

UTILIZAÇÃO DE ORTOFOTOS DIGITAIS NA ATUALIZAÇÃO DE PLANTAS CADASTRAIS

Eng. Cartógrafo Nelson Marisco¹
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Centro Universitário de Aquidauana – CEUA – Depto. de Geociências
Praça Nossa Senhora Imaculada Conceição – 163
CEP: 79.200-000 Aquidauana – MS – Fax: (0XX67) 241 3210
E-mail:nmarisco@nin.ufms.br

Prof. Dr. Norberto Hochheim²
Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico - Depto. de Eng. Civil
Caixa postal 476 - CEP 88040-900 - Florianópolis - SC.
E-mail:hohheim@ecv.ufsc

RESUMO

Este artigo apresenta uma metodologia que utiliza ortofotos digitais para atualizar documentos cartográficos em escala grande. Antes de sua atualização, produtos cartográficos existentes em meio analógico foram convertidos para o formato digital, utilizando-se procedimentos de varredura e posterior vetorização (conversão “raster/vector”), através de “softwares” comerciais (MicroStation - I/Geovec - I/RAS B - I/RAS C). Os resultados obtidos permitiram constatar as potencialidades técnicas e econômicas, bem como as limitações da conversão “raster/vector” de bases cartográficas já existentes, e posterior atualização das mesmas, em áreas urbanas.

Palavras Chaves: Atualização de Plantas Cadastrais, Ortofotos Digitais, Conversão analógico/digital.

ABSTRACT

A photogrametric methodology, with digital orthophotographs was applied in updating cartographic documents on a large scale. A conversion was made of the data from an analogical format to a digital format, employing procedures involving scanning and subsequent vectorization (raster/vector conversion), using commercial software (MicroStation, I/Geovec, I/RAS C and I/RAS B). The results obtained in this study demonstrate the technical and economic potential, as well as limitations of raster/vector conversion of already existing cartographic bases, and of subsequent actualization of such bases, in urban areas.

1. JUSTIFICATIVA

Atualmente, no âmbito das administrações públicas, constata-se a necessidade de uma mudança de postura com relação a investimentos relativos à atualização de bases cartográficas, objetivando manter o valor de um investimento de grande monta já realizado. De outra parte, as empresas prestadoras de serviços de mapeamento, devem oferecer serviços alternativos de atualização com custo cada vez menor, mas que mantenha um determinado padrão de qualidade.

A preocupação com tarefas de atualização não deve ocorrer apenas ao término de todo o mapeamento territorial, mas sim, deve ser uma atividade em paralelo a esse mapeamento (ALI & DOWMAN, 1988), principalmente em se tratando de locais com grande dinâmica de alterações e/ou de grandes dimensões.

Por isso, adotou-se para o desenvolvimento desse trabalho uma metodologia que pudesse incorporar parte dos avanços tecnológicos disponíveis, conciliando-os com aspectos econômicos. Foram considerados os seguintes aspectos:

· aproveitamento das bases cartográficas em meio analógico, as quais perfazem a grande maioria das bases cartográficas disponíveis no Brasil;

· apresentar alternativa de menor custo para a obtenção de bases cartográficas atualizadas em condições de serem utilizadas como suporte às tarefas de planejamento;

· necessidade crescente de se trabalhar com dados em formato digital.

A evolução dos algoritmos que possibilitam a extração automática de feições de imagens digitais, aliada à diminuição dos preços dos equipamentos computacionais e dos programas necessários, permitem a consecução destes objetivos.

Dentro dessa ótica, esse trabalho possui o objetivo de avaliar técnica e economicamente a utilização de ortofotos digitais, como suporte para atualizar bases cartográficas analógicas convertidas para o formato digital.

2. LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho procura aproveitar bases cartográficas existentes em formato analógico, convertendo-as para meio digital, a fim de serem atualizadas por uma metodologia fotogramétrica, em ambiente computacional. As seguintes limitações,

inerentes ao processo a seguir apresentado, devem ser consideradas:

· a metodologia é destinada para procedimentos de atualizações periódicas ou cíclicas, portanto não resolvendo por completo o problema da desatualização dos produtos cartográficos;

· a falta de informações sobre a execução e a acurácia dos produtos cartográficos existentes, tais como relatórios acerca dos pontos de apoio, da restituição e dos equipamentos utilizados, prejudica a tarefa de atualização;

· a não utilização da visão estereoscópica, no momento da atualização, prejudica a vetorização sobre as ortofotos digitais;

· o levantamento aerofotogramétrico utilizado, não sendo apropriado à elaboração de ortofotos digitais (seu objetivo era outro), apresentou as imagens dos topos dos edifícios com grandes deslocamentos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desse trabalho utilizou-se os seguintes materiais, equipamentos e “softwares”.

3.1 Materiais

- Duas folhas do mapeamento cadastral da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, nas escalas 1:10.000 e 1:2.000, executadas em 1979 e 1978, respectivamente.

- Fotografias do recobrimento aerofotogramétrico do município de Florianópolis, obtidas em 1994, nas escalas 1:25.000 e 1:8.000.

3.1.1. Equipamentos

- Um par de receptores GPS, modelo GP-R1 da Topcon, utilizados para obtenção dos pontos de apoio.

- Um micro computador do tipo “Pentium - 100 Mhz” com disco rígido de 1 Gg, 32 de RAM (Random Access Memory), Monitor colorido Samsung SVGA 14”, placa de vídeo de 2 Mb.

- Uma mesa digitalizadora formato A0, SUMMAGRAPHICS, SUMMAGRID IV, com mouse de 16 botões, para a leitura dos pontos nos originais cartográficos.

- "Scanner": para a obtenção das imagens "raster" dos originais cartográficos, testou-se três tipos de equipamentos:

i) "Scanner" de tipo rolo, denominado "Full Scale Scanner - FSS 5000", da Contex S.A., com resolução máxima de 500 dpi, produzindo pixels quadrados, de 0,0508 x 0,0508 mm.

ii) "Scanner" de tipo tambor, denominado SGI de fabricação israelense, para aplicações cartográficas, com resolução de captação de 200 dpi, produzindo pixels quadrados de 0,1270 x 0,1270 mm.

iii) "Scanner" de tipo rolo, denominado "EAGLE SLI 3840", da ANAtech com tecnologia de sensor "Straight Line Imager (SLI)", com resolução real de 400 dpi, podendo ser ampliado até 800 dpi, sendo que a menor detecção de uma linha é de 0,013 cm.

Uma Workstation Fotogramétrica Digital (DPW), da Leica-Helava, de propriedade da empresa ESTEIO S. A., para a obtenção das ortofotos e varredura dos diapositivos.

3.1.2. "Softwares"

- "GPPS" versão 5.0.00, para pós-processamento PS.

- "FILLNET 3.0", para ajustamento das observações.

- "TCD" e o "TURBO GPS for windows", versão 3.2, para transformação das coordenadas ajustadas.

- MicroStation 5.0, I/RAS C, I/RAS B e I/GEOVEC (todos para DOS), e MicroStation 5.5 (95, em ambiente Windows), para a vetorização e atualização.

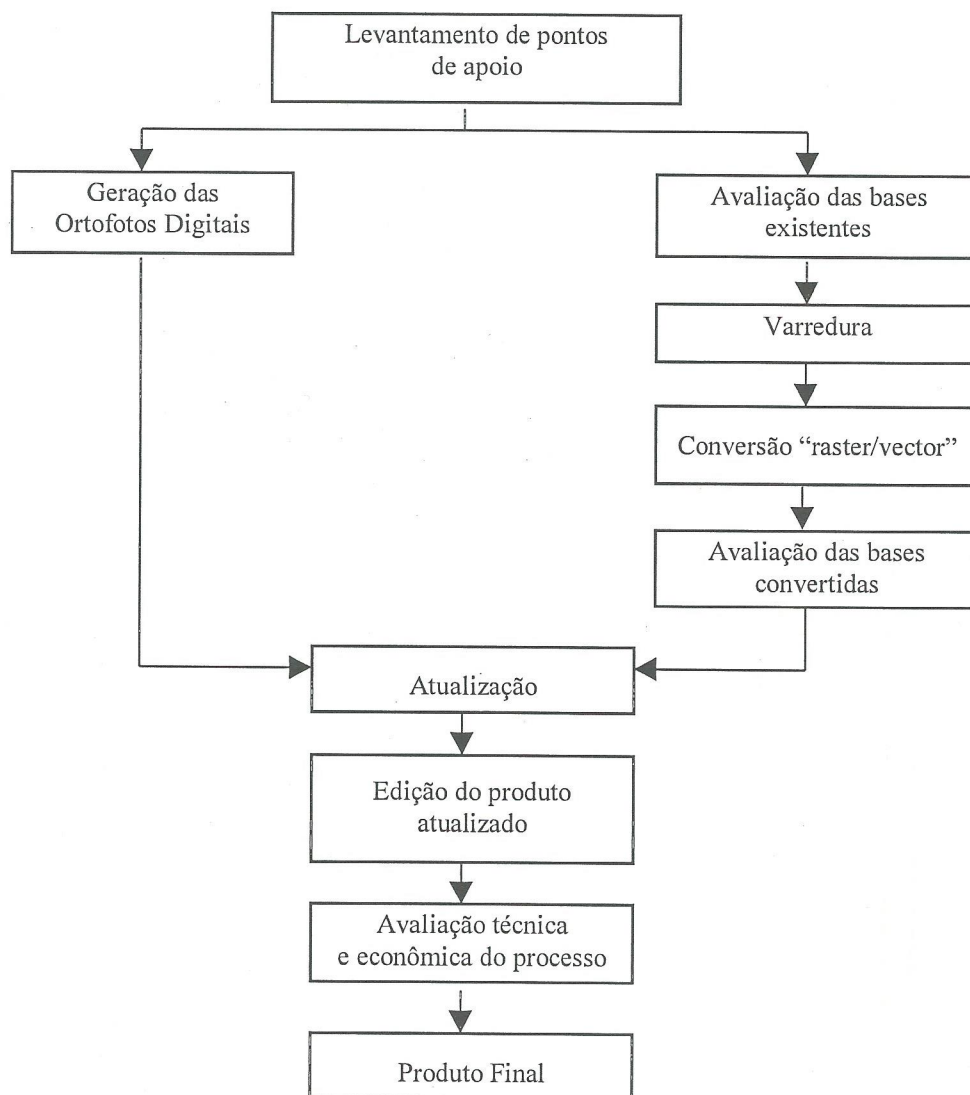


Figura 1 – Metodologia adotada.

3.2. Metodologia

A Figura 1 representa esquematicamente as etapas que foram cumpridas para execução deste trabalho.

3.2.1. Seleção da área de estudo

Na escolha da área de estudo foram considerados os seguintes fatores:

- disponibilidade de documentos cartográficos;
- acesso aos originais cartográficos (base em papel estável);
- interesse de instituição pública;
- disponibilidade de um recobrimento aerofotogramétrico mais atual do que os documentos cartográficos existentes;
- acessibilidade às áreas escolhidas, levando em consideração:
 - a) recursos financeiros disponíveis;
 - b) tempo disponível para o desenvolvimento dos trabalhos (um ano);
 - c) facilidade de acesso às áreas escolhidas.

- a área escolhida deveria ter um relevo diversificado, ou seja, possuir partes planas e partes onduladas, a fim de que a metodologia pudesse ser testada em diversas situações encontradas na prática.

Considerados tais fatores, foram escolhidas duas áreas testes, que serão tratadas nesse trabalho como Área I e Área II. Estas áreas são apresentadas na Figura 2.

a) Área I

Esta área compreende a parte central da Ilha de Santa Catarina - Florianópolis -, representada na Folha SG-22-Z-D-V-2-NE-F do "Levantamento aerofotogramétrico do aglomerado urbano de Florianópolis", na escala 1:10.000, executado em 1979, pela empresa "Aerofoto Cruzeiro S.A."

A folha representa uma área de aproximadamente 35,37 Km², densamente ocupada, portanto suscetível a profundas transformações, cujo último registro cartográfico confiável data de 1979. Esta área possui um relevo bastante heterogêneo, com alternância de áreas planas e áreas montanhosas. As áreas planas e as encostas dos morros encontram-se densamente urbanizadas

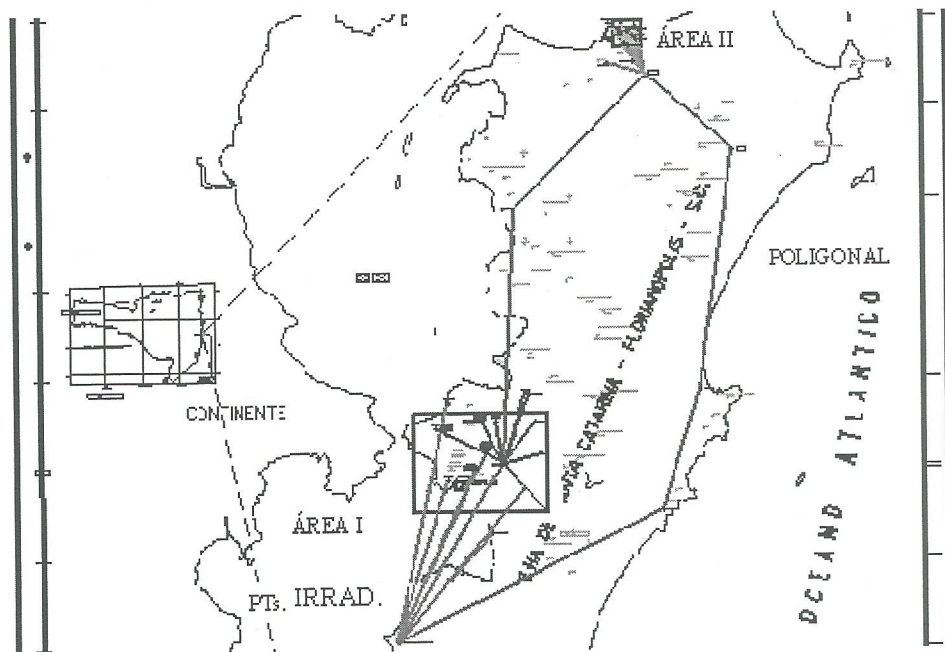


Figura 2 – Áreas de estudo I e II, poligonal e pontos irradiados

b) Área II

Essa área compreende parte do Balneário de Canasvieiras - Florianópolis (SC) -, representada na Folha SG-22-Z-D-III-3-SO-C-II-4, da “*Planta Cadastral dos Balneários da Costa Norte da Ilha de Santa Catarina*”, na escala 1:2.000, executada em 1978, pela empresa “Aeromapa Brasil S.A.”.

Esta é uma das poucas áreas da Ilha representadas em escala 1:2.000. Ela tem apresentado um expressivo processo de urbanização, principalmente nos últimos 20 anos, constituindo-se num balneário de grande interesse imobiliário.

A ocupação atual consiste de unidades familiares, comerciais e de serviços, apresentando edifícios com gabarito de até quatro pavimentos.

3.2.2. Poligonal e pontos irradiados

Foram levantados, em campo, 38 pontos de apoio, objetivando a elaboração das ortofotos digitais e a avaliação dos produtos cartográficos existentes. Do total destes pontos, 7 (sete) são da poligonal, e o restante são pontos irradiados para dentro das áreas de estudo, conforme mostrado na Figura 2.

Para o levantamento GPS, foi empregado o método estático.

3.2.3. Obtenção dos pontos sobre os originais cartográficos

A obtenção de 10 (dez) pontos sobre cada original cartográfico foi realizada em uma mesa digitalizadora, na qual os originais eram devidamente orientados e os arquivos dos pontos lidos eram gerados.

Os arquivos com as coordenadas planimétricas foram utilizados na avaliação dos documentos cartográficos.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

A partir dos resultados obtidos, analisou-se os seguintes aspectos:

- técnicos, procurando medir quantitativamente a acurácia obtida nas etapas desenvolvidas;
- econômicos, procurando avaliar os custos envolvidos no processo, considerando-se os equipamentos e programas utilizados (“soft-wares” e “hardware”), quantidade de horas trabalhadas em cada etapa e mão-de-obra envolvida.
- operacionais, procurando apresentar as dificuldades encontradas no processo de atualização.

4.1. Resultados do ajustamento da poligonal GPS

Para realizar o ajustamento da poligonal, foram fixados os pontos (SAT-SC-15 U SAT5), com coordenadas planialtimétricas conhecidas e fornecidas pelo IBGE, e o ponto (VGAN), com apenas a cota altimétrica conhecida, cota essa obtida por um lance de nivelamento geométrico, realizado a partir da RN 2006 F do IBGE.

A qualidade da poligonal levantada pode ser inferida pelos resultados do fechamento relativo entre os vetores individualmente e pelo fechamento absoluto, obtido pela soma dos DX, DY, DZ dos

VETORES	Distância (m)	acurácia horizontal PPM (h)	Erro relativo	acurácia vertical PPM (v)	Erro relativo
SAT5-UFS C	<u>9110.619</u>	<u>1.6</u>	<u>1:644215</u>	<u>1.1</u>	<u>1:911062</u>
UFSC-STA N	<u>11309.492</u>	<u>1.4</u>	<u>1:694734</u>	<u>1.1</u>	<u>1:942458</u>
STAN-VGA N	<u>8389.362</u>	<u>1.6</u>	<u>1:623572</u>	<u>1.2</u>	<u>1:838936</u>
VGAN-RIO V	<u>5032.940</u>	<u>1.8</u>	<u>1:545896</u>	<u>1.4</u>	<u>1:718991</u>
RIOV-BAR L	<u>10730.291</u>	<u>1.5</u>	<u>1:659155</u>	<u>1.1</u>	<u>1:894191</u>
BARL-JOA Q	<u>5549.374</u>	<u>1.9</u>	<u>1:521921</u>	<u>1.4</u>	<u>1:693672</u>
JOAQ-SAT S	<u>13214.532</u>	<u>1.4</u>	<u>1:718735</u>	<u>1.0</u>	<u>1:1016502</u>

Tabela 1 – Fechamento relativo planialtimétrico da poligonal

respectivos vetores, conforme apresentado nas Tabelas 1 e 2.

SEÇÕES	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
SAT5 - UFSC	5858,239	293,994	6971,218
UFSC - STAN	3718,791	-3712,603	10014,572
STAN - VGAN	6165,318	1735,738	5418,246
VGAN - RIOV	1890,153	3658,574	-2893,552
RIOV - BARL	-4220,850	2859,283	-9441,832
BARL - JOAQ	-2676,936	786,298	-4797,013
JOAQ - SAT5	-10734,724	-5621,314	-5271,680
	ΔDX= -0,009	ΔDY= -0,031	ΔDZ= -0,041

Tabela 2 – Seções da poligonal e respectivos vetores

Comparando-se os valores apresentados nas Tabelas 1 e 2, nota-se que tanto em fechamento relativo como em absoluto, a poligonal atende às prescrições técnicas propostas pelo IBGE (1996).

4.2. Avaliação das bases cartográficas utilizadas

4.2.1. Área I

Para avaliar a exatidão planialtimétrica, adotou-se a metodologia apresentada por BRITO (1987) e TOMMASELLI, MONICO e CAMARGO (1988).

Essa avaliação ficou restrita apenas em determinar a acurácia dos produtos utilizados, isto é, procurar estimar estatisticamente o afastamento das coordenadas retiradas da carta, comparando-as com coordenadas determinadas no terreno, referenciadas ao Sistema Geodésico utilizado na carta, e verificar se as mesmas estavam influenciadas por erros sistemáticos.

Para tais procedimentos foi considerada uma amostra de 10 (dez) pontos.

a) Acurácia planimétrica

Comparando-se o valor encontrado para o limite superior (m_{sup}) do intervalo “t” de Student, com os Padrões de Exatidão Cartográfico (PEC), verificou-se que a carta não satisfaz à CLASSE A, uma vez que $m_{sup} = 7,0507m$ é maior que $PEC_{1/10.000} = 5m$.

Já para a CLASSE B, a condição é satisfeita, uma vez que $m_{sup} = 7,0507m$ é menor que $PEC_{1/10.000} = 8m$.

b) Acurácia altimétrica

Comparando-se o valor encontrado com os valores para o limite superior (m_{sup}) do intervalo “t” de Student, com o PEC, verifica-se que a carta satisfaz à CLASSE A, já que $m_{sup} = 1,8465m$ é menor que $PEC_{1/10.000} = 2,5m$.

Desta forma pode-se concluir que a base cartográfica utilizada possui uma planimetria que satisfaz às exigências de uma carta CLASSE B, e uma altimetria que satisfaz às exigências de uma carta CLASSE A.

4.2.2. Área II

Para esta área, utilizou-se os mesmos procedimentos usados para a área I.

Grandes diferenças, entretanto, foram detectadas entre as coordenadas levantadas em campo e as obtidas sobre o original cartográfico, impossibilitando a realização da avaliação cartográfica da forma proposta.

Assim sendo, estabeleceu-se que no georreferenciamento da base cartográfica fossem utilizados pontos levantados em campo, que não haviam sido utilizados na geração da ortofoto digital.

Deve-se destacar que, como a base cartográfica original não mencionava em qual Sistema Geodésico estava referenciada, e também devido a área encontrar-se muito próxima dos extremos do fuso, considerando-se um sistema de projeção UTM, optou-se em trabalhar no sistema de projeção LTM.

4.3 Resultados da varredura dos produtos cartográficos

Como as bases cartográficas existentes encontram-se em formato analógico (poliéster), teve-se de transformá-las em formato digital, a fim de que pudesse ser aplicada a metodologia proposta.

Para isso, foram testados três tipos de equipamento “scanner”, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 3.

Com a resolução de 200 dpi fornecida pelo “scanner” SGI, a formação das linhas varridas não apresentavam mais de três pixels, condição mínima para garantir uma boa qualidade de vetorização. Optou-se, por isso, em utilizar o “scanner EAGLE LSI 3840”

"Scanners"		Modelos matemáticos utilizados para o georeferenciamento		Pontos de controle usados		RMS para toda a folha em metros (m)	
Tipo de equipamento	Resolução (dpi)	área I	área II	área I	área II	área I	área II
FSS 5000	500	HELMERT AFIM	HELMERT AFIM	10	8	5,04567	5,38675
SGI	200	HELMERT AFIM	HELMERT AFIM	20	7	0,36687	0,28345
EAGLE LSI 3840	500	HELMERT AFIM	HELMERT AFIM	5	7	0,05677	0,05478

Tabela 3 – Resultados obtidos com os três tipos de equipamento "scanner"

4.4. Avaliação das bases cartográficas atualizadas

Para avaliar as bases cartográficas atualizadas, utilizou-se da metodologia já mencionada no item 4.2.1. Os resultados são apresentados abaixo.

a) Acurácia planimétrica (Área I)

Comparando-se o limite superior (m_{sup}) do intervalo "t" de Student com os PEC, verifica-se que o arquivo "vector" satisfaz à CLASSE A, pois o $PEC_{1:10.000} = 5m$ é maior que $m_{sup} = 1,1001m$, considerando uma amostra de 10 (dez) pontos, sendo que metade desses pontos foram utilizados na geração da ortofoto digital.

b) Acurácia planimétrica (área II)

Comparando-se o limite superior (m_{sup}) do intervalo "t" de Student com o PEC, verifica-se que a carta satisfaz à CLASSE A, pois o $PEC_{1:2.000} = 1m$ é maior que $m_{sup} = 0,3710m$, considerando uma amostra de (10) dez pontos, sendo que 3 (três) desses pontos foram utilizados na geração da ortofoto digital.

Desta forma, pode-se concluir que em termos planimétricos, a base cartográfica satisfaz à CLASSE A.

c) Acurácia altimétrica para as Áreas I e II

Conforme mencionado anteriormente, não foi possível atualizar a altimetria. Entretanto, foram gerados arquivos com curvas de nível, a partir dos perfis gerados pela varredura do modelo estereoscópico, em um restituído analítico.

Assim sendo, para a área I gerou-se um arquivo com curvas de nível de 5 em 5m, a partir de uma malha planialtimétrica quadrada com pontos espaçados de 50 em 50m.

Para a área II, gerou-se um arquivo com curvas de nível de metro em metro, a partir de uma malha planialtimétrica quadrada com pontos espaçados de 20 em 20m.

Superpondo-se os arquivos gerados, contendo a altimetria, aos das bases cartográficas existentes, percebeu-se que, apesar de algumas discrepâncias em pontos isolados, de um modo geral, há bastante coerência entre elas. Estas observações valem para as duas áreas.

4.5. Avaliação econômica

Feita a estimativa de custo de cada etapa, quantificou-se o custo do processo proposto para atualizar bases cartográficas já existentes em formato analógico, convertidas para o formato digital.

a) Para a escala 1:10.000

Comparando-se o processo de atualização, utilizando-se ortofotos digitais, ortofotocarta digital e a restituição em formato digital, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 4.

Fator(por folha*)	atualização por ortofoto digital	atualização por ortofotocarta digital	restituição em formato digital
Custo em (R\$)	10.690,20	15.441,40	22.093,08
Varredura (R\$)	12,00	12,00	
Vetorização (R\$)	980,00	980,00	
Atualização (R\$)	765,50	765,50	
Total (R\$)	12.448,70	17.199,90	22.093,08

Tabela 4 – Comparação de custos entre o processo de atualização por ortofoto digital, ortofotocarta digital, e restituição em formato digital (área I, escala 1:10.000)

* Considerando uma folha recobrimo uma área de 23,756km²
 Fonte: ESTEIO S.A. e autor

Comparando-se o processo de atualização por ortofotocarta com uma restituição em formato digital, percebe-se que a atualização por ortofotocarta digital é cerca de 22% mais econômica que a restituição em formato digital.

E, caso a opção seja por atualizar apenas a planimetria, a atualização utilizando ortofoto digital é 28% mais econômica que a atualização utilizando ortofotocarta digital, e 44% mais econômica que a restituição em formato digital.

b) Para a escala 1:2.000

Comparando-se o processo de atualização utilizando-se ortofoto digital, ortofotocarta digital, e restituição em formato digital, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 5.

Fator (por folha*)	Atualização por ortofoto digital	Atualização por ortofotocarta digital	Restituição em formato digital
Custo em (R\$)	3.830,40	7.277,76	12.388,95
Varredura (R\$)	12,00	12,00	
Vetorização (R\$)	1.500,00	1.500,00	
Atualização (R\$)	1.041,08	1.041,08	
Total (R\$)	6.383,48	9.830,84	12.388,95

Tabela 5 – Comparação de custo entre o processo de atualização por ortofoto digital, ortofotocarta digital e restituição em formato digital (escala 1:2.000)

* Considerando uma folha recobrimo uma área de 1,197km²
 Fonte :ESTEIO S.A. e autor

Comparando-se o processo de atualização por ortofotocarta com uma restituição em formato digital, nota-se que, a atualização por ortofotocarta digital é 21% mais econômica.

E, caso a opção seja por atualizar apenas a planimetria, a atualização utilizando ortofoto digital é 35% mais econômica que a atualização utilizando ortofotocarta digital, e 48% mais econômica que a restituição em formato digital.

Esses resultados estão sujeitos a variações, já que muitos são os fatores influenciadores na composição desses custos. Duas constatações, entretanto, merecem ser destacadas:

- mesmo que o detentor das bases cartográficas existentes opte por terceirizar a tarefa de atualização, ele deverá adquirir os “softwares”.

- os custos dos “softwares” e “hardwares” representam uma pequena parcela do custo total de atualização, principalmente se for considerado o fato de que tanto os “softwares” como os “hardwares” também serão empregados em outras tarefas, o que dilui seus custos finais.

Um dos fatores fundamentais que contribuiu para aumentar o custo da atualização foi o fato de que, tanto para a área I como para a área II, quando sobrepostos os arquivos vetoriais das bases cartográficas existentes, com a ortofoto digital, a maioria das feições não se sobrepuseram, necessitando-se realizar uma vetorização manual “on screen” sobre as ortofotos digitais.

Isso ocorreu devido à uma diferença na coordenada do marco geodésico utilizado, comprovado posteriormente pelo reajustamento da rede planimétrica realizado pelo IBGE no início de 1997.

Desta forma, a base cartográfica antiga ficou sujeita a um erro sistemático, o qual ficou comprovado pela aplicação do teste proposto por TOMMASELLI, MONICO e CAMARGO (1988).

4.6. Aspectos operacionais do processo de atualização

Uma das etapas mais trabalhosas é a de conversão dos produtos analógicos para o formato digital, ou seja, a conversão “raster/vector”. Não só pelo processo de vetorização propriamente dito, mas

também, pela necessidade de edição, exigindo-se um razoável conhecimento dos “softwares” utilizados.

Em relação ao processo de atualização, fazem-se as observações abaixo.

a) Área I (escala 1:10.000)

Conforme mencionado anteriormente, o maior problema encontrado foi o fato de que no momento de superpor o arquivo vetorial convertido da base cartográfica, sobre a ortofoto digital, a grande maioria das feições não se sobrepuseram.

Assim sendo, fez-se uma vetorização manual “on screen” sobre a ortofoto digital, com o intuito de obter-se o traçado do arruamento, de algumas edificações, de áreas esportivas, dentre outras feições.

A Figura 3 apresenta uma parte do arquivo “vector” da base cartográfica existente, superposto ao arquivo “vector” obtido da vetorização “on screen” sobre a ortofoto digital. Nota-se o deslocamento existente entre ambas. Os arruamentos e as edificações da base existente estão em preto.

Ainda, com respeito ao processo de vetorização manual realizado sobre a ortofoto digital, deve-se ressaltar que as áreas onde encontrou-se maior dificuldade foram nas encostas dos morros e no centro da cidade.

No caso das encostas dos morros, a vetorização dos arruamentos e servidões de acesso a esses locais ficaram prejudicadas, devido à concentração das residências e sombras, agravado pela falta da visão estereoscópica.

No caso da porção central da cidade, a vetorização dos arruamentos e de algumas edificações ficaram prejudicadas devido às sombras dos prédios mais altos e das árvores, e principalmente pelo grande deslocamento na ortofoto, da imagem dos topos dos edifícios.

Isso ocorreu devido ao recobrimento aerofotogramétrico utilizado, não ter sido planejado à realização de ortofotos digitais e por não se estar utilizando de visão estereoscópica.

c) Área II (escala 1:2.000)

Para essa área atualizou-se a planimetria, vetorizando-se manualmente sobre a ortofoto digital todas as edificações, limites dos lotes, arruamentos e posteamento.

Como boa parte da área possui um relevo plano e edificações não muito elevadas, o processo de vetorização não apresentou grandes dificuldades. Entretanto, foram encontradas algumas dificuldades na vetorização dos edifícios mais altos e na identificação exata da divisa dos lotes.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No estudo realizado, ficou comprovado que a aplicação desta metodologia depende da qualidade das bases cartográficas existentes. Pode-se ainda afirmar que:



Figura 3 – Superposição dos arquivos vetoriais (parte do campus da UFSC)
Fonte: tela do MicroStation

- Quanto aos aspectos econômicos, o método proposto de atualização, utilizando-se ortofotocartas digitais, é cerca de 22% mais barato que a restituição em formato digital, e que caso a opção seja por utilizar somente ortofotos digitais, isto é, sem a restituição das curvas de nível, tal metodologia é em média cerca de 46% mais econômica que a restituição em formato digital.

- Quanto aos aspectos técnicos, é relevante o fato de uma ortofoto digital ser produzida mais rapidamente que uma restituição em formato digital, e apresentar a mesma qualidade planimétrica com a riqueza de detalhes proporcionada pela imagem, possibilitando, assim, que esse produto possa ser utilizado em qualquer projeto de planejamento físico territorial.

- Quanto aos aspectos operacionais, essa metodologia de atualização tem como mérito possibilitar que, tanto as empresas prestadoras de serviços especializados em mapeamento, quanto os órgãos detentores das bases cartográficas, podem utilizá-la.

No caso específico das duas áreas de estudo, conclui-se que:

a) Para a área I (escala 1:10.000): a adoção dessa metodologia foi viável, apesar das discrepâncias encontradas, as quais estão relacionadas mais aos problemas com o Sistema Geodésico do local, do que com os erros inerentes ao processo em si. Dificuldades encontradas:

- marcos destruídos;
- duplicidade de coordenadas para um mesmo marco geodésico;

b) para a área II (escala 1:2.000): a proposição não foi viável, devido à falta de qualidade cartográfica do produto existente, recomendando-se aqui um novo mapeamento.

Para finalizar, recomenda-se:

- Que haja uma política que vise a implantação de marcos de fácil monitoramento, passíveis de serem preservados, a fim de que todos os trabalhos possam ser a eles referenciados. Isso facilitará e diminuirá os custos para a obtenção de coordenadas geodésicas por DGPS, possibilitando a atualização de qualquer representação cartográfica.

- Que seja utilizado "scanner" para varredura dos produtos cartográficos existentes que produzam

arquivos digitais, que reproduzam as linhas do mapa com pelo menos três pixels, e que no seu georreferenciamento obtenham-se resultados iguais ou inferiores à precisão de 1 pixel, para todo o arquivo, considerando a escala do original cartográfico.

- Que sejam utilizados ortofotos digitais de boa qualidade, para as quais todos os cuidados na aquisição tenham sido observados.

- Que a visão estereoscópica venha a ser utilizada para solucionar os problemas de posicionamento dos vetores sobre as feições, principalmente em edificações e nas divisas dos lotes.

6. AGRADECIMENTOS

- À empresa ESTEIO S.A..
- À empresa ELETROSUL S.A.
- À empresa ITS Informática.
- À Fundação de Amparo ao Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA).
- Ao Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF).
- À CAPES.
- À Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, M. J.; DOWMAN, I. J. Map revision from stereo orthophotographs. Photogrammetric Record, 12(72): 847-856, October 1988.
- BÄHR, Hans-Peter; WIESEL, Joachim, Cost-Benefit Analysis of Digital Orthophoto Technology. Digital photogrammetric systems. Printing: Präzis-Druck, Karlsruhe, 1991.
- BENTLEY SYSTEMS. MicroStation Academic Suite. "User's Guide", 1995.
- BOULOUCOS, T.; KUNARAK, R.; TEMPFLI, K. Low-cost feature extraction from aerial photographs for database revision. Proc. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) - Washington D.C. vol. XXIX-Part. B4 com. IV, 1992, p. 493-498.
- BRITO, J. L. N e S. Proposta de metodologia para a classificação de documentos cartográficos. In: Revista Brasileira de Cartografia, nº 41, Jan/87. 1987, p. 27 a 42.
- BURROUGH, P. A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press - Oxford, United States, 1988.

- DALÉ, F. P. ; McLAUGHLIN J. D. Land information management. Oxford University Press, United States, 1990.
- ECKER, Robert. Digital orthophoto generation based on a high-quality DTM. ITC Journal nº 1, pp. 59 a 64, 1992.
- EMPRESAS. Pesquisa feita junto às empresas prestadoras de serviços de aerofotogrametria. Carta ofício, 1996.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos. IBGE - Rio de Janeiro - RJ, 1996.
- INTERGRAPH CORPORATION. I/RAS B. User's Guide. October 1994.
- _____. I/GEOVEC. Getting Started. February 1994.
- _____. I/GEOVEC. User's Guide. February 1994.
- _____. MicroStation Feature Collection (MSFC). User's Guide. April 1994.
- _____. I/RAS C. User's Guide. October 1994.
- JÜNGEN, P. Actualización de Cartas con ayuda de Ortofoto Digitales y Métodos para el Procesamiento Digital de Imagenes. In: BAHR, H. Processamiento de Imagenes, 1991.
- LUGNANI, João Bosco. Aprimoramentos para a atualização cartográfica. Tese para prof. titular UFPr, Curitiba-PR, 1985.
- QUEIROZ FILHO, A. P. Ortofoto Digital para Atualização Cartográfica em SIG's. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1993.
- REVISTA FATOR GIS. O Brasil Precisa de Mapas. Ed. Sagres. Ano 3 nº 10 Julho /Agosto/Setembro. Curitiba, 1995.
- STEINER, D. R.. The integration of digital orthophotographs with GISs in a microcomputer environment. ITC Journal, v.1, 1992, p. 65 a 72.
- SURACE, Luciano. The application of integrated raster-vector techniques to cartographic and photogrammetric data in map revision process oriented to gis implemetation. Proc. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (IRPRS) - Porceedings. Kyoto vol. 27 - Part. B11 com. III/IV, p. IV-377-386, 1988.
- TOMMASELLI, A. M. G; MONICO J. F. G.; CAMARGO, P. de O. Análise da exatidão cartográfica da carta imagem "São Paulo", In: Anais do V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, vol. 1, Natal - RN, Outubro 1988, p. 253-257.