Rafael Cunha de Mendonça

Ortorretificação e análise do potencial das imagens do satélite CBERS 2B para mapeamento urbano: Estudo de caso - Igarapé

XI Curso de Especialização em Geoprocessamento
2008

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

RAFAEL CUNHA DE MENDONÇA

Ortorretificação e análise do potencial das imagens do satélite CBERS 2B para mapeamento urbano: Estudo de caso - Igarapé

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: Professor Christian Rezende Freitas

BELO HORIZONTE
2008

AGRADECIMENTOS:

Agradeço aos professores da pós-graduação em geoprocessamento da Universidade Federal de Minas Gerais pelo apoio e incentivo para minha formação profissional. Em especial, sou grato ao meu orientador, professor Christian Rezende Freitas, pela crítica construtiva, pelo convívio acadêmico e por compartilhar seu conhecimento durante minha passagem pelo curso de pós-graduação. Também, ao professor Charles Resende Freitas, pelo constante apoio e incentivo no desenvolvimento do estudo aqui apresentado.

Também agradeço a minha família pela educação e incentivo e principalmente ao meu avô Raul Costa da Cunha, *in memorian,* e minha mãe Andréa Greiner da Cunha por sempre fazer perceber melhor o espaço ao meu redor.

Agradeço à minha companheira Sonila Morelo pela paciência e incentivo durante os projetos realizados durante meu caminho pessoal e profissional.

"Estamos convencidos de que a mudança histórica em perspectiva
provirá de um movimento de baixo para cima,
tendo como atores principais os países subdesenvolvidos
e não os países ricos; os deserdados e os pobres
e não os opulentos e outras classes obesas;
o indivíduo liberado partícipe das novas massas
e não o homem acorrentado;
o pensamento livre e não o discurso único.
Os pobres não se entregam e descobrem a cada dia
formas inéditas de trabalho e de luta;
a semente do entendimento já está plantada e o passo seguinte é o seu florescimento
em atitudes de inconformidade e, talvez, rebeldia."

"O sonho obriga o homem a pensar"

Milton Santos

Sumário:

1. Introdução.....p. 6
2. Objetivos.....p. 8
3. Revisão Bibliográfica.....p. 9
4. Estudo de Caso.....p. 12
5. Materiais e Métodos.....p. 13
6. Análise dos Resultados.....p. 21
7. Conclusão.....p. 23
8. Referências Bibliográficas.....p. 24

1. Introdução:

A complexidade do meio urbano tem sido um grande desafio para seus gestores, administradores públicos e empresas do setor privado, uma vez que, as modificações deste ambiente ocorrem de forma dinâmica e em um tempo cada vez menor.

A cartografia, ao longo de sua história, vem auxiliando na compreensão dos elementos que constituem o espaço, retratando-os de forma organizada e sistêmica. A representação dos elementos que constituem o ambiente urbano, de forma precisa e atualizada, é uma demanda cada vez maior por gestores que trabalham com esses espaços. Desta forma, o cadastro urbano torna-se um objeto indispensável e muito demandado pelos administradores públicos e por empresas do setor privado.

As imagens de satélite de alta resolução são cada vez mais empregadas no cadastro intra-urbano, fato que possibilita a atualização dos elementos da paisagem urbana com maior periodicidade e precisão. Tal utilização deve-se tanto à melhoria contínua dessa tecnologia, quanto ao custo relativamente baixo da mesma para fins de cadastro.

De acordo com Watzlawick, Madruga e Pereira (2001), as técnicas de sensoriamento remoto contribuem para atenuar a realização dos onerosos e demorados trabalhos de campo destinados à coleta de dados. Com isto, atualmente, podemos encontrar inúmeros produtos de sensoriamento remoto disponíveis no mercado, dentre os quais, cada um detém características e finalidades específicas. Neste sentido, é importante diferenciar e verificar a aplicação de cada um.

A finalidade deste trabalho é verificar a possibilidade de utilização das imagens de sensores orbitais aplicadas como utensílio no apoio ao cadastro urbano, especificamente as provindas da Câmera Pancromática de Alta Resolução - HRC (*High Resolution Câmera*), instalado no satélite CBERS-2B [1], com o propósito de estabelecer uma metodologia para a ortorretificação destas imagens.

Atualmente, a COPASA-MG - Companhia de Saneamento de Minas Gerais - utiliza como uma de suas fontes de informação geográfica os produtos ortorretificados oriundos do satélite QUICKBIRD-2, sendo que a principal finalidade dessas imagens refere-se à orientação de cadastro do MUB - Modelo Urbano Básico. Possibilitando,

[1] O terceiro lançado pelo programa Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres - CBERS.

dessa forma, a confecção de mapas da linha central das vias das cidades, a delimitação do limite do leito carroçável, ou seja, a linha de representação do passeio como objeto de referencia para digitalização de sua rede de água e esgoto, com alto nível de precisão cartográfica.

No entanto, a utilização desses produtos - tais como as imagens QUICKBIRD-2, para todo o território de atuação da COPASA-MG, requer um grande esforço econômico por parte da empresa. Por isso, o interesse em verificar a possibilidade de utilização das imagens de alta resolução do sensor HRC, do satélite CBERS-2B, que são disponibilizadas gratuitamente pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [2], tendo em vista que a atualização das informações provindas das imagens não requer grandes dispêndios econômicos em aquisição, mas sim em esforços voltados ao Processamento Digital de Imagens - PDI.

O presente estudo visa comparar os dois produtos citados; na área urbana de Igarapé, cidade que está sob concessão da COPASA-MG - empresa detentora de imagens ortorretificadas QUICKBIRD-2 -; que retratam parte dessa região.

No entanto, para uma comparação entre os dois produtos, faz-se necessário equalizar o nível de correção geométrica das imagens HRC disponibilizadas aos usuários finais no *site* do INPE. Essas imagens são fornecidas com o nível 2 de processamento, enquanto a imagem QUICKBIRD-2, de acordo com a escala proposta, enquadra-se no nível 4. Tal escala encontra-se definida da seguinte maneira:

> - Nível 0: imagem bruta, sem tratamento de espécie alguma, armazenada juntamente com os dados de calibração radiométrica e os parâmetros orbitais (atitude e efemérides), entre outros.
> - Nível 1: imagem com correção radiométrica. O cabeçalho do arquivo contém informações geográficas básicas, tais como coordenadas geodésicas dos cantos e do centro da cena. Nível 2: imagem com correção radiométrica e correção geométrica de sistema.
> - Nível 3: imagem com correções radiométrica e geométrica, refinada pelo uso de pontos de controle. Os pontos de controle podem ser obtidos automaticamente de uma base de dados ou selecionados por um operador.
> - Nível 4: imagem com correções radiométrica e geométrica, refinada pelo uso de pontos de controle e de um Modelo Numérico de Elevação do Terreno (MNET). Os pontos de controle e o MNET podem ser automaticamente obtidos de uma base de dados, ou selecionados por um operador (COSTA, *et al*, 2007, p.827).

[2] Através do site http://www.dgi.inpe.br/CDSR/

Então, o objeto de análise nesse trabalho é a verificação da possibilidade de utilização das imagens ortorretificadas do sensor HRC para fins de gestão do ambiente urbano, no caso específico da COPASA-MG, comparando à mesma aplicação nas imagens também ortorretificadas do satélite QUICKBIRD-2, tendo em perspectiva o estudo de caso de Igarapé.

2. Objetivos:

2.1. Objetivo Geral:

- Analisar a eficácia da aplicação das imagens HRC e o processo de ortorretificação da mesma, para a sua utilização em mapeamento cadastral urbano, comparando à mesma aplicação nas imagens ortorretificadas do satélite QUICKBIRD-2, das quais já são utilizadas para este fim na COPASA, tendo em perspectiva o estudo de caso da região de Igarapé.

2.2. Objetivos Específicos:

Através do estudo de caso da região de Igarapé, pretende-se apresentar:

- Comparação do produto ortorretificado do sensor HRC com o produto, também ortorretificado, do QUICKBIRD-2.
- Identificação do nível de precisão e da vetorização de objetos espaciais do ambiente intra-urbano.
- Definição da escala ótima de utilização das imagens do sensor HRC.
- Definição de uma metodologia de ortorretificação das imagens do sensor HRC.

3. Revisão Bibliográfica:

Para iniciar a discussão teórica é importante definir a ciência que envolve as tecnologias aplicadas neste trabalho, partindo do conceito de Geoprocessamento, definido como:

> O conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais, assim com o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação. Em linhas gerais, o termo geoprocessamento pode ser aplicado a profissionais que trabalham com processamento digital de imagens, cartografia digital e sistemas de informação geográfica. Embora estas atividades sejam diferentes estão intimamente interrelacionadas, usando na maioria das vezes as mesmas características de *hardware*, porém *softwares* diferentes (ROSA, *et al*, 1996, p.7).

E ainda, de forma resumida, "... podemos considerar Geoprocessamento como um conjunto de tecnologias, métodos e processos para o processamento digital de dados e informações geográficas" (PEREIRA, *et al*, *apud* LEITE, *et al*, 2006, p.182).

O sensoriamento remoto é parte integrante do Geoprocessamento e define-se, basicamente, como uma "... forma de se obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo" (ROSA, *apud* LEITE, *et al*, 2006, p.182).

O terceiro satélite do programa CBERS, que produz as imagens analisadas nesse estudo, o CBERS-2B foi lançado da base de lançamento de Taiwan, na China, no dia 19 de setembro de 2007. O CBERS-2B, como os outros dois satélites antecessores CBERS-1 e CBERS-2, "... possui orbita hélio-síncrona a uma altitude de 778 km, perfazendo aproximadamente 14 revoluções por dia e adquirindo imagens através de sensores de varredura linear (*pushbroom scanner*)" (DEBIASI, 2008, p.35).

O CBERS-2B possui três câmeras imageadoras: Imageador de Amplo Campo de Visada - WFI (*Wide Field Imager*), que recobre uma faixa de 890 km de largura e produz imagens com resolução espacial de 260 m; Imageadora de Alta Resolução - CCD (*High Resolution CCD Câmera*), que produz imagens a uma faixa de 113 km de largura, com resolução espacial de 20m; a Câmera Pancromática de Alta Resolução - HRC (*High Resolution Câmera*), que produz imagens em uma faixa relativamente estreita de 27 km de largura e com resolução espacial de 2,5 m (INPE/CBERS) [3].

[3] Maiores informações sobre os satélites do programa CBERS, podem ser obtidas no *site* do INPE.

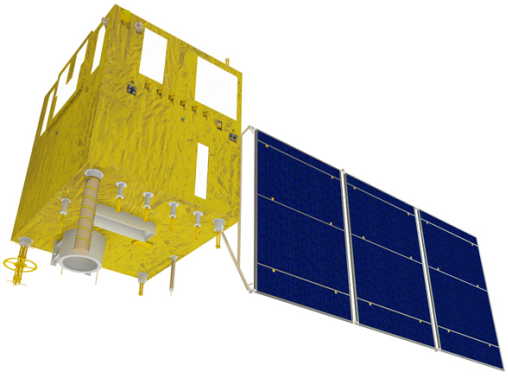

Figura 1: CBERS-2B / Fonte: CBERS/INPE, 2008.

As imagens do CBERS-2B serão comparadas com as imagens produzidas pelo satélite QUICKBIRD-2, lançado em 18 de agosto de 2001, da base aérea de Vandenberg, Califórnia, Estados Unidos da América. O satélite QUICKBIRD-2 opera, também, em órbita hélio-síncrona a uma altitude de 450 km, produz imagens em uma faixa de 16,5 km de largura, tendo em seu sensor quatro bandas espectrais: Uma pancromática e três multiespectrais, tendo resolução espacial de 61 centímetros e 2,4 metros respectivamente. O QUICKBIRD-2 é administrado pela empresa Digital Globe.

Figura 2: QUICKBIRD-2 / Fonte: Digital Globe, 2008.

As imagens do QUICKBIRD-2 analisadas neste trabalho têm composição colorida, ou seja, são produtos de fusão entre a banda pancromática e as bandas multiespectrais. Para obtenção de uma imagem colorida de alta resolução espacial do satélite CBERS-2B utilizou-se cenas no sensor CCD e HRC, em que se adotou o método de transformação RGB-IHS, o qual,

> Para descrever as propriedades dos objetos de uma imagem normalmente utilizam-se proporções de vermelho, verde e azul. Este é o chamado sistema RGB. Mas podem-se utilizar componentes de intensidade, matiz e saturação

> para descrever sensações de brilho, cor e pureza da cor respectivamente. Este sistema é chamado IHS (*intensity, hue, saturation*). Conforme Schowengerdt (1983), o resultado visual da cor na manipulação da intensidade e do matiz é o mesmo que o da manipulação no RGB [...] A transformação das imagens de RGB para o sistema IHS resulta em três novas imagens: intensidade, matiz e saturação. As bandas de matiz e saturação constituem-se nas informações temáticas, relacionadas respectivamente com a cor e a pureza da cor. Por sua vez, a intensidade é esta relacionada com o brilho da imagem e está relacionada com a resposta espectral das bandas originais no sistema RGB [...] A transformação IHS, desta forma, pode combinar diferentes sensores e diferentes resoluções espaciais, permitindo uma melhora na identificação de feições na paisagem (DEBIASE, *et al*, 2007).

Outra propriedade da imagem QUICKBIRD-2, trabalhada nesse estudo, diz respeito ao processo de ortorretificação, em que se executam operações de transformações métricas na imagem, passando por correções tanto às suas distorções relativas à aquisição, quanto às distorções inerentes ao relevo projetado a uma perspectiva ortogonal para possibilitar sua utilização direta como fonte de informação métrica.

Existem diferentes modelos de correção geométrica. Entretanto, para realização da ortorretificação, proposta neste trabalho, utilizou-se o modelo generalizado de Transformação Direta Linear - DLT (*Direct Linear Transformation*). Tal modelo foi desenvolvido por Adbel-Aziz e Karara (1971) para calibração de câmeras não métricas.

De acordo com Mitshita (*Apud* DEBIASE, 2008), a equação modela a transformação entre o sistema de coordenadas da imagem e o sistema de coordenadas do espaço objeto, sem a necessidade do conhecimento de parâmetros de orientação interior e exterior do sensor.

Este modelo é muito propício para se trabalhar nos casos em que não se conhece os parâmetros do sensor, como no caso do CBERS-2B, pois o INPE ainda não disponibiliza tais informações aos seus usuários.

Para aplicação da equação DLT foi necessário construir um Modelo Digital de Terreno - MDT, descrito por Wolf como uma representação discreta da superfície terrestre (WOLF, *et al*, 2000).

4. Estudo de Caso:

O município de Igarapé localiza-se a sudoeste de Belo Horizonte e pertence à RMBH - Região Metropolitana de Belo Horizonte. Igarapé abrange uma área de 110 Km² e está a uma distancia de aproximadamente 35 km da capital. Por pertencer a uma região de interesse estratégico, Igarapé possui bases cartográficas detalhadas e bastante precisas. A área de estudo, escolhida para o presente estudo, está localizada basicamente dentro do município de Igarapé e possui relevo com variação de plano a levemente acidentado, com desnível máximo de 223 metros.

Esta área foi escolhida, para o presente estudo, pela viabilidade de sobreposição das informações presentes nas bases cartográficas obtidas através da COPASA-MG, da carta topográfica da PLAMBEL e das imagens disponibilizadas do INPE.

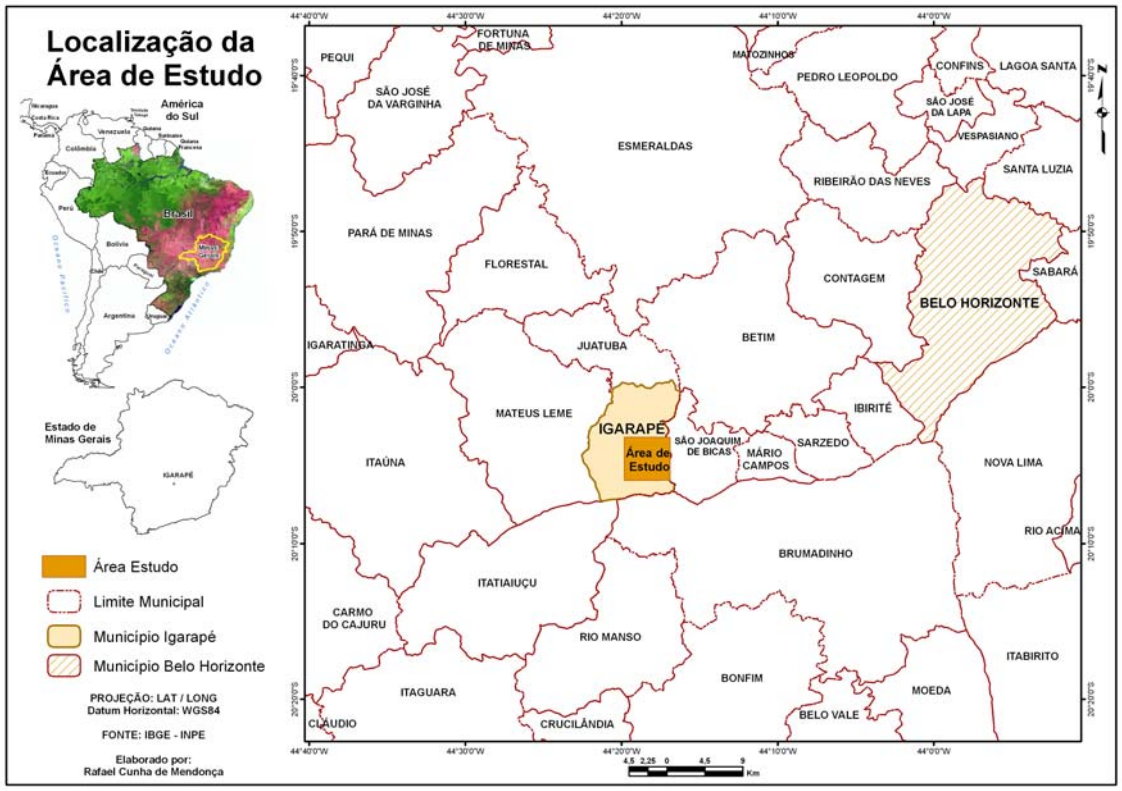

Figura 3: Localização da área de estudo.

Igarapé está sob concessão da COPASA-MG, empresa que possui imagens ortorretificadas de alta resolução do sensor QUICKBIRD-2, de uma parte deste município e que serão utilizadas neste trabalho para análise proposta.

5. Materiais e Métodos:

Para realização deste trabalho foram utilizados os seguintes dados:

- Cena HRC CBERS-2B
- Cenas CCD CBERS-2B
- Carta topográfica de IGARAPÉ confeccionada pela Superintendência de Planejamento da Região Metropolitana - PLAMBEL, na escala de 1:25.000.
- Imagem ortorretificada QUICKBIRD-2, parte que compreende o centro urbano de Igarapé.
- Pontos de Controle do Sistema de Posicionamento Global – GPS, obtidos do receptor GPS Pathfinder Pro XR - Trible

Para realização da ortorretificação da imagem provinda do sensor HRC do CBRES-2B, está representado na seguinte Figura 4, de forma simplificada, o processo que foi utilizado para a aplicação do método DLT e os elementos necessários para execução do mesmo.

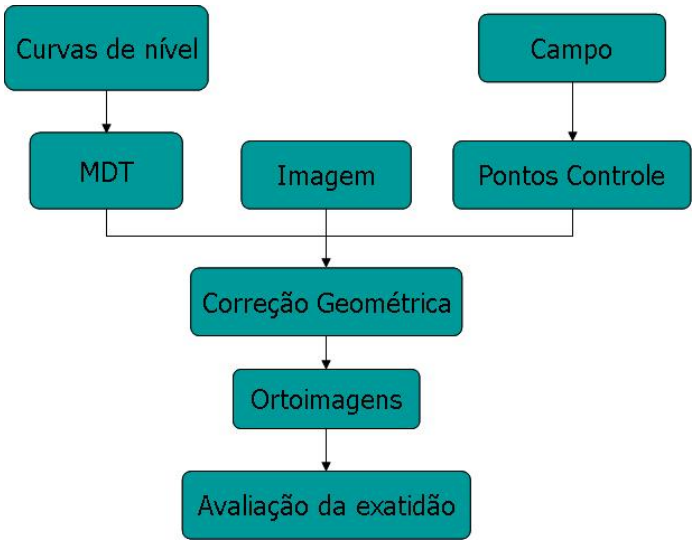

Figura 4: Processo simplificado de Ortorretificação.

O MDT foi construído no ambiente de SIG - Sistema de Informação Geográfico -, através da utilização do aplicativo ArcGIS 9.2, na extensão 3D-Analyst, em que os níveis adotados de informações para sua geração foram: Curvas de nível,

hidrografia e pontos cotados, estes obtidos a partir da digitalização da carta topográfica de Igarapé, na escala de 1:25.000 conforme representado na Figura 5, apresentada a seguir:

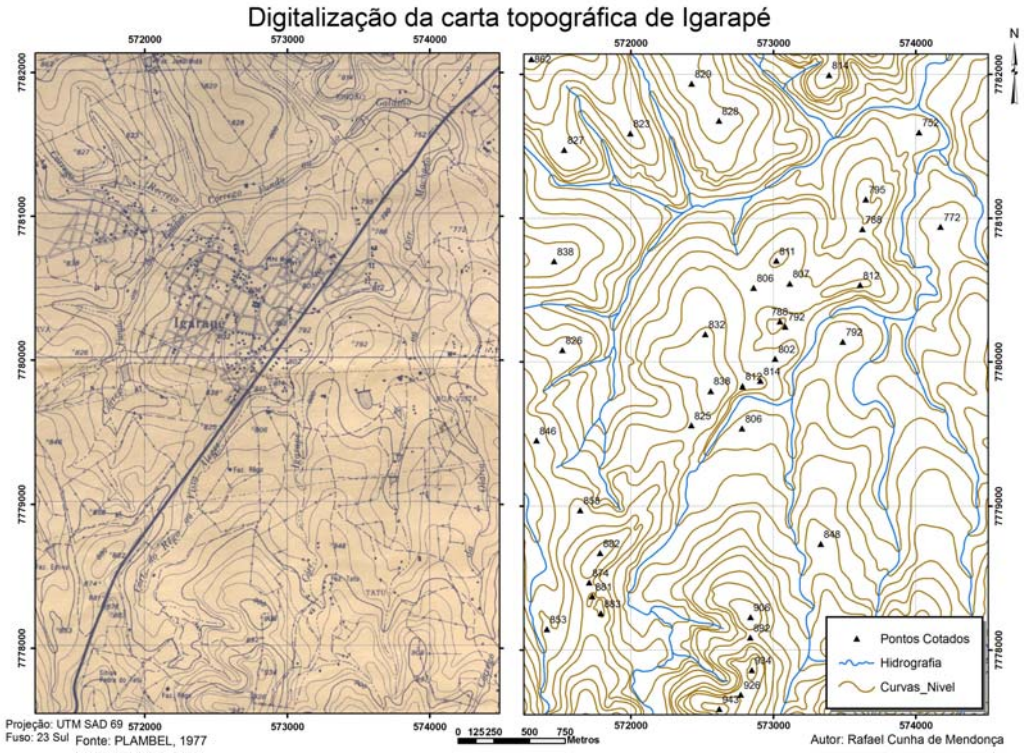

Figura 5: Digitalização da carta topográfica de Igarapé. / Fonte: PLAMBEL

As informações obtidas na carta topográfica de Igarapé foram devidamente convertidas para o sistema de projeção *Universal Transverse Mercator* - UTM, Datum SAD 69, fuso 23 Sul, com sistema de coordenadas referenciado originalmente no Datum Córrego Alegre. Assim, equalizando os parâmetros projeção adotados para o presente trabalho e as demais bases cartográficas, a partir das feições digitalizadas, foi possível realizar a construção de uma feição denominada TIN - *Triangular Irregular Network* -, em que "... Os TINs representam superfícies através de uma malha de triângulos não superpostos e contíguos, não devendo ficar limitado a um único tamanho de triângulo" (ESRI, *et al*, *apud*, MÜLLER, 2001). E, conseqüentemente, possibilita a construção do MDT, conforme representado na Figura 6.

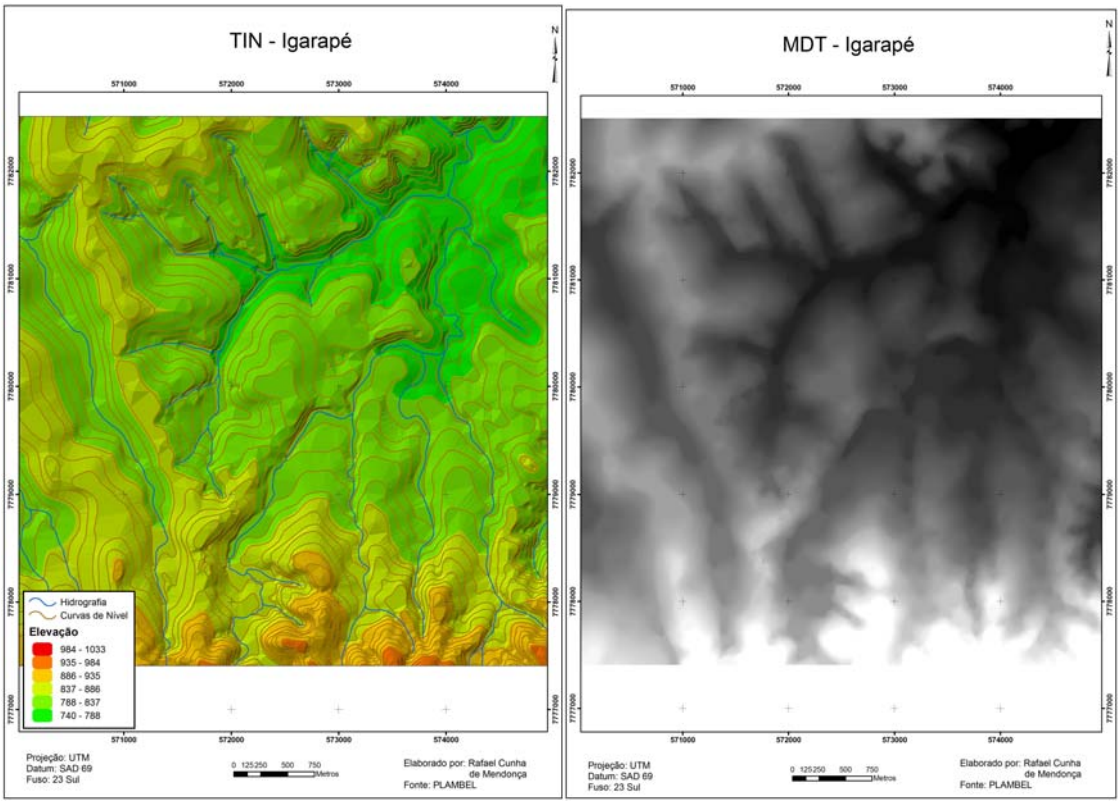

Figura 6: TIN e MDT de Igarapé / Fonte: PLAMBEL.

As imagens CBERS-2B da área de estudo foram projetadas no sistema geodésico SAD 69, utilizando o critério sobreposição das demais bases cartográficas e, também, a ausência de nuvens. A imagem é disponibilizada com nível 2 de correção, sendo assim, está provida de correção geométrica e radiométrica. Os parâmetros inerentes as imagens CBERS-2B constam na Tabela 01 e seus respectivos exemplos estão representados na Figura 7:

Tabela 01: Parâmetros das Imagens dos sensores CCD e HRC do CBERS-2B:

CCD	Órbita Ponto	153 - 122
	Data	29/09/2008
	Ângulo de Inclinação com o Nadir	8º 30’ 15”
	Coberturas de nuvens por quadrante	$Q^1 = 0$, $Q^2 = 0$, $Q^3 = 0$, $Q^4 = 0$
HRC	Órbita Ponto	153 – E – 122 – 5
	Data	29/09/2008
	Ângulo de Inclinação com o Nadir	8º 30’ 15”
	Coberturas de nuvens por quadrante	$Q^1 = 0$, $Q^2 = 0$, $Q^3 = 0$, $Q^4 = 0$

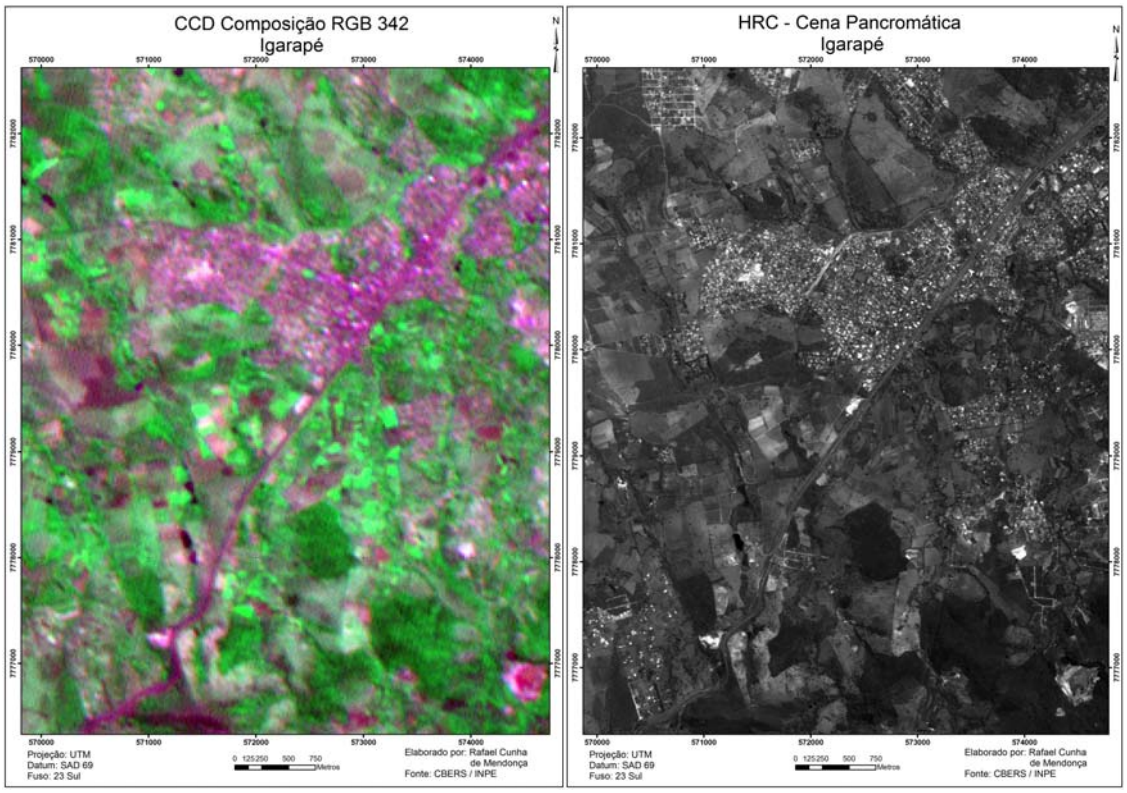

Figura 7: Carta imagem de Igarapé sensores CCD Composição RGB 342 e HRC Pancromático / Fonte: CBERS/INPE.

Na produção de uma imagem de composição colorida, a partir da cena do sensor HRC, adotou-se o processo de fusão utilizando a transformação RGB-IHS, aplicando-se neste as imagens da câmera CCD com composição das bandas espectrais RGB-342 e da imagem HRC banda pancromática do satélite CBERS-2B. O sensor HRC, por se tratar de uma câmera experimental e por sua recém operação, não possui eficácia largamente comprovada para esse processo. Porém, este método de fusão é muito utilizado nas imagens CCD, juntamente com cenas de diferentes sensores.

A imagem que foi gerada a partir do método de fusão RGB-IHS, entre as bandas espectrais e pancromática, ambas do satélite CBERS 2B, é representada na Figura 8, seguinte:

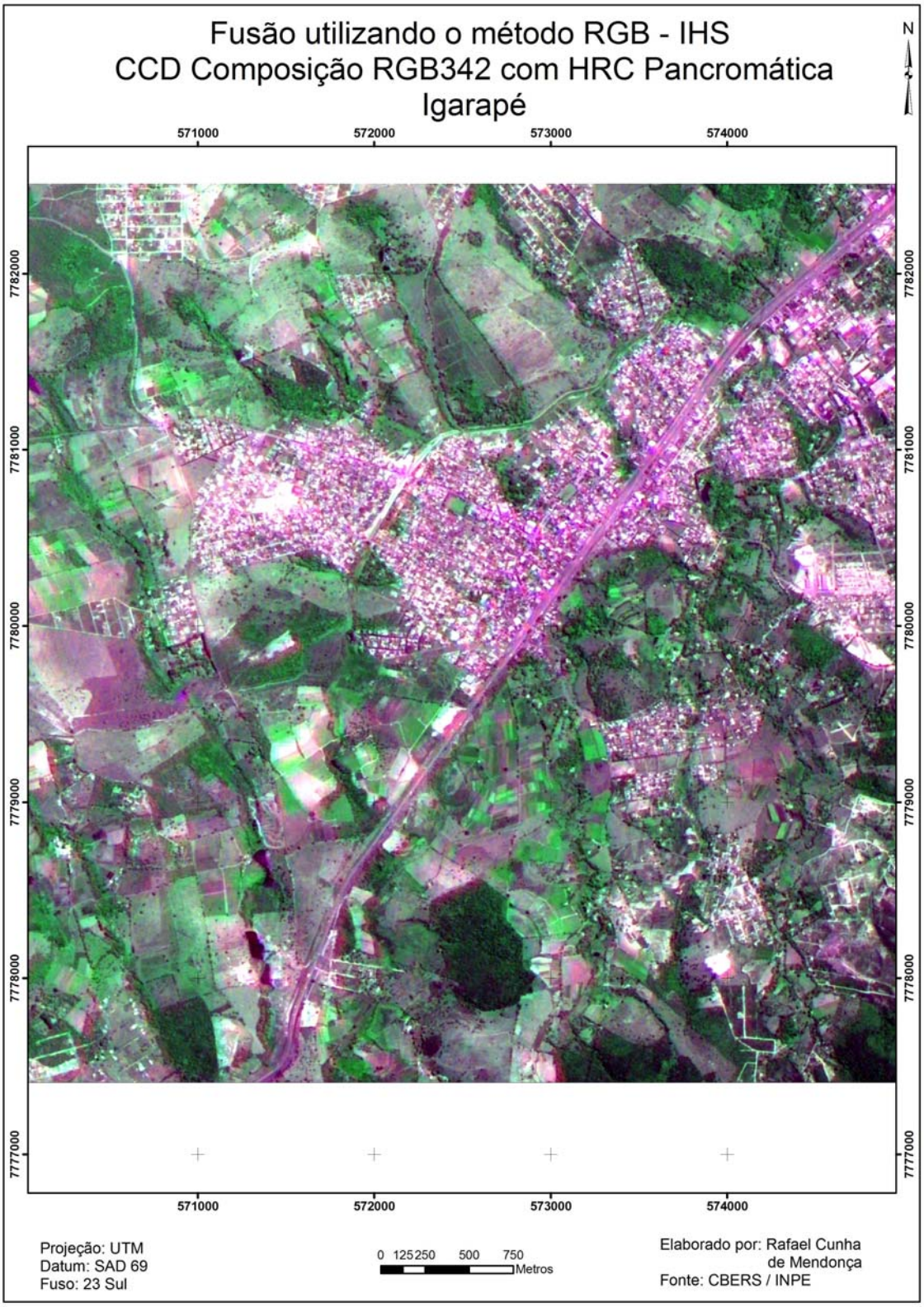

Figura 8: Carta imagem de Igarapé obtida através da fusão das cenas dos sensores CCD e HRC utilizando o método RGB-IHS.

A obtenção dos Pontos de Controle - PCs, para utilização no processo de ortorretificação, foi determinada a partir da coleta de pontos em campo com o equipamento GPS Pathfinder Pro XR, adotando alvos de prévia identificação na

imagem oriunda da fusão colorida apresentada anteriormente e utilizando o critério de melhor recobrimento de pontos em toda a imagem. Ou seja, pontos localizados espaçados em todas as partes da imagem, priorizando a parte periférica da imagem e, em seguida, elementos localizados na parte central, conforme representado na figura 9, apresentada a seguir:

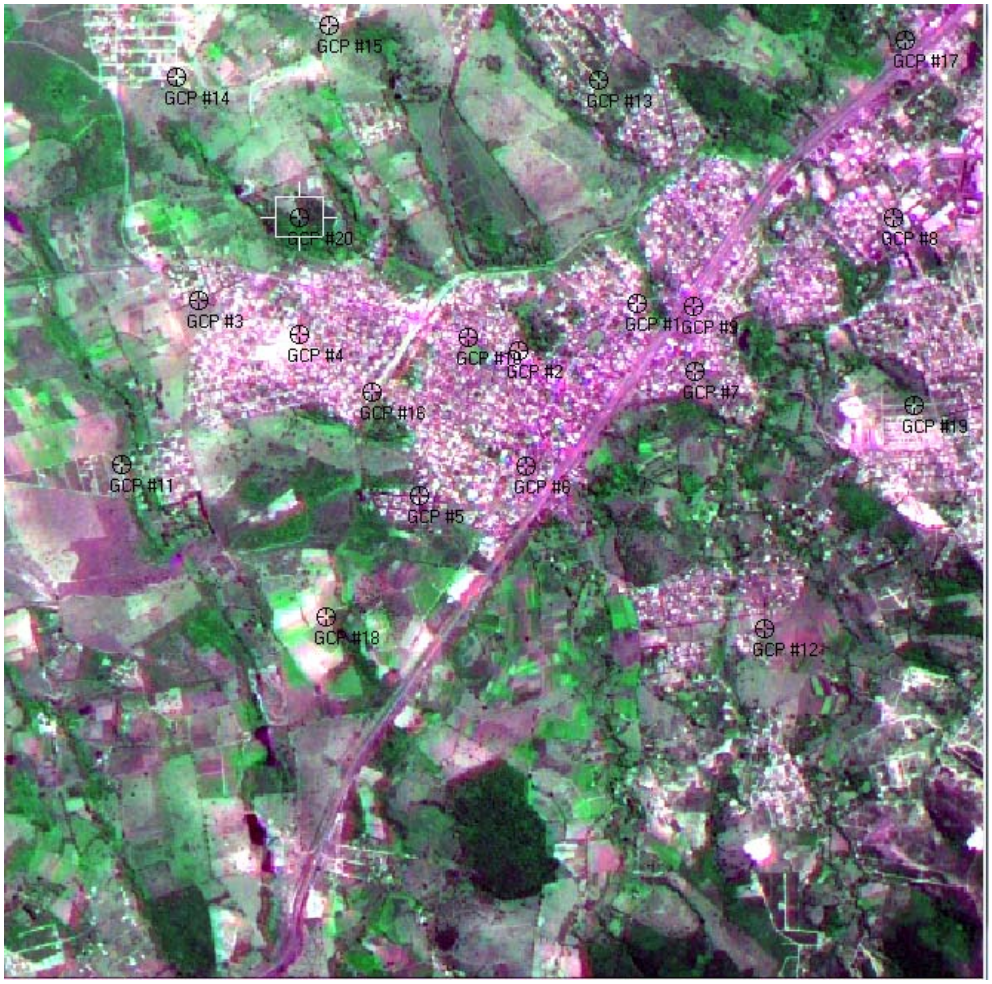

Figura 9: Obtenção dos Pontos de Controle - PCs. / Fonte: CBERS/INPE.

Após carregar a nuvem de PCs e identificá-los aos seus respectivos alvos na imagem, é possível realizar o processo de ortorretificação utilizando o método DLT, entre os PCs propriamente citados, a imagem fusionada do CBERS-2B e o MDT confeccionado para este trabalho, utilizando para essa finalidade o aplicativo ERDAS IMAGINE 9.1., o que possibilitou verificar, o Erro Médio Quadrático - RMS (*Root Mean Square Error)* de 1.8402 pixel. Tal verificação está disponível na Tabela 2:

Control Point Error: (X) 1.2965 (Y) 1.3058 (Total) 1.8402

Point #	>	Color	X Input	Y Input	>	X Ref.	Y Ref.	Z Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error	Contrib.	Match
1			573316.742	7780945.834		573333.174	7780955.593	786.402	Control	-0.225	-1.377	1.395	0.758	
2			572697.126	7780694.039		572713.641	7780704.458	795.598	Control	-0.006	-1.109	1.109	0.603	
3			571027.296	7780963.100		571038.050	7780974.865	842.266	Control	-1.688	0.203	1.700	0.924	
4			571552.029	7780781.106		571567.477	7780789.955	830.000	Control	1.206	-2.508	2.783	1.512	
5			572179.307	7779933.956		572195.199	7779945.207	826.261	Control	-0.495	-0.326	0.593	0.322	
6			572737.061	7780092.977		572754.796	7780105.788	811.406	Control	1.147	1.273	1.714	0.931	
7			573623.975	7780583.895		573637.499	7780594.341	808.447	Control	-2.050	0.135	2.054	1.116	
8			574662.905	7781389.926		574676.889	7781401.135	789.690	Control	-0.684	2.305	2.404	1.307	
9			573611.591	7780931.830		573626.794	7780940.804	788.782	Control	-1.168	-1.731	2.088	1.135	
10			572440.549	7780764.071		572458.939	7780776.331	799.155	Control	2.203	0.631	2.291	1.245	
11			570624.657	7780097.945		570636.114	7780111.625	810.000	Control	-2.210	1.122	2.478	1.347	
12			573984.098	7779237.333		574000.164	7779248.617	816.349	Control	1.546	-2.395	2.851	1.549	
13			573122.225	7782111.055		573136.681	7782122.061	806.533	Control	-0.676	-0.071	0.680	0.369	
14			570907.803	7782129.059		570917.213	7782142.315	863.143	Control	0.338	0.533	0.631	0.343	
15			571707.849	7782397.571		571719.347	7782410.851	850.000	Control	0.294	0.954	0.998	0.542	
16			571931.793	7780479.787		571948.761	7780492.868	780.412	Control	0.513	0.315	0.602	0.327	
17			574723.090	7782325.438		574741.562	7782336.386	756.762	Control	1.467	0.350	1.509	0.820	
18			571694.034	7779298.582		571712.551	7779312.697	823.595	Control	1.246	1.302	1.802	0.979	
19			574768.454	7780407.700		574782.354	7780417.496	784.712	Control	-0.198	-0.781	0.806	0.438	
20			571553.443	7781394.675		571568.842	7781404.946	823.421	Control	2.209	-1.863	2.889	1.570	

Tabela 2: Erro RMS dos PCs.

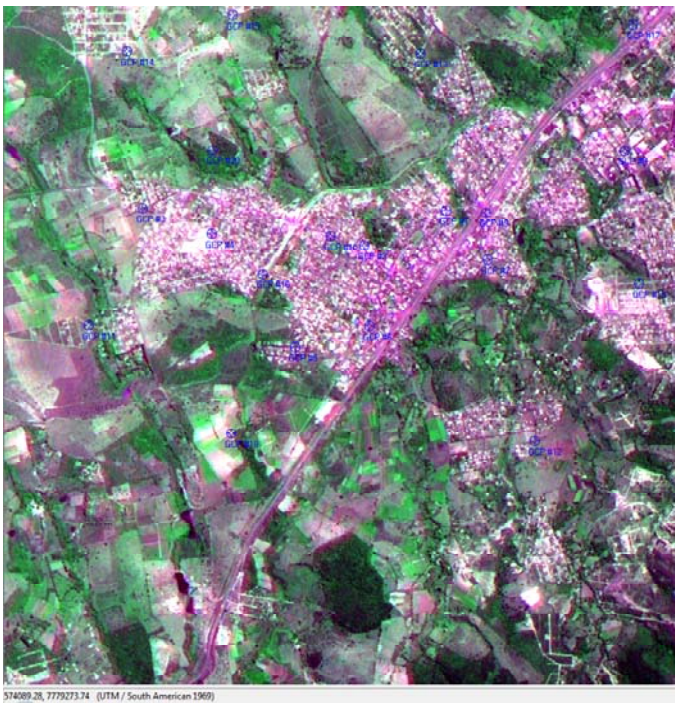

Figura10: Nuvem de Pontos de referencia / Fonte: CBERS/INPE.

O produto da ortorretificação da imagem está apresentado na Figura 11, juntamente com a imagem também ortorretificada do satélite QUICKBIRD-2, ambas compreendendo a mesma localização geográfica.

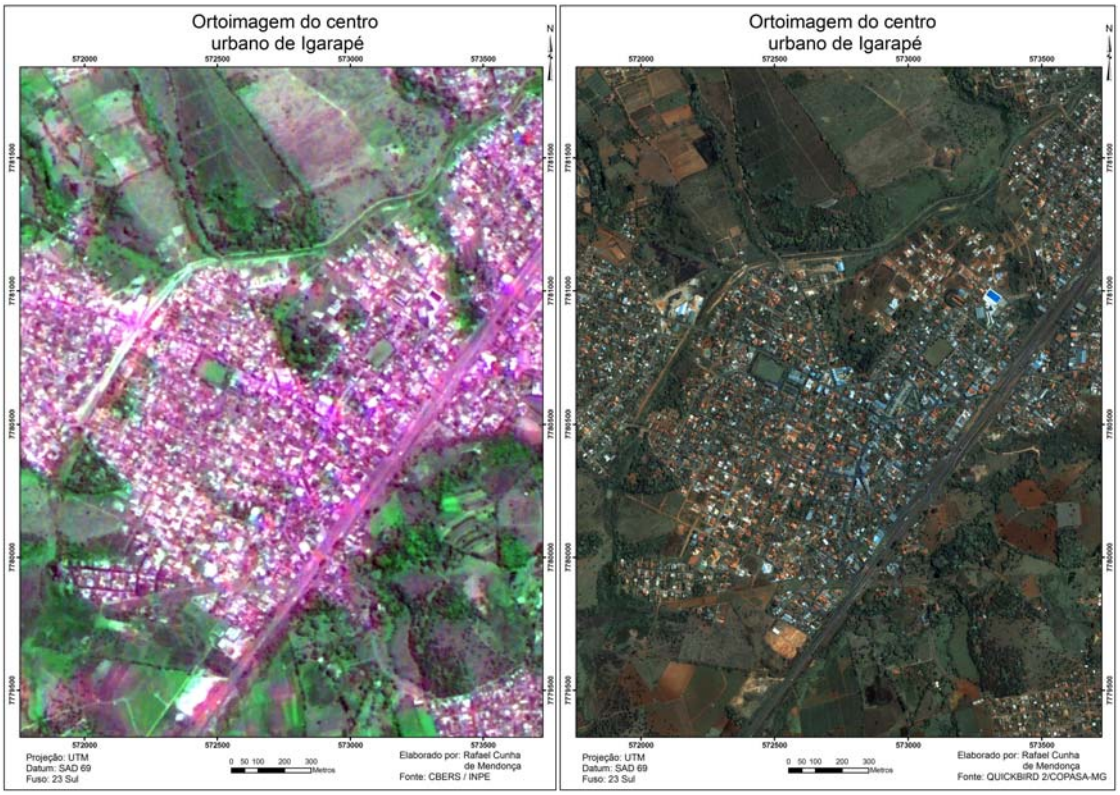

Figura 11: Ortoimagem do centro de urbano de Igarapé.

Conforme demonstrados nas Figuras 12 e 13, apresentadas a seguir, foi executada, com referência à identificação visual de alvos, a digitalização a partir da imagem ortorretificada o seguinte nível de informação: eixo central de vias. O mesmo nível de informação obtido através da imagem QUICKBIRD-2 foi disponibilizado COPASA-MG. Ambos foram digitalizados no aplicativo ARCGIS 9.2.

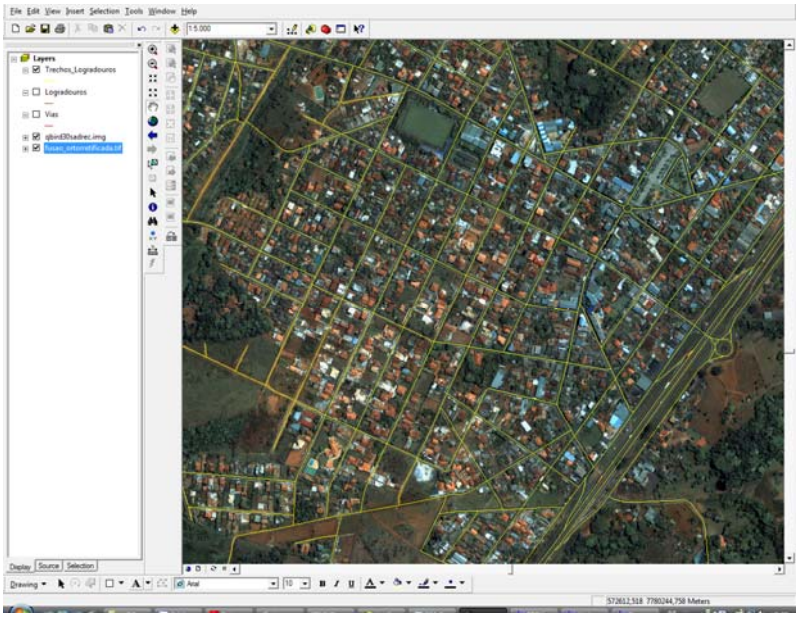

Figura12: Centro de vias: imagens fornecidas pela COPASA-MG.

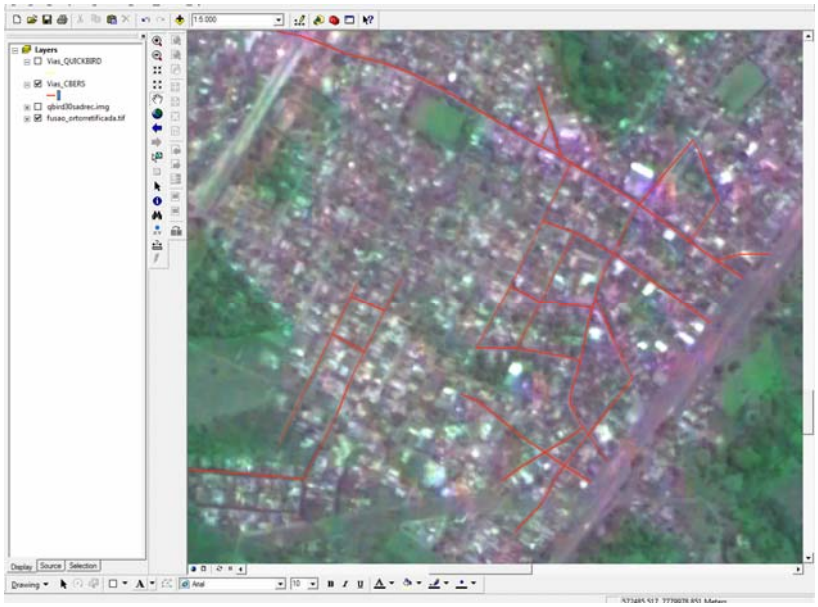

Figura 13: Centro de vias digitalizadas a partir da imagem ortorretificada CBERS-2B.

6. Análise dos Resultados:

Após realizar as vetorizações, foi necessário comparar as feições digitalizadas em relação aos vetores obtidos pela COPASA, que apresenta qualidade compatível com a Classe A, de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfico - PEC. Para isso, foi feita a medição das distancias entre as interseções coincidentes das duas vetorizações, ou seja, foi identificado o cruzamento entre linhas em ambos os níveis de informação separadamente. Assim, identificamos o ponto correspondente a cada produto de digitalização. Deste modo, traçamos uma linha de distancia em metros entre os cruzamentos obtidos, possibilitando uma média de distancias entre os vetores.

Na Figura 14, demonstramos o processo de medição dos vetores, em que a linha de cor verde corresponde à digitalização realizada na imagem QUICKBIRD-2, a linha vermelha representa a digitalização feita sobre a imagem ortorretificada do CBERS-2B e a linha amarela representa as 45 (quarenta e cinco) medições executadas em intercessões coincidentes entre os vetores.

Figura 14: Medições realizadas sobre vetores.

A partir das medições realizadas, geramos a Tabela 3 contendo todas as distâncias medidas para se chegar a um valor médio de precisão entre os vetores, possibilitando uma quantificação do erro implícito na utilização das imagens ortorretificadas do CBERS-2B.

Linhas	Medidas em metros		Linhas	Medidas em metros		Linhas	Medidas em metros
1	3,01		16	3,49		31	6,42
2	2,99		17	2,75		32	5,18
3	6,21		18	5,36		33	1,08
4	7,55		19	4,04		34	3,70
5	5,72		20	5,95		35	5,50
6	3,06		21	2,05		36	2,85
7	4,01		22	2,35		37	4,31
8	1,46		23	4,88		38	1,66
9	1,78		24	5,70		39	1,54
10	0,78		25	7,54		40	1,71
11	2,85		26	5,78		41	2,76
12	4,34		27	2,13		42	1,53
13	6,85		28	1,58		43	3,26
14	5,54		29	1,68		44	3,52
15	4,06		30	2,96		45	5,11
Média Total das Distâncias =			**3,75**				

Tabela 3: Medidas realizadas entre os vetores.

Utilizando com referência a classificação determinada pelo padrão de exatidão cartográfico – PEC Planimétrico Classe A (0,5 mm x EC), instituído para as cartas topográficas nas Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional (Brasil, 1986) e a média total de distâncias obtidas entre os vetores, é possível

calcular a escala ótima de utilização da imagem ortorretificada do CBERS-2B. Assim obteve-se a escala ótima de utilização do produto ortorretificado do sensor HRC do satélite CBERS-2B de aproximadamente 1:18.500.

O nível referente ao limite das vias, ou “passeio” anteriormente citado, não foi possível ser digitalizado por não apresentar precisão visual em sua distinção em relação a outros objetos da imagem.

7. Conclusão:

Tendo em vista a análise apresentada neste trabalho, é possível concluir que usando como método o modelo generalizado de Transformação Direta Linear - DLT, as imagens provindas do censor HRC apresentam resultado satisfatório, ou seja, possuem qualidade adequada para utilização em mapeamentos cadastrais na escala de 1:18.500. Contudo, é preciso dispor de bases cartográficas de qualidade, conforme PEC classe A, da área a ser trabalhada, para aplicação do método.

Por fim, é importante acrescentar que a utilização das imagens HRC, produzidas a partir do método apresentado, requer uma interpretação cuidadosa na identificação de alvos, pois nem sempre as imagens apresentam qualidade necessária para as diferentes aplicações, a exemplo da identificação de alvos menores que 2,5 metros impossibilitando sua diferenciação com outros elementos próximos.

8. Referências Bibliográficas:

ADBEL-AZIZ, Y.I; KARARA, H.M., 1971. *Apud* DEBIASE, Paula. **Ortorretificação de imagens CCD CBERS 2 através da transformação DLT**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

COSTA, E. R.; SILVA, M. A. O.; NEVES, P. E. e SILVA, A. J. M. **Ortorretificação: um passo a mais no processamento de imagens CBERS**. In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 827-833.

DEBIASE, Paula. **Ortorretificação de imagens CCD CBERS 2 através da transformação DLT**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

DEBIASE, Paula.; *et al*. **Fusão de imagens MODIS com NDVI do Landsat para a classificação de áreas de cultivo de Soja.** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5707-5714.

MITSHITA, E.A., 1997. *Apud* DEBIASE, Paula. **Ortorretificação de imagens CCD CBERS 2 através da transformação DLT**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

MÜLLER, M.; GARCIA, K. S. **Modelos Digitais de Terreno em escalas globais e sua utilização em recursos hídricos.**
In: http://www.lactec.org.br/OInstituto/downloads/Biblioteca/2001/036_2001.pdf

PEREIRA, *et al*, *Apud*, LEITE, Marcos Esdras.; ROSA, Roberto. "Geografia e Geotecnologias no estudo urbano". Revista On Line **Caminhos de Geografia**, 2006. http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html

ROSA, R. e Brito, J.L.S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica**. Uberlândia, Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia, 1996.

LEITE, Marcos Esdras.; ROSA, Roberto. "Geografia e Geotecnologias no estudo urbano". Revista On Line **Caminhos de Geografia**, 2006. http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html

WATZLAWICK, L. F., MADRUGA, P. R. A e PEREIRA, R. S. **Metodologia para utilização de câmaras de vídeo em mapeamento florestal. Ciência Florestal.** Santa Maria/SC, v.11, no 2, p. 27-39, 2001.

WOLF, P.R.; DEWITT, B.A., 2000. *Apud* DEBIASE, Paula. **Ortorretificação de imagens CCD CBERS 2 através da transformação DLT.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

Sites:

http://www.inpe.br

http://www.dgi.inpe.br/CDSR/

http://www.unisal-lorena.br/nova/mauricio/apostila7.pdf

http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite/quickbird.html

http://www.digitalglobe.com/index.php/85/QuickBird