 4 (região do infravermelho próximo).

Nas experiências relatadas, os autores destacam as principais vantagens e desvantagens do emprego das imagens CBERS nos respectivos temas. Neste contexto, a técnica de fusão é avaliada positivamente, uma vez que gera uma imagem sintética de excelente qualidade, compondo a alta resolução espectral do sensor CCD com a alta resolução espacial do sensor HRC. Assim, SARAIVA et.al. destaca:

A possibilidade de usar dados orbitais de diferentes sensores mostrou-se totalmente viável com a utilização da técnica de fusão

de imagens (transformação IHS), a qual gerou uma imagem sintética de excelente qualidade unindo alta resolução espectral do sensor CCD com a alta resolução espacial do sensor HRC. (SARAIVA et. al, 2010).

No âmbito da elaboração de cartas temáticas, GOMES et. al. do Instituto de Cartografia Aeronáutica – ICA realizou uma experiência de utilização das imagens CBERS na elaboração de cartas aeronáuticas para vôo visual, em escalas de 1:1.000.000 e 1:250.000. Essa experiência partiu de interesses financeiros e técnicos. GOMES et. al. ressalta que uma cena CBERS custa aproximadamente, 37% do valor de uma cena do satélite LANDSAT (atual satélite utilizado pelo Instituto), e teoricamente possui características técnicas bem próximas. É mencionado também que a utilização do CBERS é uma forma de valorizar o avanço tecnológico brasileiro, uma vez que se trata de um produto nacional.

O sensor escolhido na utilização das imagens CBERS para elaboração de cartas aeronáuticas é o CCD. O pesquisador justifica que tal escolha é em função da resolução espacial que confere com as cartas em escala de 1:250.000, com PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) de 125 metros e erro padrão de 75 metros.

As imagens de satélites em formatos originais apresentam frequentemente degradações radiométricas, ocasionadas por possíveis erros durante a transmissão de dados; desajustes na calibração dos detectores; e até influências atmosféricas. Estas degradações se não forem corrigidas podem ser enfatizadas, durante as operações de realce de imagens. Para a correção destes desajustes são realizadas correções radiométricas, através de modelos matemáticos durante o processamento digital de imagens.

Entretanto, foi apontado por GOMES et. al. que as cenas das imagens CBERS não apresentam correção radiométrica, e ao comunicar o INPE sobre este processo, o mesmo declarou que existe, de fato, um problema no modelo matemático da correção radiométrica, o que ocasiona a falta de definição nas imagens. O autor relata que considerando as resoluções espaciais e espectrais das cenas do sensor CCD, e a atual correção radiométrica, as imagens oriundas deste sensor resultam em cenas de qualidade inferior, se comparadas as cenas do satélite LANDSAT.

As cenas do sensor CCD provenientes do satélite CBERS, ainda não possuem qualidade suficiente para utilização na confecção das cartas aeronáuticas, em função de um modelo matemático de correção radiométrica, mal condicionado.

No entanto, pode-se avaliar as cenas corrigidas com o novo modelo matemático e constatar a grande melhora na delimitação da imagem. Assim sendo, tudo leva a crer, que as cenas provenientes do CBERS 2 terão condição de serem utilizadas na confecção das cartas aeronáuticas. (GOMES et. al, 2003).

Ainda conforme GOMES et.al. a área de recobrimento do sensor CCD é pequena, em comparação a outros satélites. Portanto, para elaboração de cartas aeronáuticas, seriam necessárias muitas cenas para contemplar uma carta-imagem na escala de 1:250.000.

CAPÍTULO 3 –

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Definição da área de estudo

Foi escolhida como área de estudo a bacia hidrográfica do Riacho do Brejo, inserida nos municípios de São João das Missões e Itacarambi, localizados no extremo norte de Minas Gerais.

A bacia hidrográfica apresenta área territorial de 16.386 ha. O território da bacia é contemplado por uma cena de imagem do sensor CBERS CCD (órbita 154 – ponto 117) e uma cena do CBERS HRC (órbita 154/D – ponto 117/1), ambas com datas de 11/12/2009.

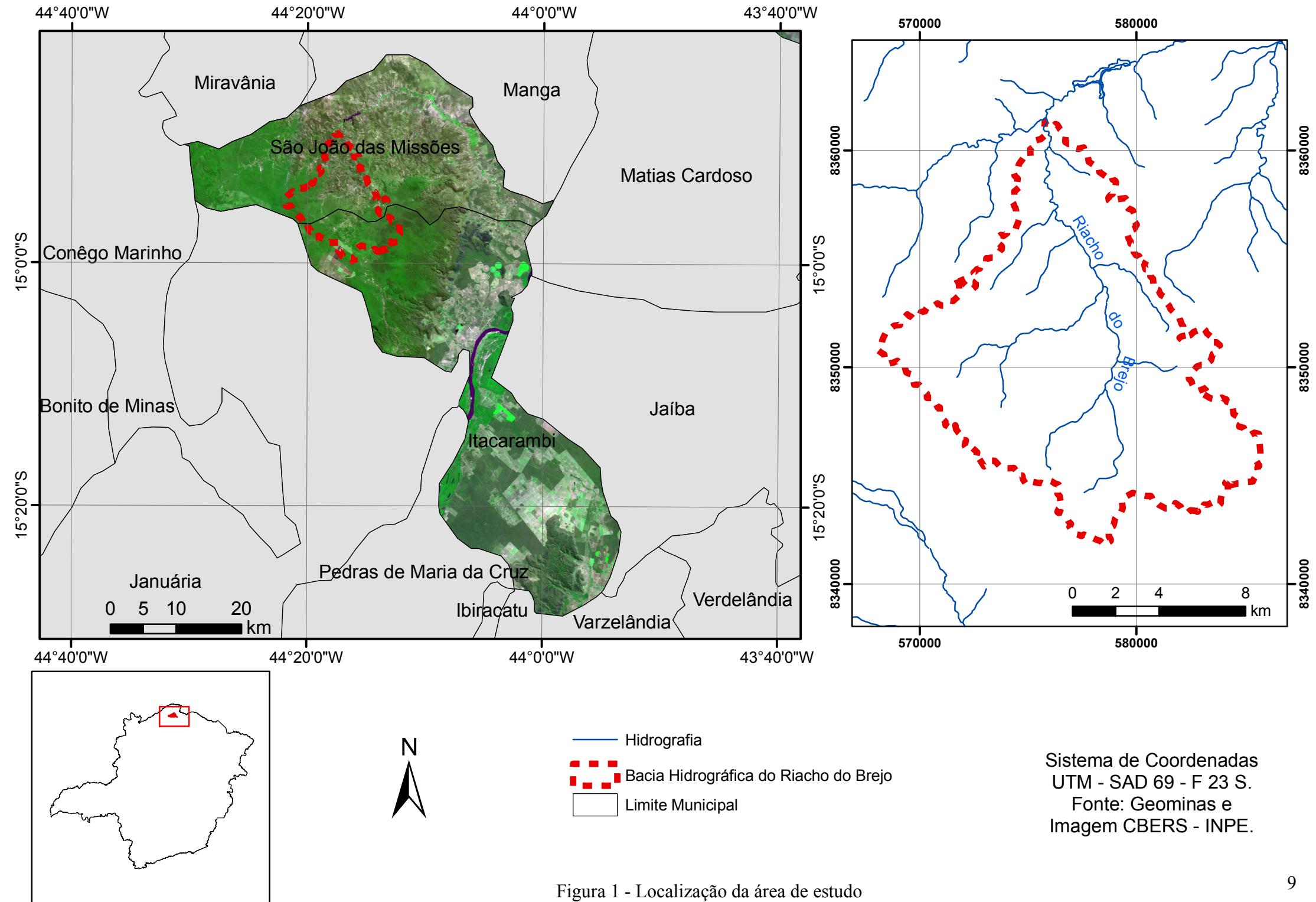


Figura 1 - Localização da área de estudo

3.2 – Base de Dados

Para possibilitar a realização da classificação supervisionada, foi utilizado o mapa de uso e cobertura do solo, produzido pela CSL Consultoria de Engenharia e Economia. Este mapa foi elaborado através de trabalho de campo realizado na área de estudo, em outubro de 2010.

No presente estudo, este mapa é chamado de “mapa base” e é empregado na avaliação dos resultados da classificação, através da matriz de confusão. O referido mapa pode ser visualizado na Figura 2.

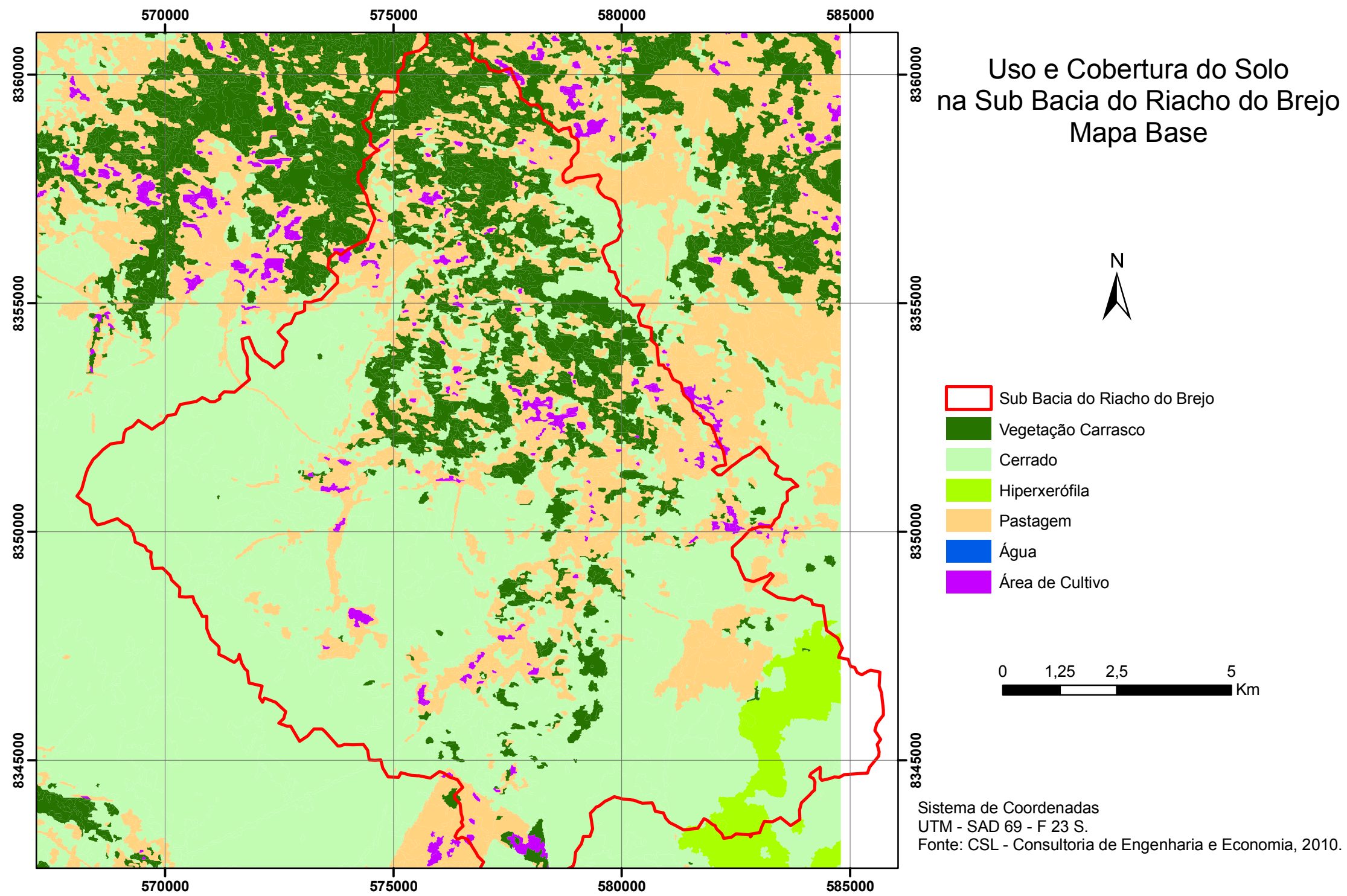


Figura 2 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo

3.3 – Desenvolvimento metodológico

O fluxograma da Figura 3 apresenta a estrutura geral da metodologia utilizada para atingir os objetivos do trabalho. Cada tópico, assim como, os detalhes importantes para sua viabilização serão brevemente abordados.

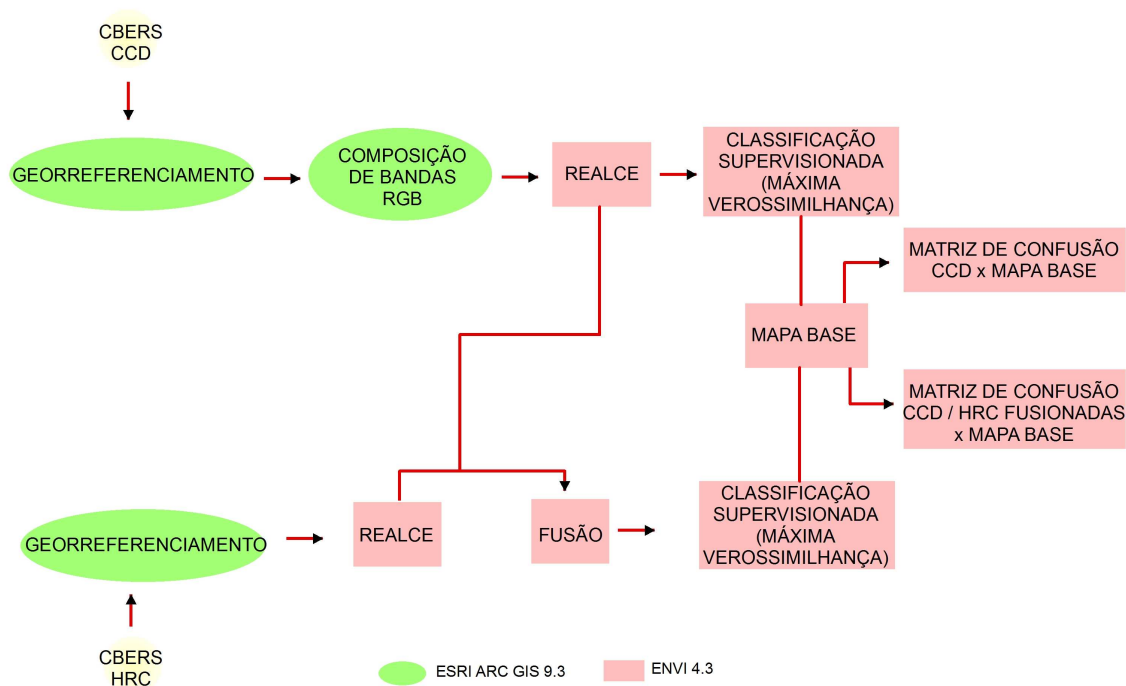


Figura 3 - Fluxograma da estrutura geral da metodologia.

O emprego das imagens CBERS nos estudos apontados, envolveu técnicas de processamento digital desde o georreferenciamento, através de pontos controle; manipulação de histograma para definição do realce de contraste; fusão; interpretação das imagens; classificação digital supervisionada e não supervisionada e análise da matriz de confusão.

A primeira etapa consistiu no georreferenciamento das imagens. Neste processo foi utilizada a rede de drenagem da região, em formato vetor, para a coleta dos pontos de controle.

Na etapa seguinte foi realizada a composição de bandas RGB para a imagem CCD. Optou-se por uma composição R3 G4 B2, indicada para estudos de uso e cobertura do solo. As operações destas duas primeiras etapas foram realizadas através do software Esri Arcgis 9.3.

Na sequência foi realizado o realce das imagens CCD e HRC. O realce consiste em uma melhor distribuição dos pixels em relação as cores e tonalidades, através de um histograma. Determinadas características podem ser mais ou menos realçadas considerando a melhoria da qualidade da imagem, o aumento do contraste de cores e tonalidades e o realce das bordas das feições. Este processo foi realizado no software Envi 4.3 e a Figura 4 mostra as imagens de estudo antes e depois da aplicação do realce.

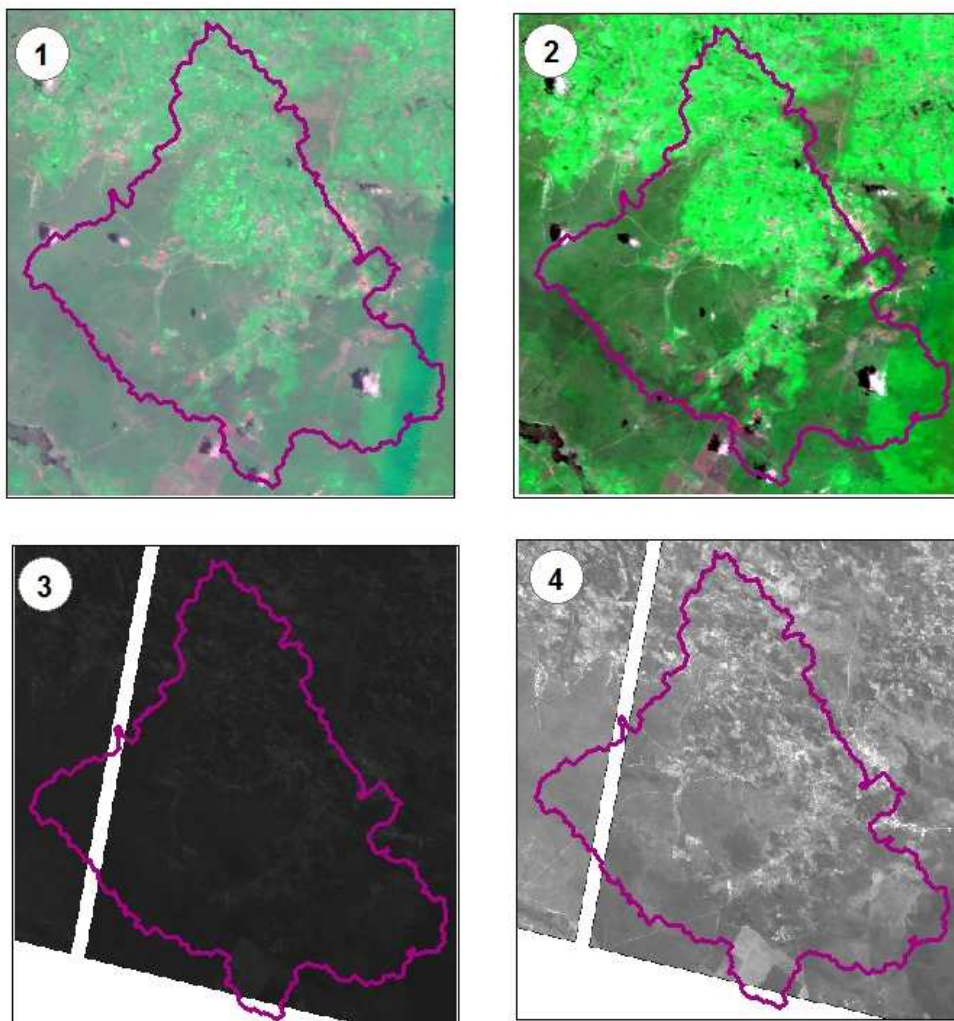


Figura 4 – Efeitos do realce de imagens. (1) Imagem CCD sem realce; (2) Imagem CCD com realce; (3) Imagem HRC sem realce e (4) Imagem HRC com realce).

Em seguida realizou-se o processo de fusão das imagens CCD e HRC, considerando o método IHS. A fusão de imagens consiste em agrupar as bandas RGB de uma imagem de alta resolução espectral a banda pancromática de outra imagem com alta resolução espacial¹.

No presente estudo foram utilizadas durante a aplicação da técnica IHS, as bandas R3 G4 B2 da imagem CCD e a banda pancromática da imagem do sensor HRC.

Posteriormente, foi realizada a classificação supervisionada da imagem CCD e da imagem com a aplicação da fusão (CCD e HRC). Para possibilitar a supervisão da classificação, foram consideradas as observações sobre a cobertura do solo, realizadas em campo.

No processo de classificação de imagens, foi adotado o método de Máxima Verossimilhança, que considera os parâmetros de média do vetor e matriz de covariância. Segundo o INPE, citado por QUEIROS, et al (2002) este método utiliza de parâmetros estatísticos para gerar a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes. A distribuição de valores de reflectância em uma área de treinamento é descrita por uma função de densidade de probabilidade, desenvolvida com base na estatística bayesana. Esse classificador avalia a probabilidade de um determinado pixel pertencer a uma categoria a qual ele tem maior probabilidade de associação.

Os resultados obtidos na classificação das duas imagens foram analisados e comparados, com a finalidade de investigar os possíveis ganhos com a aplicação da técnica de fusão.

Em seguida, através do mapa base elaborado com as informações obtidas em campo, foi gerada a matriz de confusão da imagem CCD e da imagem fusionada CCD / HRC. As matrizes de confusão foram empregadas como um instrumento de avaliação dos resultados das classificações das imagens em estudo.

¹ A técnica IHS consiste em realizar uma combinação de imagens no sistema de cores vermelho (R) verde (G) e azul (B), para produzir as componentes: intensidade (I), que representa a energia total envolvida; matriz (H), que representa a cor dominante ou a medida do comprimento de onda médio da luz que foi refletida ou transmitida ; e saturação (S), que expressa o intervalo de comprimento de onda ao redor do comprimento de onda médio, no qual a energia é refletida ou transmitida. Com a obtenção dessas componentes, substitui-se a componente I pela imagem pancromática de maior resolução espacial, no procedimento de retorno ao domínio RGB. Desta maneira, a informação espectral da composição RGB é integrada a informação espacial da banda pancromática. (ADAM, M., 2007).

E por fim, foi realizado um quadro comparativo com os principais alcances e limitações da utilização das imagens CBERS CCD e CCD/HRC fusionadas.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste Capítulo são apresentados as avaliações e os resultados obtidos durante a utilização das imagens CBERS, acompanhados das discussões e análises relativas a cada etapa de trabalho. Essas análises e discussões de resultados fornecem as bases para diversas inferências e consolidação das conclusões do trabalho.

No processo de coleta das imagens foi observado uma “faixa preta” na direção de norte – sul da imagem HRC. Outras imagens da mesma área, porém de datas diferentes foram coletadas e todas apresentaram o mesmo problema. Portanto, entendeu-se que esta “faixa preta” pode ser resultado de uma falha do sensor ou algum problema no pós processamento de dados.

Durante os processos de georreferenciamento e composição de bandas não foi identificado nenhum aspecto relevante no emprego das imagens CBERS. No entanto, ao aplicar a técnica de realce nas imagens foi possível perceber a fragilidade da correção radiométrica. Ao fazer esta análise aplicou-se o realce em uma imagem LANDSAT da mesma área, com composição de bandas R5 G4 B3 e comparou-se os resultados.

Os resultados permitiram perceber que as feições da imagem LANDSAT realçada se mostram mais nítidas e bem definidas. Já a imagem CBERS realçada não apresenta a nitidez esperada nas bordas das feições, este fato demonstra que a correção radiométrica do CBERS, já relatada neste estudo, é inferior a correção radiométrica do LANDSAT. Na Figura 5 é possível observar estes aspectos.

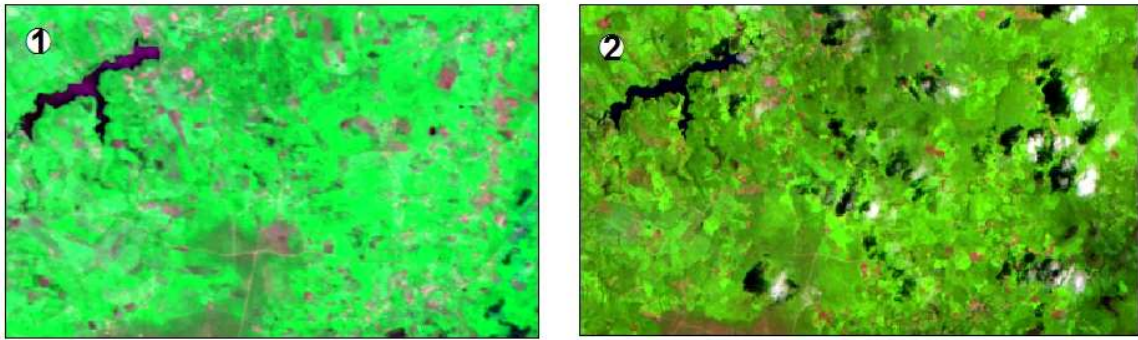


Figura 5 – Imagens realçadas: (1) Imagem CBERS (2) Imagem LANDSAT.

Outro aspecto que aponta este resultado é a avaliação da resolução espacial das imagens analisadas. A imagem CBERS do sensor CCD apresenta resolução de 20 metros, enquanto a LANDSAT apresenta resolução de 30 metros. Logo, o esperado seria que a imagem CCD apresentasse maior detalhamento e definição das feições, principalmente em suas bordas. Entretanto, a imagem LANDSAT, mesmo com uma resolução que permite menos detalhamento, apresentou-se com feições mais nítidas e detalhadas.

Para avaliar esse aspecto, foi realizada uma vetorização de uma mesma feição nas imagens CBERS e LANDSAT, com o objetivo de destacar o nível de detalhamento e definição. Foi ainda, realizado o cálculo de áreas de cada uma das feições para apontar a margem de erro na definição. Os resultados apontaram feições mais definidas na imagem LANDSAT e uma diferença de 1,28 ha no cálculo de áreas das feições.

A figura 6 mostra as imagens CCD e LANDSAT realçadas, com enfoque em uma mesma área, sendo possível perceber os efeitos da correção radiométrica.

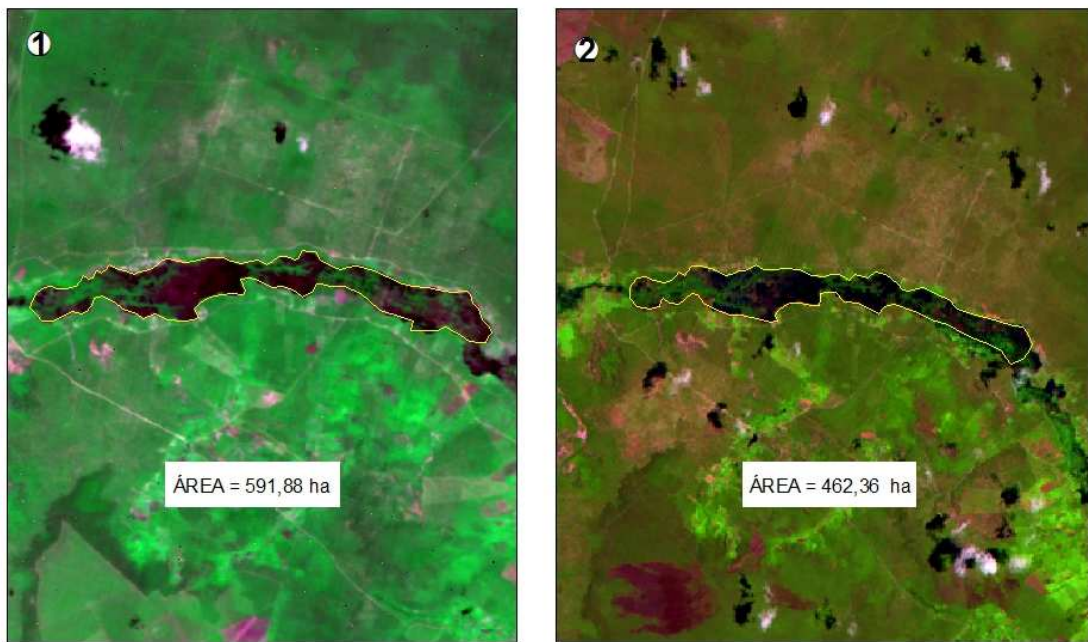


Figura 6 – Comparação do realce nas imagens CBERS e LANDSAT. (1) Imagem CBERS
(2) Imagem LANDSAT.

No processo de fusão de imagens, a aplicação do método IHS se mostrou eficaz, gerando uma imagem melhor realçada e com maior nível de detalhamento. O resultado é uma imagem com favorável conforto visual, que une o detalhamento das feições de uma imagem de alta resolução e o realce do contraste de cores e tonalidades de uma imagem de média resolução. A Figura 7 mostra as imagens antes e depois da aplicação da fusão.

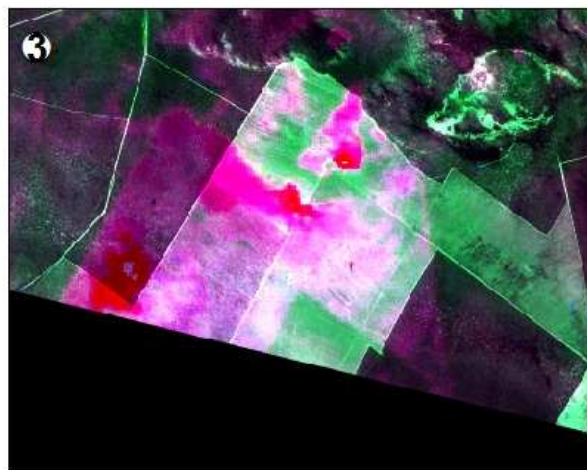
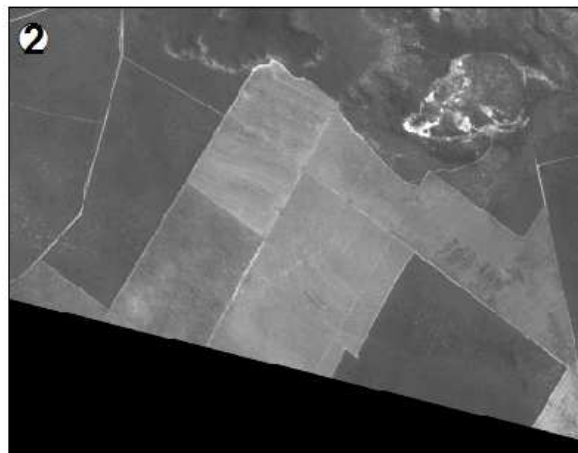
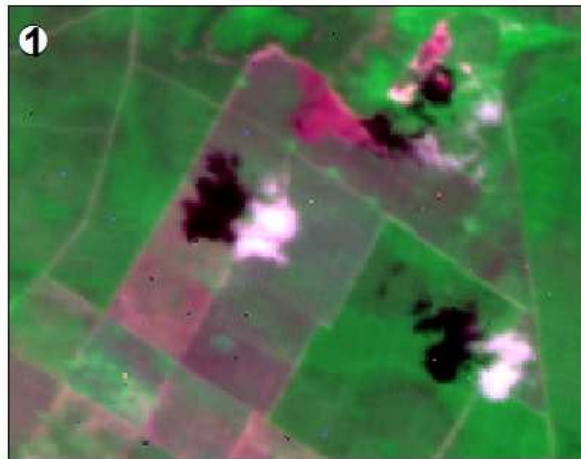


Figura 7 – Resultado da fusão de imagens.(1)Imagem CCD (2) Imagem HRC (3) Imagens CCD e HRC fusionadas.

Na realização da classificação de imagens foram consideradas as classes de uso e cobertura do solo identificadas em campo. Assim foram consideradas as 6 seguintes classes: (1) área de cultivo; (2) água; (3) cerrado; (4) vegetação hiperxerófila; (5) vegetação do tipo carrasco; e (6) pastagem.

O método de máxima verossimilhança exige uma grande quantidade de pixels por amostra. O resultado do Maxver é melhor quanto maior o número de pixels em uma amostra de treinamento para implementá-los na matriz de covariância. A eficácia do Maxver depende, principalmente, de uma precisão razoável da estimativa do vetor médio (m) e da matriz de covariância (s) de toda classe espectral. Isso depende da quantidade de pixels incluídos nas amostras de treinamento. (ENVI). Neste contexto, optou-se por definir um número mínimo de 100 pixels por amostra de cada classe.

Após a realização das classificações de imagens, foram geradas as matrizes de confusão, considerando o mapa base. Na análise das matrizes de confusão, os índices de exatidão global e de kappa retratam o resultado total das classificações em relação a coerência com a realidade, através do mapa base.

Neste sentido, o índice de exatidão global revela a quantidade (em percentual) de pixels classificados corretamente, em relação ao mapa base. O índice de kappa, por sua vez, revela um coeficiente de coincidência que se apóia tanto nos pixels bem classificados, quanto nos pixels classificados próximos da realidade.

As imagens classificadas resultaram em baixos índices de exatidão global e de kappa. Um fator que aponta para esta realidade pode ser a semelhança e proximidade dos valores espectrais dos pixels, que contribuem para a confusão do modelo de classificação. Entretanto, ressalta-se que as imagens fusionadas CCD / HRC apresentaram índices consideravelmente superiores aos índices da imagem CCD. Enquanto a imagem CCD registrou 19% dos pixels classificados corretamente, a imagem fusionada registrou 31,5%. E o índice de kappa foi de 0,02 para a imagem CCD e de 0,13 para a imagem com aplicação da fusão. A Tabela 1 mostra os resultados das matrizes de confusão.

Tabela 1 – Resultados das Matrizes de Confusão

	Imagem CCD	Imagem CCD / HRC Fusionadas
Exatidão Global	19%	31,5%
Índice de Kappa	0,02	0,13

Ainda sobre a comparação dos resultados das classificações, verifica-se que as imagens fusionadas apresentam um nível de detalhamento maior, com distribuição espacial menos consolidada das classes, o que talvez, demonstre feições melhores definidas e com bordas mais detalhadas.

A classificação da imagem CCD resultou em áreas mais homogêneas com a distribuição das classes mais evidentes, sem muito detalhamento e definição de borda.

Entretanto, os resultados demonstraram um conforto visual, no que se refere a coerência entre os resultados das classificações.

As Figuras 8 e 9 mostram os mapas de classificação da imagem CCD e das imagens CCD e HRC fusionadas, respectivamente.

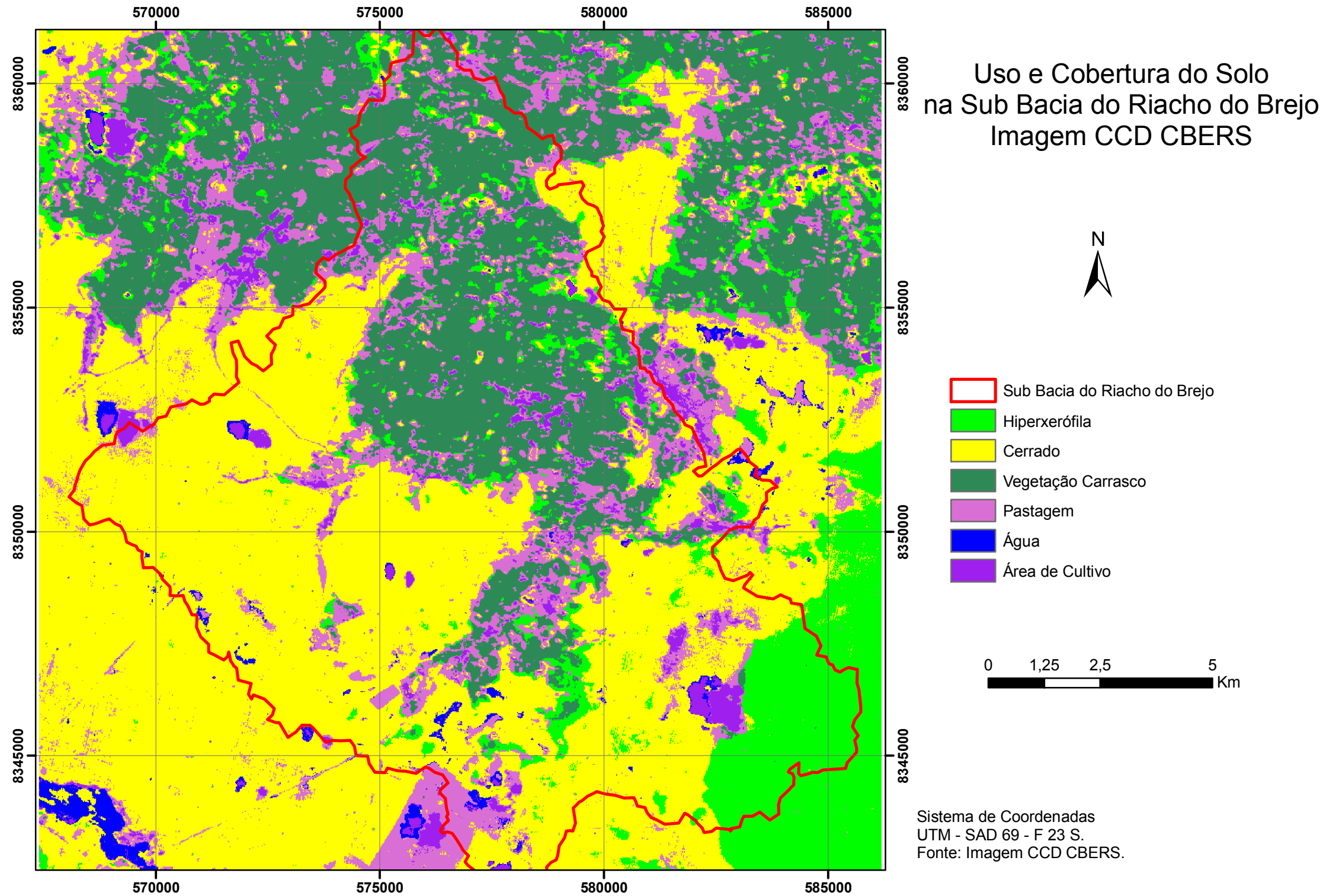


Figura 8 - Uso e Cobertura do Solo, através da imagem CBERS CCD

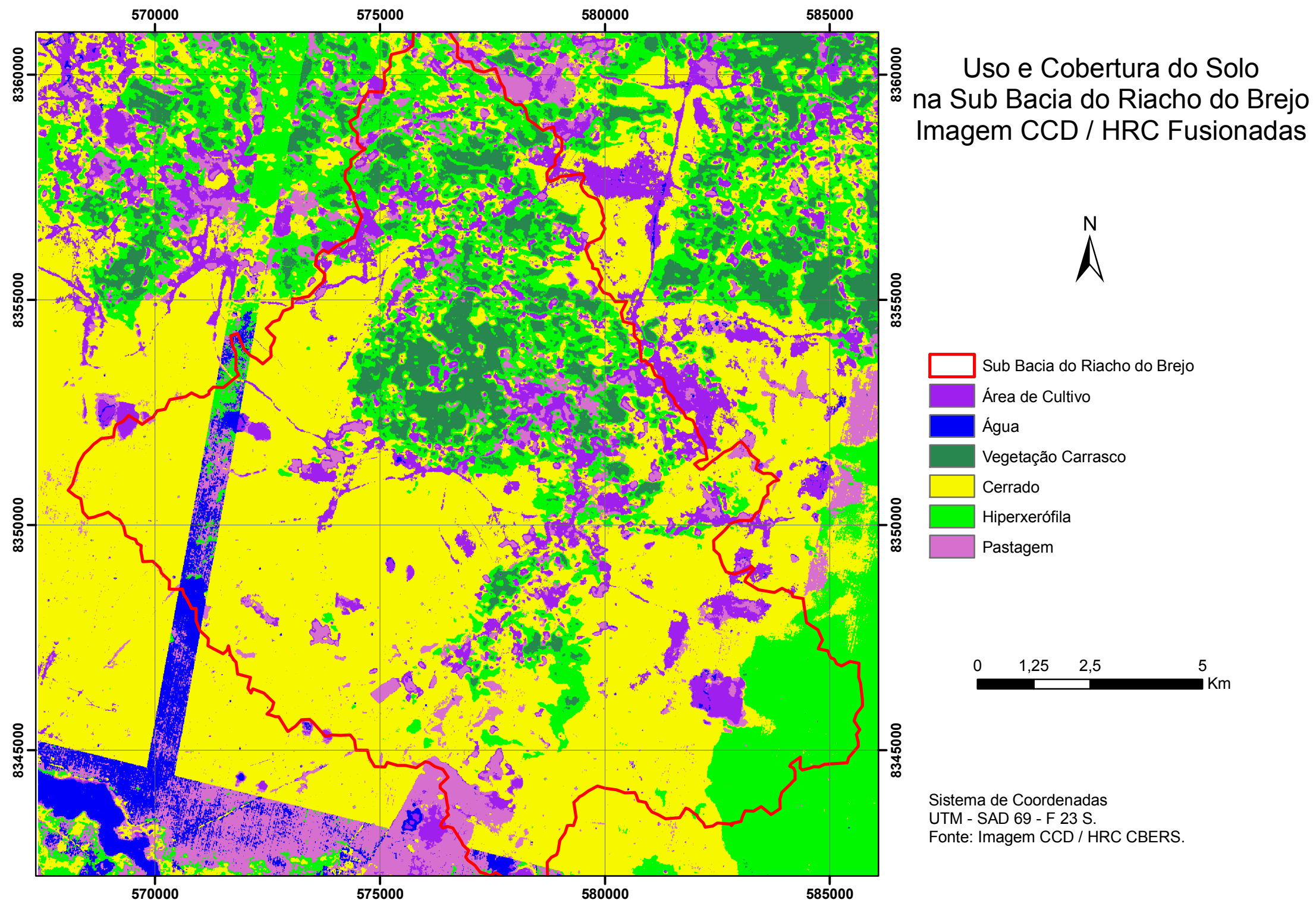


Figura 9 - Uso e Cobertura do Solo, através das imagens CBERS CCD e HRC

Na definição de uma melhor escala de mapeamento das imagens em estudo, considerou-se o tamanho do pixel (p), o erro obtido no georreferenciamento (g) e a razão entre os valores encontrados na vetorização de feições, como forma de quantificar o conforto visual do usuário da imagem (c). A vetorização de referência foi através de uma base LANDSAT de melhor definição e menor erro de georreferenciamento.

A expressão utilizada para cálculo do erro é a seguinte:

$$(p + g) \times c$$

O erro encontrado é então aplicado no padrão aceitável de representação cartográfica, sendo de 0,2 mm.

Considerando a imagem CCD, com tamanho do pixel de 20m (p = 20m); erro encontrado no georreferenciamento de 33m (g = 33m); e razão entre os valores de vetorização de 1,28 (c = 1,28), logo o valor de melhor escala de representação é de 1/265.000.

A imagem HRC, por sua vez, com tamanho do pixel de 2,7m (p = 2,7m), erro encontrado no georreferenciamento de 27m (g = 27m); e razão entre a vetorização de feições de 1,28 (c = 1,28) apresenta melhor escala de representação de 1/150.000.

A seguir apresenta-se na Tabela 2 as principais potencialidades e limitações da utilização das imagens CBERS.

Tabela 2 – Quadro comparativo das imagens CCD e HRC.

Imagens	Potencialidades	Limitações
CCD CBERS	Necessidade de utilização de poucas cenas para o recobrimento de grandes áreas.	Modelo de correção radiométrico precário.
	Melhora na definição da imagem com aplicação da operação de fusão.	Classificação com baixos índices de concordância.
	Disponibilidade gratuita.	-
HRC CBERS	Favorecimento de detalhes do terreno, devida a alta resolução espacial.	Necessidade de varias cenas para recobrimento de áreas extensas.
	Melhora considerável nos resultados de classificação, após aplicação da fusão de imagens.	Modelo de correção radiométrico precário.
	Disponibilidade gratuita.	Classificação com baixos índices de concordância.
	-	Possíveis falhas no sensor ou no pós processamento dos dados, resultando falhas espectrais nas imagens.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

No processo de experiência sobre a utilização das imagens CBERS CCD e HRC, é preciso destacar que essas imagens apresentam resoluções espaciais favoráveis e que são disponibilizadas gratuitamente, contribuindo para a difusão do emprego das imagens CBERS em estudos diversos.

A fusão de imagens que agrupa a alta resolução espectral do sensor CCD e a alta resolução espacial do sensor HRC promove melhorias, sem dúvida, na qualidade das imagens em questão. Este processo é evidenciado no aumento dos índices de coincidência e exatidão com a realidade, no âmbito da classificação de imagens.

Entretanto, essas imagens apesar de apresentarem favoráveis resoluções espaciais apontam algumas fragilidades que podem resultar em produtos inferiores, em comparação a outros disponíveis. Essas fragilidades são expressas no modelo de correção radiométrico, em falhas no sensor ou no pós processamento de dados e ainda nos resultados de classificação de imagens com baixos índices de concordância com a realidade.

Ressalta-se que a utilização das imagens CBERS acompanhada da inserção de informações verificadas no terreno pode apresentar resultados melhores e sobretudo, redução das fragilidades apontadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, M., DEPPE, F., RIZZI, R. et al. **Fusão de Imagens por HIS para Melhorar a Identificação de Uso do Solo em Elementos Amostrais**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Jaboticabal - SP, 2007.

FORTES, Gil Valadão. **Utilização de Imagens do Satélite CBERS 2 para Classificação da Permeabilidade da Vegetação**, 2006.

GOMES, C.J.M; PEREIRA, C.B; LIMA, M.V.F; AGUIAR, A.C. **Uma Experiência Pioneira no ICA: A Utilização de Imagens CBERS na Elaboração de Cartas Aeronáuticas para Vôo Visual**, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, disponível em www.inpe.br, acessado em 20 de outubro de 2010.

MUNDIM, Rodrigo. **Geoprocessamento Aplicado a Análise Espacial de Uso e Ocupação do Solo na Área Urbana e Entorno de São José da Lapa**. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG. Belo Horizonte – MG, 2001.

QUEIROZ, R., RODRIGUES, A., GÓMEZ, A. **Estudo Comparativo entre as Técnicas Maxima Verossimilhança Gaussiana e Redes Neurais na Classificação de Imagens IR-MSS CBERS – 1**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). São Leopoldo – RS, 2002.

SARAIVA, A.G.S; SOUSA, R.F; DANTAS, I.R; GUIMARÃES, C.L; GADELHA, A.G. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB. **Utilização de dados CBERS 2B no Estudo de Uso e Ocupação das Terras Semi-Áridas: O Caso do Município de Piancó-PB**, 2010.