

Desenvolvimento de um Sistema de Atualização de Mapeamentos para Estereo-Pares Híbridos

Amilton Amorim ¹

Júlio Kiyoshi Hasegawa ²

Antonio Maria Garcia Tommaselli ³

Luciano Aparecido Junqueira de Oliveira ⁴

Renata Rocha Falcon ⁵

Universidade Estadual Paulista – Unesp.
Departamento de Cartografia
FCT - Presidente Prudente

¹ ✉ amorim@prudente.unesp.br

² ✉ hasegawa@prudente.unesp.br

³ ✉ tomaseli@prudente.unesp.br

Conteúdo	
	1 Introdução
	2 Desenvolvimento do programa
	3 Experimentos
	4 Conclusões e recomendações
	5 Referências bibliográficas

Resumo: O avanço tecnológico, nas áreas de informática e eletrônica, tem colaborado em muito com o desenvolvimento de Sistemas Fotogramétricos Digitais e este fato traz à comunidade científica mundial, novas e tentadoras expectativas para a exploração desses recursos. Esses sistemas são viáveis porque otimizam a coleta, processamento e armazenamento de dados. Ainda, trabalham simultaneamente com dados matriciais (fotografias aéreas digitalizadas) e vetoriais (mapas). Neste trabalho, implementou-se um protótipo de sistema de Atualização Cartográfica no ambiente "C++ Builder", adotando-se a metodologia de estereo-pares híbridos, onde a premissa básica é a integração de diversas fontes de informação, tais como fotografias aéreas digitais obtidas de diversos dispositivos e o material cartográfico existente. No desenvolvimento deste sistema, as atenções foram voltadas principalmente para dois módulos básicos, que são a identificação do objeto novo, utilizando o recurso da estereoscopia, e a determinação das suas coordenadas a partir da imagem retificada. O processo de estereoscopia, foi gerado por anaglifo comendo-se imagens convencional digitalizada e puramente digital. O outro módulo implementado possibilita a determinação das coordenadas do objeto, na imagem puramente digital e retificada, cuja identificação fica a cargo do processo estereoscópico. O modelo matemático de transformação afim no plano foi aplicado no processo de atualização, gerando-se um arquivo em formato DXF, permitindo a exportação do mesmo para qualquer sistema de cad.

Palavras chave: Fotogrametria, Atualização cartográfica.

Abstract: The technological advances in computer science and electronics have improved the development of Digital Photogrammetric Systems. Those systems are viable because they optimize the capture, processing and storage of data. Besides that, raster data (digital aerial photography) and vector data (maps) can be processed simultaneously. In this work, a prototype of a system for Cartographic Updating, implemented in C++ Builder, which uses hybrid model concept with integration of different sources of information is presented. The development of this system focused on two basic modules: identification of the new object using stereoscopy; and the coordinates determination starting from the rectified image. The mathematical model of affine transformation in the plan was applied in the updating process, generating a file in the DXF format, allowing the export to a CAD system.

Keywords: Photogrammetry, cartographic Updating.

1 Introdução

A tarefa de manter uma base cartográfica atualizada não pode ser deixada de lado, por parte dos profissionais que atuam em áreas onde a principal atividade é o fornecimento de informações, que auxiliam na tomada de decisões.

LUGNANI (1985), afirma que as organizações cartográficas, de modo geral, são estabelecidas e equipadas para produzir mapeamentos e não para mantê-los atualizados.

Por falta de metodologias adequadas e funcionais, implementadas nas empresas, nota-se que grandes áreas, sem qualquer tipo de alteração, têm seu mapeamento refeito sem necessidade. Isso acontece pela dificuldade que se tem em detectar quais são as feições novas que devem ser mapeadas, produzindo a atualização de uma carta, sem que seja preciso restituir todas as feições.

De acordo com AMORIM et al (1998), inúmeros esforços vêm sendo realizados pela comunidade científica mundial, visando a implementação de técnicas de atualização cartográfica, e a Fotogrametria tem se beneficiado com o avanço tecnológico através da automação de algumas tarefas, tendo seu desenvolvimento acelerado pelas áreas de informática e eletrônica, possibilitando a implementação de Sistemas Fotogramétricos Digitais. No entanto, tarefas como a identificação de novas feições, ainda vêm sendo

estudadas a fim de encontrar meios que permitam identificar, registrar e disponibilizar essas feições em formato gráfico compatível com os softwares mais utilizados, e com rapidez e confiabilidade.

Notada a relevância do tema, o principal objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um protótipo de Sistema de Atualização Cartográfica, aplicando-se a metodologia proposta por AMORIM et al (1999), onde a detecção das alterações é executada a partir de um modelo estereoscópico híbrido, formado por anaglifo, e as feições de interesse são extraídas diretamente sobre uma fotografia aérea digital retificada.

2 Desenvolvimento do programa

Nesta seção procura-se mostrar todas as etapas do desenvolvimento do programa, executado para avaliar a eficiência da metodologia proposta, além dos experimentos realizados com vistas à detecção de alterações e extração de feições.

Optou-se por desenvolver um programa na linguagem C++ e no ambiente do C++ Builder, que possui algumas facilidades para a computação de imagens.

A Figura 253f1 mostra um fluxograma com a seqüência dos cálculos do programa, a partir dos processamentos realizados com as fotografias aéreas, convencional e digital.

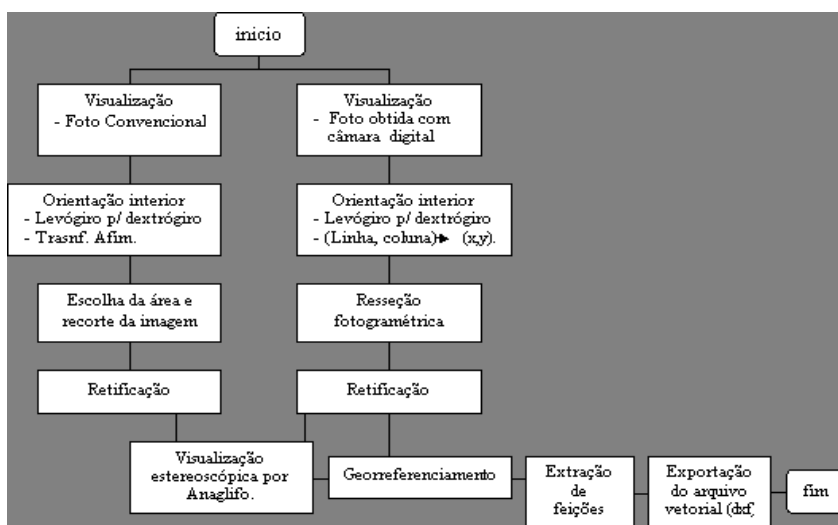


Fig. 1 : Etapas do desenvolvimento do programa.

Várias pesquisas, na área de Fotogrametria, têm sido realizadas na Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT, da Unesp de Presidente Prudente – SP, pelo grupo de pesquisa em Fotogrametria, produzindo vários programas que resolvem casos particulares de cada pesquisa realizada.

Muitos esforços foram feitos, no sentido de agrupar os mais variados produtos das pesquisas, de tal forma que sejam utilizados, proporcionando um aumento de produtividade considerável.

Desta forma, procurou-se utilizar várias rotinas desenvolvidas em pesquisas anteriores que resolveram problemas similares aos que precisaram ser resolvidos neste trabalho.

Operações simples como uma orientação interior, que utiliza uma transformação afim no plano, puderam ser anexadas ao programa em desenvolvimento (**SAM** – Sistema de Atualização de Mapeamentos), por estarem desenvolvidas em linguagem C++, a exemplo de outras rotinas que já estavam desenvolvidas e puderam ser utilizadas, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Rotinas utilizadas no programa

FINALIDADE DA ROTINA	Origem/Adaptação	AUTOR
Retificação de fotografias	DOS / C++ BUILDER	Hasegawa & CAMARGO(1998)
Resseção fotogramétrica	DOS / C++ BUILDER	Hasegawa & CAMARGO(1998)
Leitura de arquivos (fotos) grandes e reamostragem.	C++ BUILDER	Oliveira et al (1999)
Zoom de imagens grandes	C++ BUILDER	Oliveira et al (1999)

As rotinas citadas na Tabela 1, foram apenas adaptadas e acopladas ao protótipo em desenvolvimento, restando a implementação das rotinas para a formação do modelo anaglifo e para a extração das feições de interesse.

De acordo com AMORIM et al (1999), a visualização estereoscópica da área de interesse, pelo método anaglifo, é possível após a retificação das fotografias e fazendo-se uma composição dos canais ciano (G e B) de uma das fotografias e vermelho (R) da outra, uma vez que os pontos homólogos encontram-se no mesmo plano epipolar.

Sendo assim, a implementação deste módulo restringe-se em extrair as componentes G e B da fotografia convencional retificada e a componente R da fotografia digital retificada. Com isso, os elementos novos que constam da fotografia digital (mais recente) não encontram suas componentes correspondentes em G e B, sendo destacadas em vermelho..

A janela de visualização do modelo anaglifo foi previamente dimensionada, com o objetivo de limitar a área do modelo à parte de interesse num dado momento, fato este que reduz o tempo e o esforço computacional, pois se o programa disponibilizasse o modelo da área toda, muitas feições sem interesse seriam mostradas. Esta janela é acionada indicando-se um ponto com o mouse em uma das fotos retificadas e seu homólogo na outra foto, procedimento esse que indica o centro da janela de visualização do referido modelo.

Para a extração das feições de interesse, foi necessário desenvolver um módulo de registro vetorial, que coletasse as coordenadas E e N dos pontos indicados através do mouse, sobre a fotografia digital retificada.

Somente determinar as coordenadas dessas feições não é o suficiente para se atualizar um mapeamento, onde se têm inúmeras feições em vários layers (níveis) diferentes. Portanto, neste módulo de registro vetorial foi implementada uma rotina que registrasse as coordenadas de forma organizada, ou seja, que montasse um arquivo gráfico no formato .DXF (Drawing Exchange Format), compatível com vários softwares gráficos utilizados em cartografia digital e Sistemas de Informações Geográficas.

Com esse procedimento, o arquivo é montado seguindo padrões, como a cor vermelha das feições e o layer específico, chamado "atualizado", além das entidades serem todas armazenadas como polilinhas.

Finalmente, o arquivo com as feições que devem ser introduzidas, no mapeamento desatualizado, pode ser gravado e importado por vários softwares CAD.

3 Experimentos

Após a conclusão do desenvolvimento do programa, passou-se para a etapa de testes com o objetivo de provar a eficiência do sistema proposto. Para tanto, foram utilizadas as mesmas fotografias aéreas usadas nos experimentos realizados por AMORIM et al (1998).

A tela inicial do programa disponibiliza duas janelas iniciais que possibilitam a visualização das fotografias convencional (0310) e digital (DCP311), como mostra a Figura 253f2.

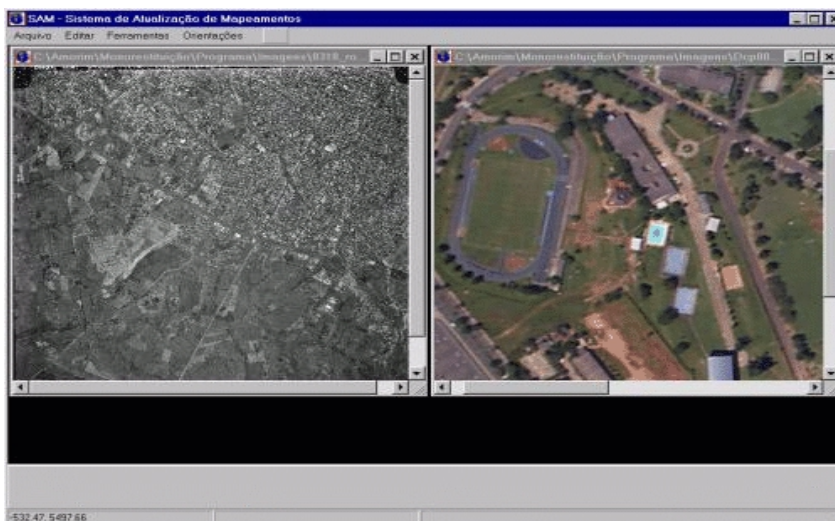


Fig. 2 : Tela inicial do Sistema de Atualização de Mapeamentos – SAM.

De posse do certificado de calibração da câmara fotogramétrica ZEISS RMK TOP-15, fornecido pela empresa que executou o vôo fotogramétrico convencional, utilizou-se as coordenadas das marcas fiduciais para executar a orientação interior desta fotografia, possibilitando assim a execução de medidas no sistema dextrógiro e em milímetros.

As coordenadas das marcas fiduciais calibradas, fornecidas pelo certificado de calibração, são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Coordenadas das Marcas Fiduciais Calibradas.

Marca	x(mm)	y(mm)
1	106,003	-106,006
2	106,004	106,006
3	-106,002	106,004
4	-106,001	-106,004

A orientação interior da fotografia convencional é executada lendo-se as coordenadas das marcas fiduciais sobre a fotografia, com o auxílio de uma janela de aproximação (zoom), como mostra a Figura 253f3.

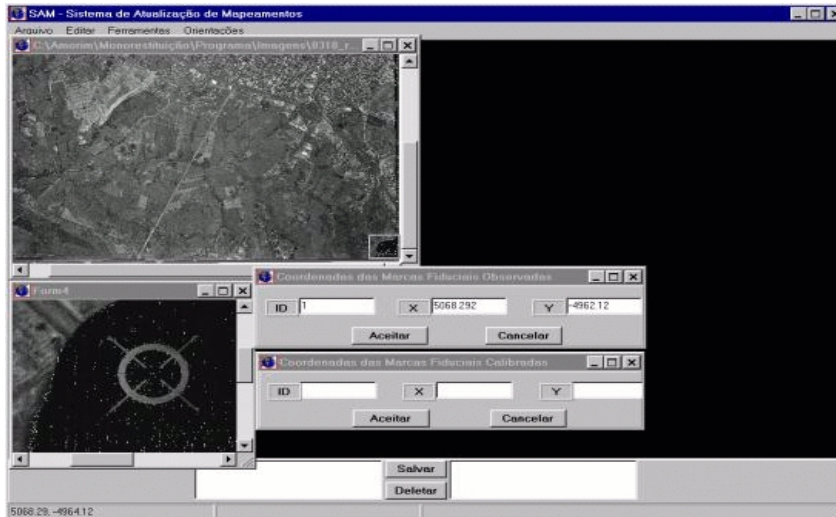


Fig. 3 : Orientação interior da fotografia convencional.

Concluindo-se este processo, uma janela é disponibilizada, como mostra a Figura 253f4, para a verificação dos resultados da orientação interior, com a possibilidade de refazer ou aceitar a operação após a análise dos resultados apresentados.

As coordenadas das marcas fiduciais calibradas e os erros da transformação encontram-se em milímetros e as coordenadas das marcas fiduciais observadas estão em pixels.

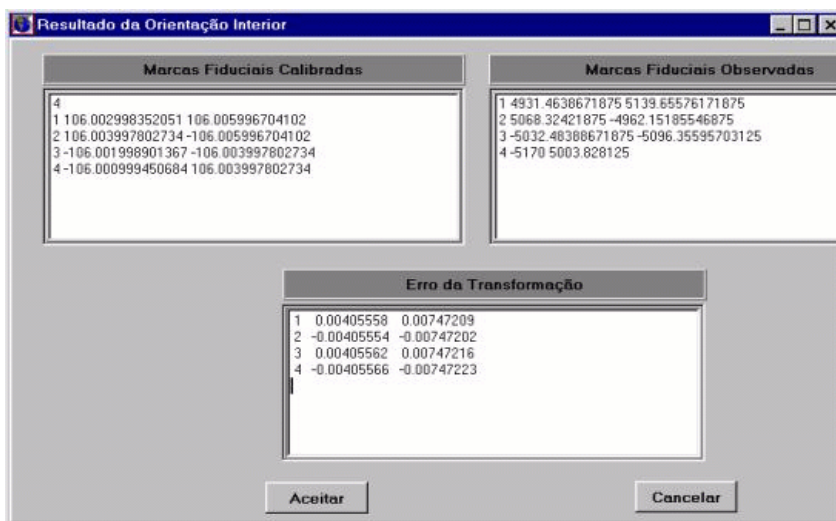


Fig. 4 : Resultados da orientação interior.

O próximo passo é recortar, da imagem convencional, a parte correspondente à área da fotografia digital que será utilizada e aplicar a retificação. Com esta fotografia retificada, o próximo passo é visualizar a fotografia digital, aplicar a resseção e retificar a mesma. Neste momento as imagens retificadas (convencional e digital) são disponibilizadas em tela, como mostra a Figura 253f5.

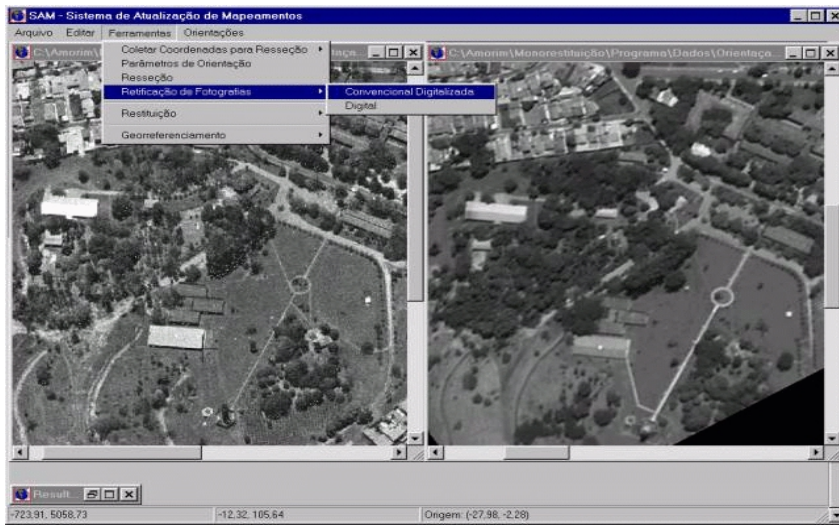


Fig. 5 : Fotografias, convencional e digital, retificadas.

Com as duas fotografias retificadas na tela, pode-se montar o modelo anaglifo. Isto é feito escolhendo-se a opção "modelo anaglifo" do menu "Ferramentas" e clicando em um ponto na fotografia convencional, bem como no seu homólogo da fotografia digital. Assim, com o referido modelo disponibilizado em tela pode-se identificar as feições novas, como mostra a Figura 253f6.



Fig. 6 : Formação do modelo anaglifo.

Como discutido anteriormente, a visualização tridimensional é possível neste caso, mas não é o fato mais importante, pois o grande objetivo é a simples identificação da nova feição, como pode ser observada na Figura 253f6. Nessa figura a mesma aparece destacada em vermelho, uma vez que suas componentes correspondentes em verde e azul não são encontradas na fotografia convencional.

Com a feição identificada pode-se escolher a opção "extrair feições", no menu de ferramentas do sistema, abrindo a janela de extração de feições com as opções de "Terminar Feição", "Nova Feição" e "Finalizar Vetorização", como mostra a Figura 253f7.

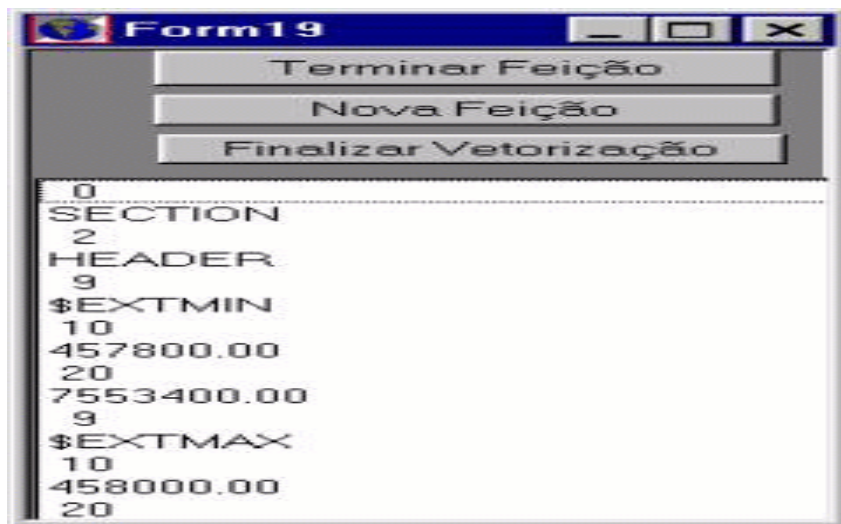


Fig. 7 : Janela de extração de feições.

As feições podem ser extraídas da fotografia digital retificada e o arquivo deve ser finalizado e gravado, através da opção "Salvar Vetorização", dentro do menu "Arquivo". Com isso obtém-se o arquivo em formato DXF, que poderá ser importado em qualquer sistema de CAD.

O arquivo gráfico resultante da extração das feições de interesse foi gravado em formato DXF e importado no Software Remap-plus, como mostra a Figura 253f8.

Pode-se observar na Figura 253f8, as feições extraídas (em vermelho) e os pontos de apoio e verificação (em azul).

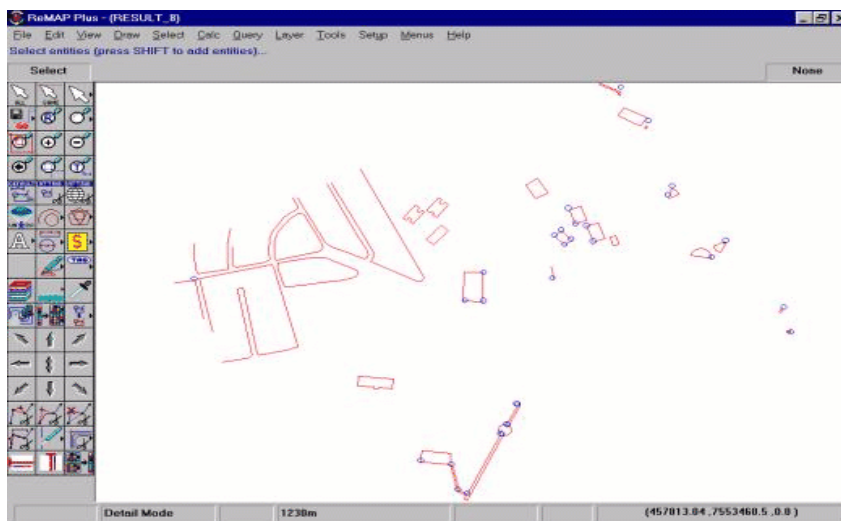


Fig. 8 : Feições extraídas da fotografia aérea digital.

Para melhor visualizar os resultados e comparar com a carta, em escala 1:5000, produzida através das fotografias aéreas convencionais em escala 1:25000, utilizadas neste trabalho, foi importada uma parte do mapeamento digital, referente à área a ser atualizada, dentro do arquivo gerado com as feições extraídas, como mostra a Figura 253f9.

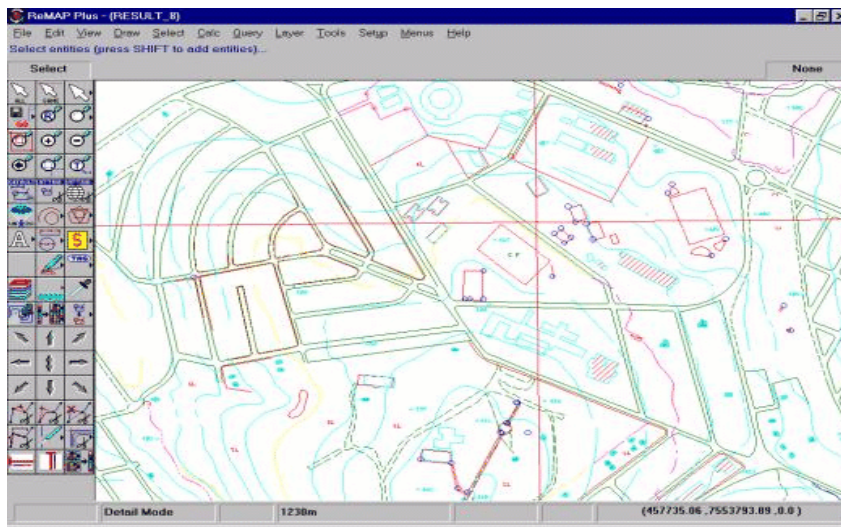


Fig. 9 : Mapeamento digital com as feições extraídas pelo sistema SAM.

4 Conclusões e recomendações

Quanto à utilização do C++ Builder, pode-se dizer que este sistema possui várias ferramentas e rotinas, para a computação de imagens, que podem ser usadas na implementação de sistemas fotogramétricos digitais, agilizando seu desenvolvimento. Outra facilidade, proporcionada pelo ambiente de desenvolvimento do C++ Builder, é a criação de uma interface amigável com o usuário, através de recursos gráficos como janelas e ícones explicativos, facilitando a utilização dos programas elaborados.

A metodologia de atualização cartográfica que foi seguida neste trabalho, dando origem a este protótipo, encontra-se em fase de desenvolvimento, restando ainda muitos estudos e experimentos a serem realizados. No entanto, os resultados apresentados até o momento mostram que esta metodologia tende a se fortalecer, com a realização de estudos futuros e outros experimentos, principalmente no que diz respeito à determinação da posição planialtimétrica das feições a serem restituídas.

Quanto às orientações, interior e exterior, das fotografias utilizadas, pode-se observar que os resultados apresentados foram satisfatórios.

Nota-se, portanto, que foi utilizada uma rotina, já existente, de retificação de imagens, que retifica e reamostra a mesma na tela (no sistema de coordenadas de tela), sem aplicar os parâmetros de transformação que poderiam reamostrar a referida imagem retificada no sistema de coordenadas do espaço objeto, eliminando a necessidade do geo-referenciamento.

É recomendável, portanto, o desenvolvimento de um módulo que utilize rotinas que apliquem, de uma só vez, a retificação com a reamostragem no mesmo plano epipolar e no sistema de coordenadas do espaço objeto, disponibilizando em tela as imagens prontas para formar o modelo estereoscópico por anaglifo e para a extração das feições de interesse.

Além de otimizar as operações, as imagens geo-referenciadas e disponibilizadas em tela possibilitam sua utilização (para a leitura de coordenadas) por uma rotina, que pode ser desenvolvida, para determinar as coordenadas planialtimétricas através de um modelo monorestituição, melhorando significativamente os resultados em termos de precisão.

Outro problema que deve ser considerado é a qualidade da câmara digital a ser utilizada, assim como a qualidade da imagem, pois quanto maior for o tamanho do pixel, maior será o erro na coleta das coordenadas observadas de um ponto de interesse, fato este que prejudicará os resultados finais.

A partir das considerações anteriores, sobre o tamanho do pixel, um fato foi notado ao final dos experimentos, com respeito ao erro de pontaria do operador. Este erro não pode ser corrigido ou mesmo identificado quando o mesmo não é exagerado. A fotografia aérea digital utilizada neste trabalho tem um pixel de 0.03038 mm (equivalente à fotografia 35mm), e a escala aproximada é de 1: 25000, o

que representa um pixel de aproximadamente 0,76 m, portanto é recomendável em estudos futuros a implementação de um recurso de aproximação da imagem (ZOOM) podendo-se melhorar a pontaria, na operação de coleta das coordenadas observadas dos pontos de interesse.

5 Referências bibliográficas

AMORIM, A. et al *Integração Geométrica de Imagens Multitemporais Objetivando a Atualização Cartográfica*. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – COBRAC, 3º, 1998, Florianópolis – SC. Anais/CD.

AMORIM, A. et al *Deteção semi-automática de alterações usando estéreo – pares híbridos*. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 19º, 1999, Recife - PE. Anais/CD.

HASEGAWA, J. K. & CAMARGO, P. de O. *Mapeamento com filmadora: uma análise de viabilidade*. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 3º COBRAC, 1998, Florianópolis - SC, Anais / CD.

LUGNANI, J. B. *Aprimoramentos para a atualização cartográfica*. Universidade Federal do Paraná -UFPR. Curitiba PR, 1985. (Tese de Livre Docência).

Oliveira, L. A. J. et al *Sistema de Atualização Cartográfica com imagens de alta resolução espacial*. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 19º, 1999, Recife - PE. Anais/CD.