

**DEFINIÇÃO DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS A
PARTIR DE NAVEGAÇÃO E VALIDAÇÃO DE CAMPO
UTILIZANDO GPS E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS: O CASO DA SUB-BACIA DO RIO
CASTELO-(ES)**

*Defining geomorphological unities from navigation and validation of fields by
using GPS and Geographic Informaton System: the case of Rio Castelo watershed.*

RODOLFO MOREIRA DE CASTRO JUNIOR¹
FREDERICO GARCIA SOBREIRA²
FREDERICO DAMASCENO BORTOLOTTI¹
LEONARDO ANDRADE DE SOUZA²

¹Universidade Federal do Espírito Santo - Centro Tecnológico
Vitória – Espírito Santo – Brasil – Fax: 55 027 3335 - 2659

²Universidade Federal de Ouro Preto - Departamento de Geologia
Ouro Preto – Minas Gerais – Brasil - Fax: 55 031 3559 - 1600
rodolfo@npd.ufes.br; sobreira@degeo.ufop.br; freddb@ltc.ufes.br;
geolsouza@yahoo.com.br

RESUMO

O presente trabalho descreve o uso de sistemas de posicionamento global (GPS) aliado a sistemas de informações geográficas (SIG) como auxílio na definição de unidades geomorfológicas na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Castelo (SBHRC). A SBHRC se localiza ao sul do Estado do Espírito Santo, Brasil, possuindo uma área aproximada de 1500 km², abrangendo seis municípios. Dada a extensão da área e a escala de trabalho de 1:75.000, seu levantamento poderia tornar-se dispendioso e até inviável se não houvesse uma perfeita sincronização entre o posicionamento em campo e os dados cadastrados na base cartográfica. A definição primária de unidades geomorfológicas faz parte da etapa de caracterização fisiográfica da referida área, objeto de estudos de zoneamento e diagnóstico geoambiental. Ferramentas de geoprocessamento e processamento de imagens LANDSAT TM5 e de Radar SRTM associadas a equipamentos GPS para validação de campo foram empregadas na compartimentação geomorfológica da SBHRC. A utilização conjunta de GPS, imagens orbitais e SIG permitiu elaborar um produto de análise

ambiental pormenorizado, em escala apropriada, validado pelas avaliações *in loco* e com grande potencial para a avaliação sistemática de recursos naturais.

ABSTRACT

The present work describes the static and kinematic procedures for surveying, controlling and navigation of point features determined by Geodesic GPS in order to aid the field work of defining the geomorphological units as input for the physiographic characterization and geoenvironmental diagnosis of Rio Castelo Watershed (SBHRC), located on the south of Espírito Santo's State, Brazil. The SBHRC has an area about 1500 Km² covering 6 districts. Because of the extent of the study area and the work scale of 1:75,000, the survey would be too expensive or even unfeasible if there weren't a perfect synchronization and between the field positioning and data stored in the cartographic base. The primary definition of geomorphologic units is part of the physiographic characterization of the study area, object of studies of geoenvironmental diagnosis and zoning. GIS and image processing tools for LANDSAT TM5 and SRTM Radar images were used in the associated with GPS equipments to field validation were used in the geomorphologic compartmentation. The utilization of GPS, orbital imagery and GIS altogether allowed elaborating a product of detailed environmental analysis, in a proper scale, validated by the evaluations *in loco* and with great potential for systematic evaluation of natural resources.

1. INTRODUÇÃO

Segundo afirma (Christofoletti, 1994) os aspectos geomorfológicos auxiliam na avaliação do meio físico integrado às ações antrópicas.

A definição das unidades geomorfológicas no contexto de uma bacia hidrográfica envolve diversos componentes fisiográficos e permite avaliar as correlações entre os mesmos e os reflexos desses no uso e ocupação do solo.

O levantamento e o processamento de dados com uso de tecnologias cartográficas adequadas, minimizam os esforços interpretativos e otimizam a integração das informações do meio natural. Conforme afirma (Leal, 2003) as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto ajudam a “*reduzir a subjetividade nos procedimentos de análise e possibilitam a realização de uma análise qualitativa e quantitativa da paisagem a partir de modelos distribuídos.*”

Para realização de trabalhos de coletas de dados em grandes áreas de estudo, que necessitam de um acompanhamento mais rigoroso de navegação para evitar a desorientação cartográfica, é fundamental a utilização de tecnologias modernas que envolvam softwares, hardwares e receptores de dados via satélite, quais sejam: Sistemas de Informação Geográfica, notebooks ou handhelds e receptores GPS, sejam geodésicos ou de navegação. Segundo (Silva, 1994), os Sistemas de Informações Geográficas vêm sendo concebidos para atender grande parte dos

instrumentos de medição. Ainda segundo o referido autor, “*os instrumentos evoluíram de simples medidores para georeferenciadores*”, e se forem consideradas a quantidade de informações a serem coletadas “*deve-se priorizar os equipamentos que possibilitem o registro automático das mesmas*”, tais como os receptores GPS.

Campanhas de coleta de dados devem envolver 3 principais etapas distintas e complementares: O planejamento da missão, a execução do curso planejado (navegação) e o controle e registro de dados baseados em Cartas Topográficas.

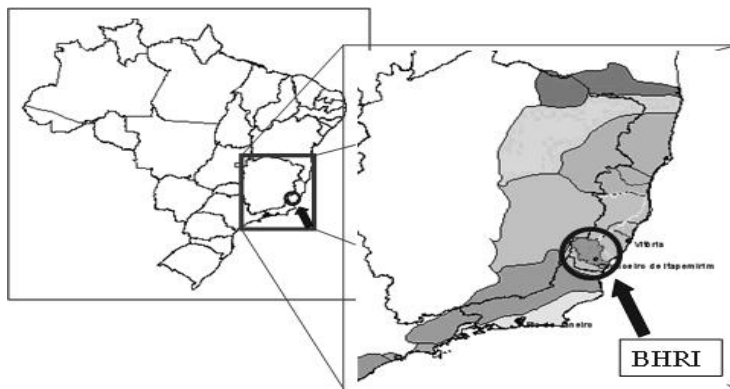
O presente trabalho tem por objetivo primário demonstrar os resultados dos trabalhos de coleta de dados e validações de campo para compartimentação geomorfológica da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Castelo (SBHRC), associados ao uso de GPS e Sistema de Informações Geográficas (SIG). Como objetivo secundário, o estudo buscou realizar o aprimoramento de informações geomorfológicas preliminares, definidas a partir de imagens orbitais, através de ferramentas SIG, tais como, álgebra de mapas e classificações.

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ÁREA DE ESTUDO

A Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Castelo (SBHRC) é parte integrante da Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim (BHRI), que por sua vez pertence à Região Hidrográfica Costeira do Sudeste (RHCS), sendo essa última constituída pelas bacias hidrográficas de rios que deságuam no Atlântico – trecho Sudeste. A Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim (BHRI), macro-região onde se situa a sub-bacia objeto do presente estudo, localiza-se no sul do Estado do Espírito Santo, entre os meridianos 40°48'e 41°52' de longitude oeste e entre os paralelos 20°10' e 21°15' sul.

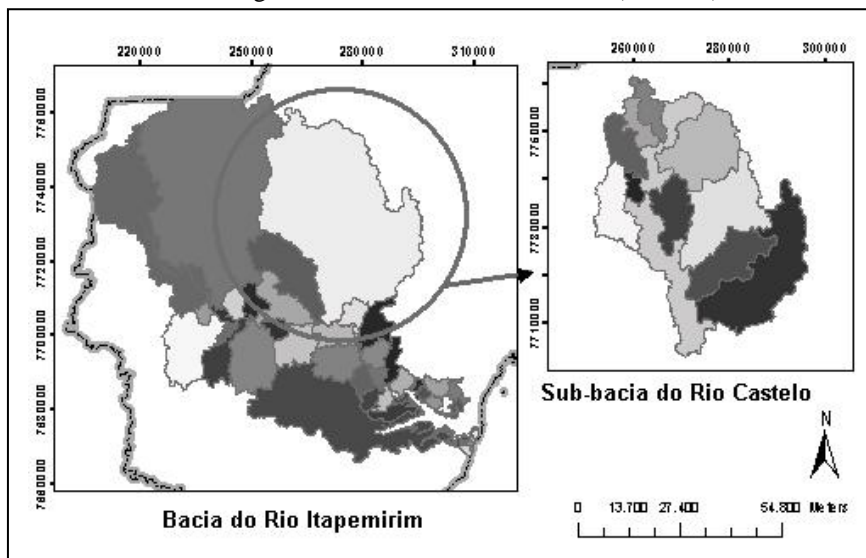
A Figura 1 ilustra a Região Hidrográfica Costeira do Sudeste (RHCS) e destaca a Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim.

Figura 1. Região Hidrográfica Costeira do Sudeste (RHCS) destacando a Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim (BHRI)



A Figura 2 ilustra a Sub-bacia do Rio Castelo, compreendendo os municípios de Castelo, Conceição do Castelo, Venda Nova do Imigrante, Vargem Alta, porção oriental do município de Muniz Freire e parte setentrional do município de Cachoeiro de Itapemirim.

Figura 2: Sub-bacia do Rio Castelo (SBHRC)



O presente trabalho insere-se entre as etapas de desenvolvimento de estudos mais abrangentes referentes ao diagnóstico geoambiental da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Castelo (SBHRC), que compreende, além da caracterização do meio físico, também a elaboração do zoneamento de uso e ocupação e os prognósticos da evolução dos processos de degradação ambiental da área estudada, através de correlações entre os principais componentes do meio natural (solo, vegetação, malha hidrográfica, chuvas, etc.) usando SIG. Estes produtos deverão compor um inventário digital abrangente de uma das principais sub-bacias (Castelo) do Estado do Espírito Santo, em ambiente de Sistema de informações Geográficas e de acordo com o Plano Nacional de Recursos Hídricos, podendo servir de base técnica ao Plano Diretor Ambiental da sub-bacia em questão.

Neste artigo será relatada a experiência de coletas de dados de campo a partir da associação de ferramentas SIG e dados GPS, conforme os apontamentos de (Hasegawa et al, 1999), (Monico et al, 2000) e (IBGE, 1998), associada ao processamento de imagens de sensoriamento remoto para determinação das unidades geomorfológicas da SBHRC.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo os trabalhos de campo envolveram três etapas distintas: o planejamento da missão, a execução do curso planejado (navegação) e o controle e registro de dados baseados em Cartas Topográficas elaboradas pelo IBGE.

A equipe de campo para realização do presente estudo contou com a participação de 01 Engenheiro Cartógrafo (UFES), 01 Analista de Sistemas (UFES) e 02 Geólogos (UFOP).

Dados referentes ao meio físico foram compilados, modelados e complementados, através de técnicas e métodos de processamento de imagens multiespectrais e de radar (LANDSAT TM5 e SRTM), associados a levantamentos de campo, compartimentados em unidades homogêneas visando elaborar um produto de análise ambiental pormenorizado, em escala regional (1:75.000, conforme e validado pelas avaliações *in loco*. Os dados primários em diferentes escalas foram compatibilizados no software ArcGis 9.1, considerando como parâmetros a Projeção Cartográfica UTM, o Sistema de Coodenadas: Plano-retangular da Projeção UTM, o Elipsóide UGGI-67 e o Datum: SAD-69.

3.1. Materiais

Durante todo o estudo foram utilizados os equipamentos e materiais descritos a seguir:

- 1 receptor GPS Garmin GPS 76
- 1 notebook Dell, 512 Mb de RAM e processador 1.6 GHz.
- 1 veículo
- 1 inversor de corrente para veículo
- 1 antena externa da Garmin para veículo
- 1 cabo de transferência de dados Garmin-Notebook
- Base Cartográfica Digital da Sub-Bacia do Rio Castelo (Fonte: IBGE)
- Sistema Rodoviário do Estado do Espírito Santo. Fonte: (DERTES,2002)
- Carta Geológica – 1:250.000 (CPRM)
- Carta Pedológica – 1:400.000 (Ministério da Agricultura (MA, 1971))
- Carta de Declividade vetorizada a partir de imagens de radar SRTM (Fonte: NASA, USGS)
- Carta Hipsométrica vetorizada a partir de imagens de radar SRTM (Fonte: NASA, USGS)
- Imagem Landsat TM5–Órbita:216 –Ponto:74 (junho/2003) (Fonte: INPE)
- Softwares: ArcGIS 9.1 com ferramentas para GPS, ENVI 4.1

As Cartas Topográficas (Base Cartográfica Digital) elaboradas pelo IBGE em escala 1:50.000 estão apresentadas na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1. Cartas Topográficas que abrangem a SBHRC (IBGE)

Denominação	Código CIM ^(*)
OCIDENTE	SF-24-V-A-II-1
AFONSO CLAUDIO	SF-24-V-A-II-2
MUNIZ FREIRE	SF-24-V-A-II-3
CONCEICAO DO CASTELO	SF-24-V-A-II-4
DOMINGOS MARTINS	SF-24-V-A-III-1
ARAGUAIA	SF-24-V-A-III-3
ANUTIBA	SF-24-V-A-V-1
CASTELO	SF-24-V-A-V-2
MUQUI	SF-24-V-A-V-3
CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM	SF-24-V-A-V-4
MATILDE	SF-24-V-A-VI-1
RIO NOVO DO SUL	SF-24-V-A-VI-3

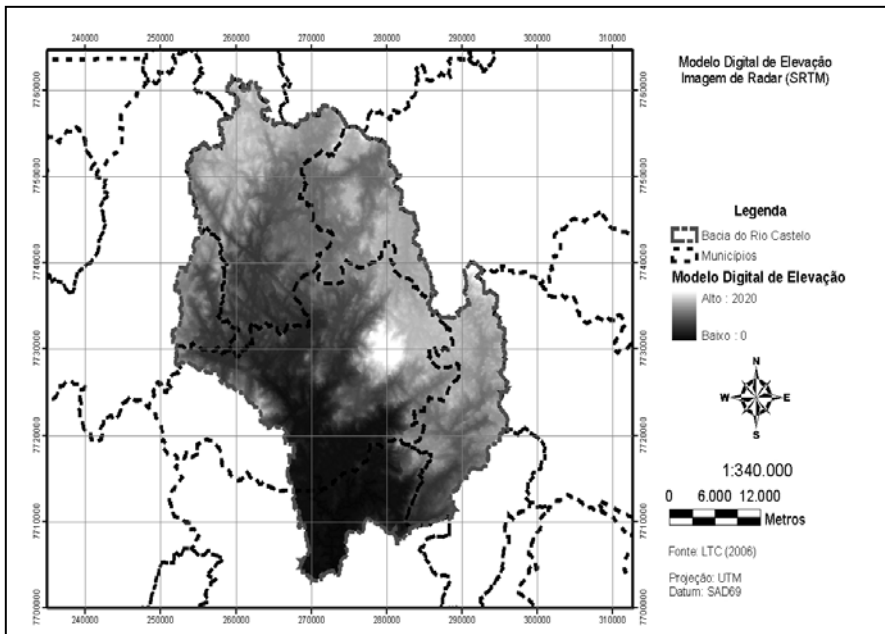
^(*) CIM: Carta Internacional ao Milionésimo

No Planejamento da Missão, que antecede ao levantamento de campo propriamente dito, foram estabelecidas as premissas básicas tais como: os equipamentos de leitura e registro dos dados, o sistema de coordenadas para a navegação, o datum geodésico conforme a carta base a ser utilizada, a precisão desejada dos dados, o método de rastreamento (estático ou cinemático), a forma de transporte dos receptores e os pontos de observação, chamados de waypoints a serem visitados. Esse termo foi popularizado pelo seu uso em aparelhos de navegação tipo GPS. Um waypoint é o ponto onde termina um trecho de navegação e inicia o próximo. É caracterizado por um código (nome ou número) e por suas coordenadas (Latitude e Longitude). As informações levantadas seriam então submetidas a posterior análise e validação com os mapeamentos geológicos, pedológicos e com o mapa de declividade existentes.

Atualmente as imagens de radar da SRTM – Shuttle Radar Topographic Mission da NASA, fornecidas pela USGS estão sendo amplamente usadas como modelos digitais de elevação de terreno (Figura 3). São imagens em uma resolução

de 90 m, com coordenadas geográficas no datum WGS84, unidades verticais em metros, disponibilizadas nos formatos ArcGrid, Bil, TIFF e GridFloat. Os modelos digitais de elevação, comumente chamados de DEM, são a base para geração de modelos 3D usando TIN (Triangulated Irregular Network), grades de declividade, aspecto e relevo sombreado, dentre outros tipos de grades derivadas.

Figura 3. Modelo Digital de Elevação de Terreno a partir da imagem de radar da SRTM (NASA).



As imagens de radar por muitas vezes vem apresentando falhas na grade, onde valores de algumas poucas células estão nulos, danificando o modelo do terreno e posteriores processamentos feitos sobre o mesmo. Para trabalhar com essa demanda e corrigir eventuais problemas, outro software de geoprocessamento foi adotado. O software escolhido foi o ENVI 4.1, uma vez que esse é específico para manuseios de produtos do sensoriamento remoto.

A etapa de controle dos dados fora baseada nas Cartas Topográficas Digitais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e no Mapa do Sistema Rodoviário do Departamento de Edificações, Rodovias e Transporte do Estado do Espírito Santo (DERTES). O mapa digital foi composto das seguintes camadas de dados geográficos: Municípios, Micro-bacias do Rio Castelo, Cidades e Vilas, Caminhos, Trilhas, Estradas (classificadas de acordo com a pavimentação),

Hidrografia, Perímetros Urbanos, Vegetação, Imagem Landsat TM 5, Grade de Declividade, Relevo Sombreado, Geologia, Pedologia.

3.2. Métodos

- Planejamento da Missão

A escolha dos waypoints fora realizada sobre a base cartográfica pré-existente da região de estudo e foram delimitados privilegiando-se as facilidades de acesso, observando-se acidentes geográficos significativos, antrópicos ou naturais, para auxílio na localização dos pontos de contato entre possíveis unidades geomorfológicas.

Para corrigir o problema das células nulas apresentado inicialmente pelo arquivo de imagem de radar, o programa ENVI 4.1 oferece opção de “substituir valores ruins” (Topographic > Replace Bad Values), a qual realiza a estimação dos valores das células nulas a partir da interpolação dos valores de célula existentes na grade. Isso garante que o processamento da imagem de radar estará isenta de ruídos (pontas para baixo e para cima no modelo 3D de elevação).

Após a etapa de verificação e correção, o processamento passa a ser desenvolvido pelo ArcGIS, mais especificamente o ArcGIS Spatial Analyst.

Foram identificadas na SBHRC 4 (quatro) unidades geomorfológicas distintas cujos contatos foram preliminarmente obtidos através de interpretação visual sobre imagens Landsat TM5, a Carta Geológica em escala 1:250.000 elaboradas pela Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM) conforme (Silva, 1993) e a Carta Pedológica do Estado do Espírito Santo em escala 1:400.000 elaborada por (MA, 1971), observando-se principalmente a espacialização altimétrica, a orientação de fraturas e falhas, o padrão e a densidade de drenagem e distribuição litológica. As unidades geomorfológicas inicialmente determinadas foram numeradas, denominadas conforme a Tabela 2 e identificadas preliminarmente conforme características descritas na Tabela 3, a seguir, segundo diretrizes estabelecidas em (IPT, 1991) e (Ab’Saber, 2003).

Tabela 2. Denominação das Unidades Geomorfológicas da SBHRC

Unidade	Denominação
I	Planície Aluvionar
II	Mar de Morros
III	Relevo Ondulado
IV	Relevo Escarpado

Tabela 3. Caracterização preliminar das Unidades Geomorfológicas da SBHRC

Unidade	Características Preliminares Gerais
I	Calhas de vales com terrenos compostos por depósitos de sedimentos fluviais. Meandros. Baixa declividade. Planície de inundação do curso d'água. Relevo desbastado por processos erosivos. Pequeno gradiente topográfico.
II	Formações de montanhas arredondadas, chamadas de "meias laranjas" e "pães de açúcar". Declividades medianamente acentuadas entre 5 e 15%. Vertentes de curvatura convexo-convexas e convexo-côncavas em forma de espigões. Intensa dissecação fluvial. Entremeadas por vales de fundo aplainado, terraços e leitos amplo. Podem apresentar cicatrizes de escorregamentos, ravinas e voçorocas estabilizadas. Topos geralmente aplainados, constituindo os divisores de água para as pequenas bacias de drenagem ocorrendo geralmente em elevações superiores aos terraços fluviais.
III	Caracterizado por porções com grandes elevações, com afloramentos e paredões rochosos frequentes, embora inferiores aos da Unidade IV, declividades acima de 20%, com lineamentos estruturais diferenciados em relação às demais unidades e rios bem encaixados. Predomínio de rochas granítico/gnáissicas.
IV	Zonas com elevação brusca com relação ao entorno (Alta amplitude), delimitadas por escarpas, onde podem ocorrer depósitos de talus e colúvio. Declividades predominantes acima de 45%.

Como resultado obteve-se uma carta geomorfológica inicial, denotado na legenda como Geomorfologia Preliminar, que foi objeto de validação de campo através dos procedimentos de navegação e avaliação descritos no presente trabalho.

Para facilitar o acompanhamento da validação de campo dos contatos entre as unidades geomorfológicas traçadas preliminarmente foram geradas uma carta de declividade e uma carta hipsométrica (Figura 4), para acompanhamento visual da distribuição das elevações e geração automática no ArcGis 9.1, de histograma de frequência de altitudes por toda a extensão da SBHRC. A grade de elevação foi utilizada para gerar a superfície de declividade, classificada de acordo com o número de unidades geomorfológicas detectadas inicialmente (4 Unidades). As classes de declividade selecionadas pelo software ArcGis foram: 0 a 10 %, 10 a 25

%, 25 a 47 % e acima de 47 %. À Essa grade de declividade classificada sobrepõe-se uma grade de relevo sombreado, gerada a partir da grade de elevação, que permitiu a sensação 3D do relevo (Figura 5). As duas grades em conjunto possibilitaram as definições dos contatos entre as unidades geomorfológicas da região, confirmadas pelo posicionamento GPS em tempo real, que associada à experiência dos profissionais na avaliação fisiográfica da paisagem, prestou-se à validação e correção de eventuais enganos na interpretação preliminar da geomorfologia da SBHRC.

Figura 4. Carta Hipsométrica gerada a partir do Modelo Digital de Elevação

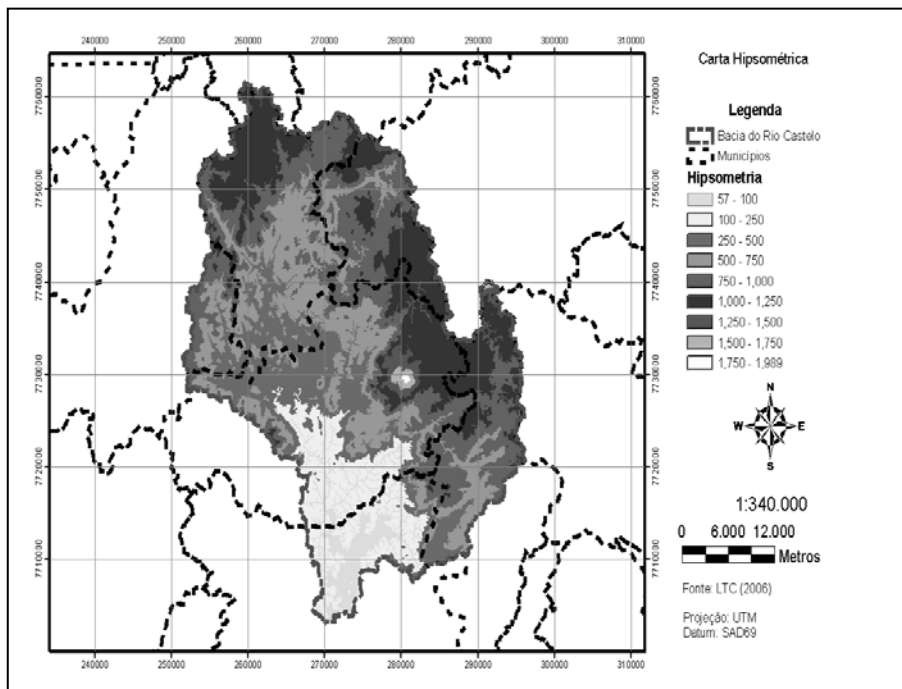
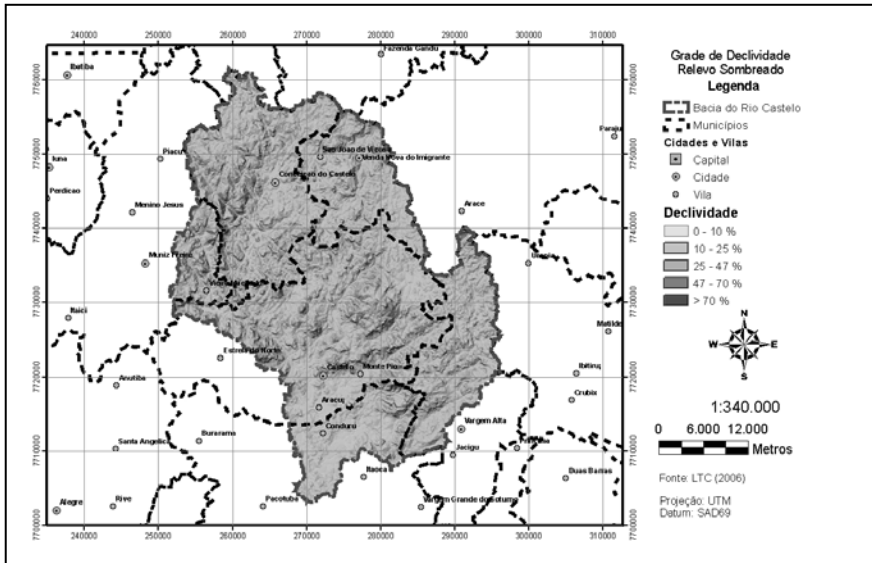


Figura 5. Grade de declividade e relevo sombreado utilizados na definição das unidades geomorfológicas.



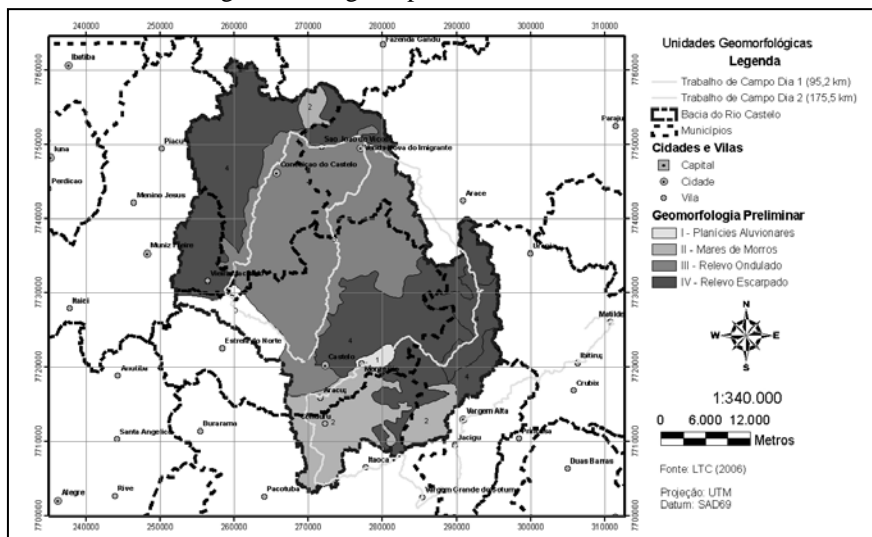
- Navegação

A navegação foi planejada para localização e reposicionamento dos pontos de contato entre unidades geomorfológicas, que haviam sido previamente traçadas em um overlay sobre uma imagem LANDSAT TM5 de 1987. Uma vez que a escala da área de estudo era de 1:75.000, optou-se pelo uso do Garmim GPS 76 para tomada das coordenadas dos pontos de contato. Embora sendo de navegação, ele provê a possibilidade de correção diferencial em tempo real 2D ou 3D, fornecendo um resultado melhor do que o necessário para o trabalho em questão.

- Controle e registro de dados

As referidas bases vetoriais citadas para a etapa de controle e registro de dados baseado em Cartas Topográficas do IBGE foram visualizadas no notebook a partir do sistema de informações geográficas ArcGIS 9.1 conectado ao receptor GPS. As ferramentas de GPS inerentes ao ArcGIS possibilitam a comunicação entre um GPS no modo NMEA e o sistema, permitindo a navegação com o acompanhamento dos detalhes fisiográficos registrados nas referidas bases cartográficas, bem como o registro da trilha percorrida. A navegação seguiu rotas definidas no planejamento e organizadas na forma de feições de linhas, a serem percorridas durante a coleta (Figura 6). O planejamento de campo foi idealizado de forma que as rotas cobrissem todas as áreas duvidosas com relação aos contatos entre as unidades geomorfológicas da bacia.

Figura 6. Rotas planejadas para a definição de contatos entre unidades geomorfológicas previamente identificadas



4. RESULTADOS

Ao todo foram percorridos mais de 300 km de rodovias secundárias, caminhos e trilhas, validando as informações fisiográficas a partir do processamento e da interpretação de imagens orbitais, identificando, definindo e ajustando os limites entre as unidades geomorfológicas da área estudada. As trilhas do percurso foram armazenadas em um arquivo no formato shapefile, gerado pelo ArcGIS (Figura 7). Além do registro digital das trilhas, a ferramenta GPS do ArcGIS foi configurada para registrar, automaticamente, um ponto a cada 500 m percorridos.

Após a conclusão dos trabalhos de campo e a edição das feições relativas aos parâmetros do meio físico gerou-se a Carta Geomorfológica da SBHRC exibida na Figura 8, gerada a partir da Carta Geológica preliminar com as correções de campo, com auxílio dos temas hipsometria e declividade, e da Carta de Declividade para detalhamento da Unidade I, através de álgebra de mapas para extração das porções com faixas de declividade de 0 a 10%. No caso do presente estudo, a técnica de álgebra de mapas não foi empregada na delimitação automática dos limites das outras unidades geomorfológicas.

Figura 7. Trilhas realizadas na definição dos contatos entre as unidades geomorfológicas.

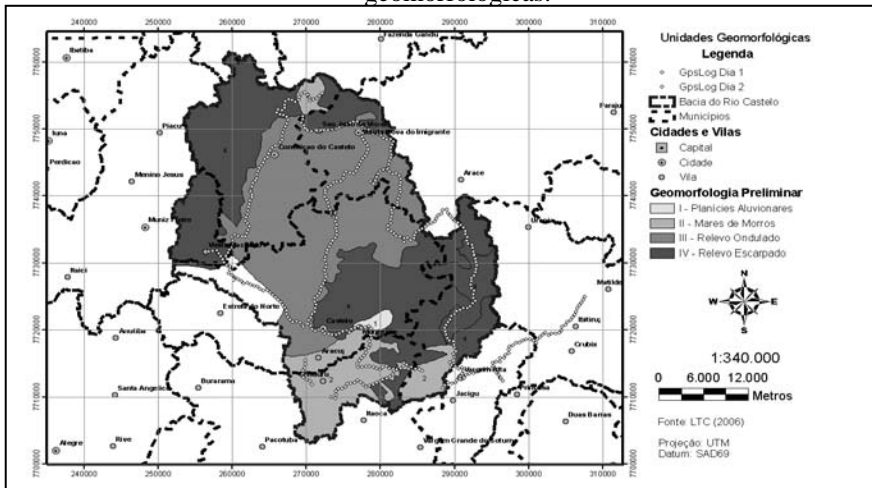
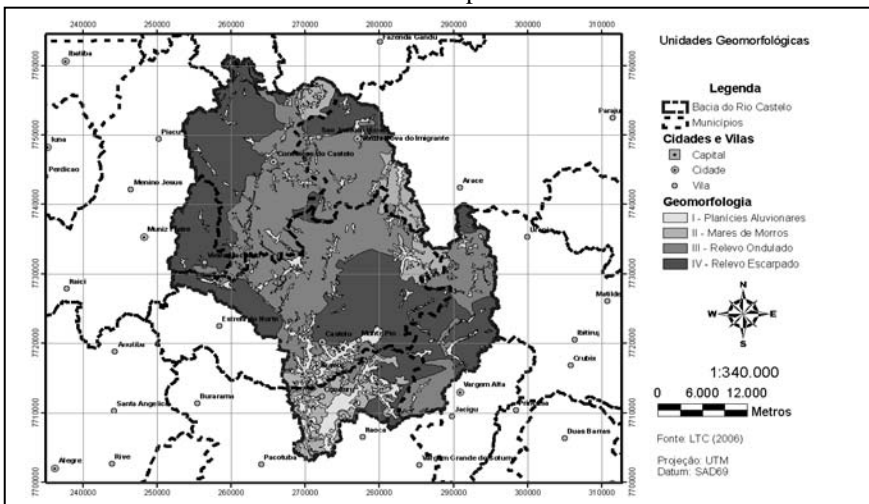


Figura 8. Unidade Geomorfológicas definidas e detalhadas após averiguação de campo.



Um resultado comparativo da alteração das áreas e do número de polígonos referentes às unidades geomorfológicas nas Cartas Preliminar e Final, é

demonstrado na Tabela 4, a seguir. Pode-se observar um aumento dos bolsões da Unidade I, o aparecimento da Unidade II na porção leste da bacia, a definição como Unidade IV na porção oeste-sudoeste e uma expansão da Unidade III à leste e sudeste da SBHRC.

Tabela 4. Comparação entre as área das Unidades Geomorfológicas (Preliminar e Final)

Unid.	Denominação	Preliminar		Final	
		Área (Km ²)	Nº Políg.	Área (Km ²)	Nº Políg.
I	Planície Aluvionar	10,13	1	168,14	149
II	Mar de Morros	196,52	3	158,93	6
III	Relevo Ondulado	551,30	1	552,10	12
IV	Relevo Escarpado	676,88	4	608,69	17
-	Indefinidas	53,01	1	0,00	0
Total		1487,85	10	1487,85	184

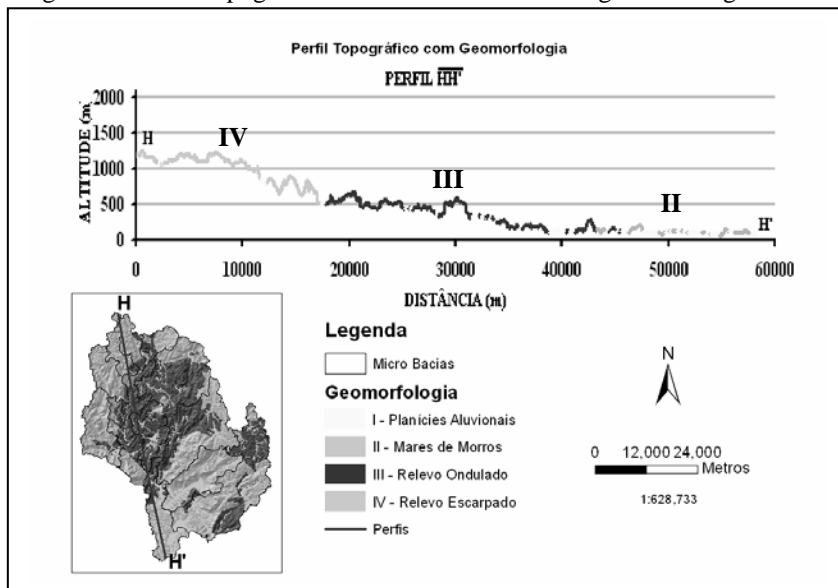
A caracterização de unidades geomorfológicas leva em conta, além dos aspectos relativos à declividade e os gráficos de curvas hipsométricas, também as estruturas geológicas, a natureza das rochas, os aspectos pedológicos e de cobertura vegetal. Sendo assim, a caracterização final das novas unidades geomorfológicas, após o trabalho de campo, foi gerada através da quantificação dos aspectos anteriormente referidos, por álgebra de mapas, conforme a Tabela 5, a seguir, demonstrando a otimização das informações a partir dos dados obtidos preliminarmente.

Tabela 5. Caracterização Final das Unidades Geomorfológicas da SBHRC

Unidade	Características Gerais
I	Depósitos aluvionares inconsolidados constituídos de cascalhos, areias, siltes e argilas, onde predominam os neossolos flúvicos e vegetação de pastagem. Com declividade em torno de 3%, o padrão de drenagem é dendrítico, com vertentes orientadas no sentido NE e fraturamento NW-SE.
II	Litologia predominante de biotita-anfibólio gnaisses intercalados por anfibolitos, calciossilicáticas, quartzitos e mármores. Declividades de 29%, predominam os nitossolos vermelhos e os latossolos vermelho-amarelos e vegetação de pastagens. Densidade de drenagem média a alta com padrão dendrítico, vertentes no sentido SW e fraturamento NE-SW.
III	Litologia predominante de ortognaisses granodiorítico com fácies granítica e granulação média/grosseira intercalados com biotita-anfibólio gnaisses bandados alternados com anfibolitos, calciossilicáticas, quartzitos e mármores. Declividade média de 42%, com vegetação de pastagens, matas e macegas. Solos latossólicos vermelho-amarelo e chernossólicos argilúvicos. Densidade de drenagem média/alta com padrão angulado a dendrítico, vertentes nos sentidos S e SW e fraturamento NE-SW.
IV	Predominância de ortognaisses granodioríticos com enclaves de gnaisse bandado. Cobertura vegetal de pastagens e pequenas porções de mata/floresta nos picos ou encostas. Declividade média acima dos 49% e solos predominantes latossolos vermelho-amarelo e cambissolos háplicos. A densidade de drenagem é média com padrão dendrítico a pinhado, vertentes no sentido S e fraturamento NW-SE.

A Figura 9 enfatiza o perfil topográfico característico com a distribuição das unidades geomorfológicas ao longo da área de estudo definidas após os trabalhos de campo. Observa-se as diferentes amplitudes locais em cada unidade, bem como as faixas altimétricas em que, via de regra, encontram-se distribuídas. A Unidade I aparece em pequenas porções espalhadas por toda a extensão do perfil, pois trata-se das diversas planícies aluvionares ao longo da malha hidrográfica.

Figura 9. Perfil Topográfico enfatizando as unidades geomorfológicas.



5. CONCLUSÕES

O trabalho de campo proposto continha os seguintes fatores restritivos: tempo, espaço, precisão e fragilidade. Baseado nessas restrições, o uso do equipamento levado a campo deve ser direcionado para a otimização e robustez.

O uso de rastreamento sincronizado com GPS e SIG mostrou-se como um sistema eficaz no trabalho de campo. Uma vez que o fator tempo é importante por associar-se ao fator custo em campanhas de validação de campo de grandes áreas, o uso de geotecnologias permitiu, além de um maior controle de qualidade, uma maior autonomia para realização dos trabalhos que durariam cerca de três dias inteiros e foram realizados em pouco mais de 11 horas úteis.

O fator mais importante relacionado ao sistema de navegação foi a utilização de um GPS Garmin 76 (Garmin, 2001), com antena externa para automóveis, que possibilitou a comunicação em tempo real com o software ArcGIS 9.1 oferecendo satisfatória qualidade, permitindo à equipe técnica, observar e comparar, com precisão de posicionamento, as situações temáticas análogas, visualizadas concomitantemente no SIG e no mundo real.

Comprovou-se a eficácia do modelo digital de elevação de terreno fornecido pelas imagens de radar SRTM e sua aplicabilidade na geração de perfis hipsométricos para averiguação dos limites da compartimentação geomorfológica.

A grade de declividade associada às demais informações do meio físico (estruturas geológicas, natureza das rochas, aspectos climáticos, cobertura vegetal, etc), organizadas em camadas geográficas no SIG e facilmente visualizadas durante a navegação, forneceu um conjunto maior de informações do meio físico para respaldar as observações de campo da equipe técnica envolvida na avaliação, otimizando assim, o traçado dos limites das unidades geomorfológicas.

Uma definição mais aprimorada dos contatos entre as unidades poderia ser obtida observando-se os pontos de inflexão dos histogramas na definição das classes da Carta Hipsométrica, como demonstrado nos trabalhos de (Leal, 2003) e (Panquestor, 2002).

REFERÊNCIAS

- AB' SÁBER, A.N. *Os Domínios de Natureza no Brasil – Potencialidades Paisagísticas*. Ateliê Editorial, S. Paulo, pp. 16-17, 27-33, 2003.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento*. In: Guerra, Antonio José Teixeira & CUNHA, Sandra Baptista da (org) (1994). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 472 p.. 1994.
- DERTES – Departamento de Edificações, Rodovias e Transportes do Espírito Santo. *Mapa do Sistema Rodoviário*. Escala 1:500.000. SEDIT-ES. 2002.
- GARMIN. GPS 76. *Receptor de Marcação Gráfica – Manual do Usuário e Guia de Referência*. Garmin Corporation Inc. Olathe – KA - USA, 80p. 2001.
- HASEGAWA, J. K.; GALO, M.; MONICO, J. F. G.; IMAI, N. N. *Sistema de Localização e Navegação apoiado por GPS*, In: XIX Congresso Brasileiro de Cartografia, CD - ROM. Recife – PE, 1999.
- IBGE.- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos (Coletânea de Normas Vigentes)*, Preprint 1998.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. *Manual de Geotecnia – Orientação para diagnósticos e soluções de seus problemas*. Pedro Alexandre Sawaya de Carvalho (Coordenador). - - São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 392 p. 1991.
- LEAL, L. R. ; GUIMARÃES, R. F. ; CARVALHO JUNIOR, O.A.de ; ANDRADE, A. C. ; MARTINS, E.de S.; PANQUESTOR, E. K.; RAMOS, V. M. . *Definição de Unidades Geomorfológicas a partir de Imagens de Dados Morfométricos na Bacia do Rio Grande (BA)*. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, CD - ROM. São José dos Campos : INPE, p. 2055-2062. 2003
- MA - Ministério da Agricultura. 1971. *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Espírito Santo*. Divisão de Pesquisa Pedológica. Carta Pedológica. 1:400.000. Convênio IBC/GERCA.
- MONICO, J. F. G. *Posicionamento Pelo NAVSTAR-GPS, Descrição, Fundamentos e Aplicações*. 1a ed. São Paulo: Editora da UNESP, 287p. 2000.

- PANQUESTOR, E.K. ; LEAL, L. R. ; RAMOS, V. M. ; CARVALHO JUNIOR, O. A. de ; GUIMARÃES, R. F.; MARTINS, E. de S. *Uso de Parâmetros Morfométricos e Dados Estatísticos na Definição e Análise das Unidades de Paisagens da Bacia do Rio Corrente - BA*. CPAP - Boletim de Pesquisa EMBRAPA, Planaltina - DF, v. 65, p. 1-33, 2002.
- SILVA, I. *Geomática - a resposta aos avanços tecnológicos da mensuração*. Anais do 2 Encontro Gaúcho de Agrimensura e Cartografia, Santo Ângelo-RS, 1994.
- SILVA, J. N. Programa *Levantamentos Geológicos do Brasil. Cachoeiro de Itapemirim. Folha SF-24-V-A-V*. Estado do Espírito Santo. Escala 1:250.000. Org. por Jodauro Nery da Silva. Brasília, DNPM/CPRM, 165p. 1993.

(Recebido em janeiro de 2007. Aceito em março de 2007)