

ADENSAMENTO HIDROGRÁFICO E HIPSOMÉTRICO EM MAPEAMENTO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA: ENSAIO METODOLÓGICO PARA O VALE DO MATAPI, NO AMAPÁ

Silvio Wigwam Mendes **Pereira**¹, Ivanilton José de **Oliveira**²

(1 - Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, Mestre em Geologia e Geoquímica na Universidade Federal do Pará e doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Docente, silviowigwam@outlook.com; 2 - Universidade Federal de Goiás – UFG, Mestre e Doutor em Geografia Humana pela Universidade de São Paulo (USP), e pós-doutor em Geografia pela Universidade de Santiago de Compostela (Espanha), Docente, oliveira@ufg.br)

Resumo: Este artigo apresenta um ensaio de requalificação de folhas topográficas produzidas de forma sistemática pelo IBGE, em 1995, aqui denominadas BCR1, para gerar um modelamento da base cartográfica de referência, chamada BCR2, com o objetivo de realçar elementos planimétricos e altimétricos. Esse tipo de produto requalificado é essencial para proporcionar análises e procedimentos temáticos mais consistentes, no que se refere aos sistemas de paisagem, de conservação da água e da potencialidade turística, a exemplo da bacia hidrográfica do rio Matapi, no estado do Amapá, que apresenta estreita associação entre esses três sistemas. O trabalho valeu-se de procedimentos metodológicos convencionais, como levantamento geodésico-topográfico, fotointerpretação e fotoreambulação, apoiados também por métodos computacionais e alternativos, como o canevá de restituição fotogramétrica. Os resultados apontam um ganho significativo de informações acerca no adensamento hidrográfico e hipsométrico do mapeamento da bacia hidrográfica, com acréscimo de aproximadamente 1.600 canais ‘primários e secundários em terra firme’, e 200 ‘primários nas áreas inundáveis’. O ganho hipsométrico por intermédio desse conjunto de condutas cartográficas foi o acréscimo de seis curvas intercalares aproximadas e dezenas de cotas distribuídas por toda a unidade (hidro)geomorfológica.

Palavras-chave: fotointerpretação; curvas de nível; drenagem; carta topográfica

**HYDROGRAPHIC AND HYSOMETRIC DENSIFICATION IN HYDROGRAPHIC
BASIN MAPPING: A METHODOLOGICAL ESSAY FOR THE "VALE DO
MATAPI", IN THE STATE OF AMAPÁ, BRAZIL**

Abstract: This paper presents an essay on requalification of topographic charts produced by IBGE in 1995, here called BCR1, to generate a modeling of the cartographic base of reference, called BCR2, with the objective of densifying planimetric and altimetric elements. This type of reclassified product is essential to provide more consistent analysis and thematic procedures for landscape systems, water conservation and tourism potential, such as the Matapi river basin in the state of Amapá (Brazil), which has a close association between these three systems. The work was based on conventional methodological procedures, such as geodetic-topographic survey, photointerpretation and photoreambulation, supported also by computational and alternative methods, such as photogrammetric restitution. The results indicate a significant gain of information about the hydrographic and hypsometric densification of the basin's mapping, with approximately 1,600 primary and secondary channels on land, and 200 primary channels in the flooded areas. The hypsometric gain through this set of cartographic conducts was the addition of six approximate intermediate curves and dozens of dimensions distributed throughout the (hydro) geomorphological unit.

Keywords: photointerpretation; level curves; drainage; topographical map

**DENSIFICACIÓN HIDROGRÁFICA E HIPSOMÉTRICA EN EL MAPEO DE UNA
CUENCA HIDROGRÁFICA: ENSAYO METODOLÓGICA PARA EL “VALE DO
MATAPI”, EN ESTADO DE AMAPÁ, BRASIL**

Resumem: Este artículo presenta un ensayo de recalificación de mapas topográficos producidos sistemáticamente por IBGE, en 1995, de la cuenca del río Matapi en el estado de Amapá, para generar un modelo de la base cartográfica de referencia, con el objetivo de resaltar elementos planimétricos y altimétricos. Este tipo de producto recalificado es esencial para proporcionar un análisis más consistente y procedimientos temáticos para la generación de sistemas de paisaje, conservación de agua y potencialidad turística. El trabajo utilizó procedimientos metodológicos convencionales, como el levantamiento geodésico-topográfico, la fotointerpretación y la fotorreambulación, respaldados también por métodos

computacionales y alternativos, como la caña de restauración fotogramétrica. Los resultados apuntan a una ganancia significativa de información sobre la densificación hidrográfica e hipsométrica del mapeo de cuencas hidrográficas, con la adición de aproximadamente 1,600 canales primarios y secundarios en tierra seca, y 200 primarios en áreas inundadas. La ganancia hipsométrica a través de este conjunto de conductas cartográficas fue la adición de seis curvas intercalares aproximadas y docenas de dimensiones distribuidas por toda la unidad hidrogeomorfológica.

Palabras clave: fotointerpretación; curvas de nivel; drenaje, mapa topográfico

1. Introdução

Cartas, cartogramas e infográficos de processos são elementos básicos para o planejamento e controle territorial e ambiental de bacias hidrográficas, onde “paisagens de água”, com sua potencialidade turística, são frágeis em função da precariedade de fatores socioeconômicos comerciais. Os dados topográficos e temáticos nas cartas, em quantidade mínima e “relativamente confiável” em função da escala, possibilitam que os gestores as empreguem como instrumento estratégico para a conservação e fruição desses bens naturais.

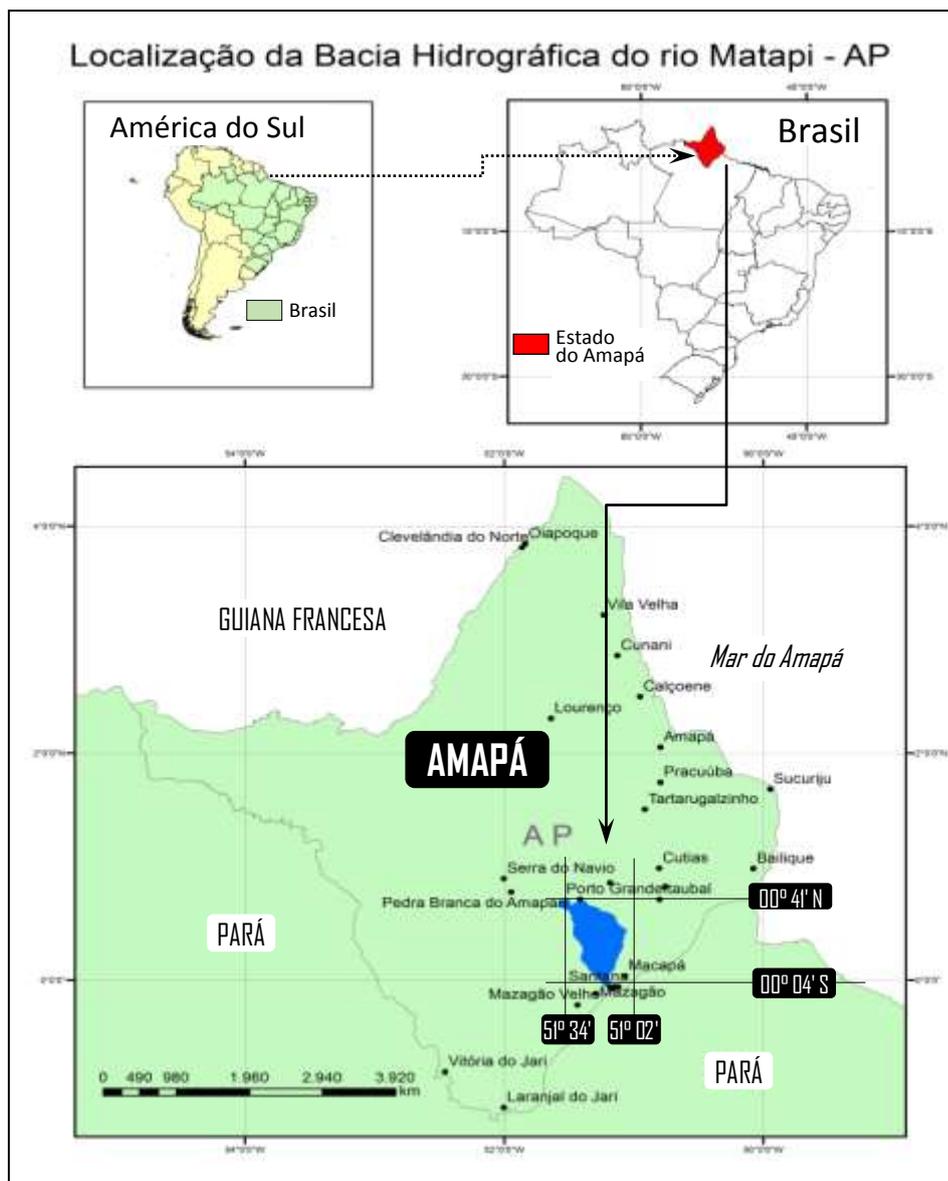
O desconhecimento cartográfico do território, de seu patrimônio natural e cultural, é um entrave nas tomadas de decisões, no sentido da reversão de cenários produzidos por rotinas equivocadas nos solos que, por sua vez, reveladas pelos mapeamentos específicos, podem ser corrigidas ou amenizadas pelos gestores.

Naturalmente, a água/recursos hídricos que suportam, que sustentam a estrutura vegetal da paisagem, são os que principiam a derrocada das ecopotencialidades turísticas em função do uso inadequado das terras. Nesse sentido, torna-se fundamental uma boa base cartográfica, a mais apropriada possível, que atenda, inicialmente, aos propósitos da compreensão das condições (hidro)ambientais dos ecossistemas e que, secundariamente, subsidie sistemas para sua conservação hídrica, com extensão à potencialidade turística de suas paisagens.

Para um ensaio metodológico dessa natureza, foi escolhida a bacia hidrográfica do rio Matapi (Figura 1), identificada aqui apenas como Vale do Matapi, no estado do Amapá, que se constitui em uma verdadeira ‘paisagem de águas’, com estreita associação entre as

configurações fisiográficas, o regime hidrológico e sua apropriação por atividades antrópicas, a exemplo da prática do lazer e do turismo.

Figura 1 – Mapa de localização do Vale do Matapi



Elaborado pelos autores.

O Amapá, até recentemente, constituía-se em um sistemático 'vazio topográfico relativo', com apenas sete cartas analógicas (*off set*) na série de 1:100.000 cobrindo 21.175 km² (14,6%) dos seus aproximados 145.000 km², e uma ao milionésimo (NA/NB-22) oriunda

de processo compilatório oficial de folhas de 1:250.000. Isso restringia os propósitos da planificação territorial em quase todos os níveis (estadual, e em especial o municipal e o distrital) e inviabilizava ou limitava as pesquisas acadêmicas dependentes de representações mais detalhadas do relevo e da hidrografia.

Nesse sentido, sistemas hipsométricos e hidrográficos bem delineados tornam-se básicos, estratégicos para as interpretações topológicas e fluviométricas de paisagens e contribuem, por exemplo, para a revelação de ecopotencialidade turística de uma área de pouca representatividade cartográfica; principalmente àquelas que estejam associadas a feições topográficas e vegetacionais específicas, de pequenas dimensões. Além disso, o maior detalhamento das nuances plani-altimétricas melhora não só a visualidade como também a visibilidade integradora de recursos naturais, em particular os hídricos e aqueles relacionados com os padrões de paisagem.

Dentre outras instigações, entende-se que o Vale do Matapi apresenta representatividade cartográfica insuficiente para atender as análises cartométricas aqui propostas.

A base cartográfica de referência original, aqui denominada de **BCR1**, foi constituída pelas folhas topográficas NA-22-Y-D-II (MI-200) Cupixi; NA-22-Y-D-III (MI-201) Ferreira Gomes; NA-22-Y-D-VI (MI-243) Macapá; e SA-22-V-B-III (MI-286) Santana, todas à média escala de 1:100.000. E as fotografias aéreas verticais, infravermelhas, utilizadas neste ensaio, foram produzidas pelo Projeto Polo 12, pelas empresas Prospec e Esteio, nos anos de 1976, 1978 e 1984, utilizando-se câmara métrica super-grande-angular, na escala aproximada de 1:70.000. Foram 9 faixas, com aproximadamente 70 aerofotos de recobrimentos no sentido leste-oeste.

A requalificação cartográfica da base pré-existente ‘generalizada’ se deu através de um conjunto de processos cartográficos e topográficos, que possibilitaram maior visibilidade planialtimétrica da base modelada, denominada de **BCR2**. A esse respeito, Joly (1990, p. 22) tipifica a generalização em “estrutural”, quando um esquema de desenho “apaga” as características menos importantes de um mapa, e, em “conceitual”, quando por mudança radical de escala empregam-se símbolos sintéticos.

Sobre seu caráter estrutural, é oportuno esclarecer que questões operacionais e normativas do Departamento de Cartografia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em conjunto com o Departamento de Serviço Geográfico do Exército (DSG) (órgãos oficiais que processam o mapeamento sistemático do território brasileiro), no processo de restituição fotogramétrica de cartas topográficas pelo método da estereocompilação utilizado para a série cartográfica à 1:100.000, restringem a restituição de canais de drenagem com tamanhos igual e inferiores a 1 cm, e as distâncias entre eles menores que 0,5 cm, à exceção do inícios de canais em áreas de nascentes . Essa precaução está centrada na evocação gráfica do desenho, em não produzir cartas ‘carregadas visualmente’, de consulta cansativa.

Como resultado, inúmeros elementos hidrográficos, cotas altimétricas e curvas de nível não são lançados no *draft* ou minuta fotogramétrica (primeira base gerada – antigamente –, à pantógrafo no processo de restituição). Posteriormente, o *draft* hidrográfico e o de dados hipsométricos passavam por outro processo seletivo menos rigoroso, o da gravação em fotoplástico (matriz em poliéster utilizada na fotocomposição e prova química que gerava a base final), o que eventualmente reduzia mais os referidos elementos. Existem também as omissões inadvertidas do fotogrametrista, profissional responsável pelo processo de restituição fotogramétrica.

Assim sendo, as recomendações para os procedimentos técnicos concorrem para a redução da quantidade de canais, em particular os primários e alguns secundários, para a série cartográfica em questão. Em situações de campo, algumas omissões hidrográficas dessa natureza foram observadas, ou seja, canais com mais de 1.000 metros não foram representados na BCR1.

Nos processos de ‘re-aparição’ dos elementos hidrográficos, trabalhou-se com métodos não convencionais de recuperação gráfica, e parte da rede desconsiderada anteriormente no mapeamento sistemático original, com implicações diretas na hierarquia fluvial, foi desenhada. Esse ‘adensamento’ hidrográfico possibilitou alterações nessa hierarquia e refinou a percepção do conjunto de efeitos da erosão hídrica (pluvioerosiva) no contexto da bacia hidrográfica.

2. Procedimentos metodológicos

A crenulação cartográfica é a base do sistema topográfico ω (ômega), meio pelo qual alcançou-se a otimização aproximada da representatividade hidrográfica desejada, para a BCR2. Sobre esse, tem-se que as análises hidroambientais que valorizam o escoamento superficial detalhado encontra pelos canais primários, até os secundários, possibilidades de visualidade e visibilidade mais acurada sobre os mananciais de nascentes superiores – áreas primárias produtoras de água –, um suporte interessante para a conservação da água na bacia hidrográfica.

Outro meio, analítico e foto-cartográfico de requalificação, teve como produtos as curvas de nível suplementares intercalares e cotas aproximativas. Sobre esse, salienta-se, a otimização hipsométrica não onera significativamente a rede hidrográfica. Contudo, proporciona uma análise tridimensional relacionada a processos de erosão e transporte de sedimentos de áreas, sob investigação hidroambiental. Nesse caso, os aspectos clinográficos do relevo são ressaltados pela menor equidistância entre as curvas de nível suplementares, estimadas durante o processo cognitivo.

Foram empregadas metodologias cartográficas e topográficas convencionais e alternativas para o realce da hidrografia e otimização hipsométrica.

O método *geodésico* foi empregado para a localização de elementos pontuais, lineares e areolares, tais como: contornos de rios, lagos, talwegues, quebras de relevo, barras de sedimentação, igapós e várzeas; nascentes; pontes; confluências hidrográficas; dentre outros. Empregou-se o receptor Garmin Etrex Vista, cujo desvio planimétrico nominal de 4 metros atende a margem de erro gráfico de 20 metros para a BCR2.

No método da *topografia*, a determinação plani-altimétrica deu-se através de nivelamentos trigonométrico e geométrico, empregando-se respectivamente, um taqueômetro Wild, modelo Theo-020B (precisão 20") e um nível à *laser* Sokkisha. Para as determinações dos planos médios e perfis topográficos relativos às áreas de várzeas florestadas e florestas de “terra firme” o emprego desses equipamentos foi restritivo, devido às não condições de intervisibilidade entre estações de trabalho, prejudicadas pela variação de densidade da vegetação. No entanto, contornou-se o problema das altitudes utilizando-se um altímetro de um metro de precisão, localizando-as planimetricamente, quando possível, com o GPS.

Os métodos da *fotointerpretação* e *fotorreambulação* com o emprego de fotografias aéreas métricas, foram desenvolvidos em duas etapas não concomitantes: a quantitativa, relacionada com medições, análises e identificação de elementos (foto)notáveis, e outra qualitativa, na qual foram desenvolvidos processos mentais dedutivos e indutivos. A aplicação dos métodos foi reforçada tendo por base pré-conhecimentos e experiências anteriores, associados à requalificação cartográfica da rede hidrográfica e à observação dos elementos das curvas de formas.

No processo fotointerpretativo, delimitou-se as áreas de *vazios de cotas* para posterior ‘preenchimento’ através de altímetro e nivelamento trigonométrico de poligonais abertas georreferenciado por GPS. Esse procedimento deu suporte para o delineamento das curvas intercalares, na fase da otimização hipsométrica.

A fotointerpretação foi complementada pelas atividades fotorreambulatórias realizadas em duas ações de campo, concomitantes: a atualização cartográfica e o registro fotográfico de eventos paisagísticos notáveis – memorial descritivo foto-planimétrico. Além disso proporcionou uma análise esquemática de conjunto, a respeito da paisagem real, uma vez que foi possível o realce de importantes elementos definidores do relevo, tais como: linhas de contatos entre várzea-terra firme e bordas do tabuleiro, corpos hídricos lacustres, gradientes de vegetação, tipos de culturas e exposição direta de solos.

A BCR2 foi construída a partir de vetorização de elementos cartográficos extraídos da BCR1, empregando-se para isso uma mesa digitalizadora formato A0 da Digigraph. Os dados altimétricos obtidos pelos métodos já relatados, foram transferidos para o sistema *AutoCadMap* (vs. 2010) e, posteriormente, para o *ArcGis* (vs. 10.2).

Sustentado por uma base de apoio fotogramétrico operacional ou *canevá de restituição fotogramétrica* e um altímetro, foi possível implantar curvas de nível intercalares, marcação de cotas, linhas (estradas, redes elétricas etc.) e áreas na BCR2. Esse método contribuiu para a otimização hipsométrica, com elementos altimétricos obtidos em campo e por cotas selecionadas a partir de compilação do *canevá* fotogramétrico.

Concomitantemente ao processo, coletaram-se novos dados planimétricos e informações obtidos na fase de identificação de fatores adversos às condições hidroambientais. Curvas de forma são elementos definidores de limites de paisagens, que

foram demarcadas a partir de quebras naturais (negativas e positivas) representativas do relevo, com duas funções nessa pesquisa.

Como método de incrementação hipsométrica não usual, consiste em identificar e localizar as quebras positivas do relevo, ou seja, as interfaces entre os terrenos ‘secos’ e os níveis de água sazonais e periódicos de maré de igapós, lagos, rios e nos baixos terraços. Por sua vez observados no campo e nos processos fotointerpretativos, esses marcadores topográficos são facilmente reconhecidos e topograficamente mensuráveis.

Dois geomarcadores de grande extensão se destacam no Vale do Matapi, um de quebra positiva e o outro de quebra negativa. Esses balizadores naturais subsidiaram as análises das condições hidroambientais e do zoneamento hidrogenético, e serviram como elementos definidores das tarjas de limites dos módulos de paisagem.

Por sua vez, a quebra positiva delimita a borda das esplanadas (tabuleiro e de interflúvios tabulares) localizada no setor hidrográfico leste (SHL), onde se manifesta a zona de tombadores, e a negativa, a interfície de várzea aluvial – terra firme.

As tarjas hidroambientais, como elementos hipsométrico, sustentam-se em valores altimétricos obtidos pelo altímetro e por processos topográficos, na presença ou ausência dos níveis de água nos ambientes das baixadas. Por sua vez, o ‘hidronivelamento natural’ que bordeja o leito maior das várzeas no período chuvoso é mais confiável e fácil de operacionalizar em campo. Na ausência dessas flutuações no alto verão, o critério da vegetação ripária foi empregado sem maiores prejuízos para a delimitação.

Como uma variável hipsométrica sazonal, as flutuações hídricas das várzeas constituem balizadores hidrotopobatimétricos de grande importância na leitura das paisagens aquáticas, nas avaliações de potencialidade turística, nos estudos paramétricos da água no ambiente e na determinação de “hidrocrenulações” (conformidades topográficas relativas), úteis nas interpolações batimétricas estacionais refletidas nos desenhos intermitentes de canais. O processo de demarcação da tarja negativa não foi cartograficamente considerado expedito, no sentido de não guardar a fidelidade de uma curva de nível como tal; no caso da quebra positiva isso não ocorreu.

A seguir são descritos os processos de realce não toponímicos (os que não se referem aos topônimos – nomes dos lugares) utilizados para recuperação gráfica dos elementos hidrográficos e hipsométricos.

3. Realce hidrográfico

A fotointerpretação analógica de fotografias aéreas como processo de realce da hidrografia é uma prática convencional que teve início com Bushnell, em 1929 (LUEDER, 1959; RAY & FISCHER, 1960; RAY, 1963; MAKAROVIC, 1973).

Com o advento das geotecnologias de maior amplitude, como o sensoriamento remoto, essa técnica tem sido preterida mesmo sendo de eficácia comprovada no retorno informacional de fitofeições e topomorfologias. Isso se deve à visão tridimensional produzida por pares estereoscópicos do ‘telhado da paisagem’, empregando-se fotografias aéreas métricas e as de pequeno formato. Essa condição de ‘aparente presença no modelado real’ proporciona um grau de intuição muito confortável, quando das análises morfométricas e morfológicas da hierarquia fluvial e da geometria de corpos hídricos, e desenhos da vegetação.

A fotointerpretação com base nas fotografias convencionais foi empregada em vários trechos do Vale do Matapi, e forneceu valiosos subsídios para a fase fotorreambulatória. Revelou as rotinas pretéritas dos solos em um recorte em torno de 40 anos, possibilitando a comparação generalizada entre gradações de paisagens relacionadas com o uso dos solos.

O trabalho de reconhecimento em campo mostrou que poucas topoformas foram alteradas, ficando essas restritas às escarificações superficiais de estradas vicinais nas linhas de fecho, com exceção para a construção do prolongamento da BR-156 em direção à cidade de Laranjal do Jari, no extremo sudoeste do Amapá, que apresenta em suas obras civis, o esquema de corte-aterro no relevo mamelonado no setor hidrográfico oeste (SHO) da bacia. O mesmo não se aplica à cobertura vegetal, que em muitos locais apresenta fatores socioambientais em estágios críticos de degradação, como as áreas de cerrado e florestas de várzea e de ‘terra firme’ do lado leste da bacia hidrográfica.

O adensamento fluviográfico por crenulação (sistema ômega ω ‘intuitivo’) foi considerado um método expedito, por não guardar o rigor da precisão cartográfica, e aplicado

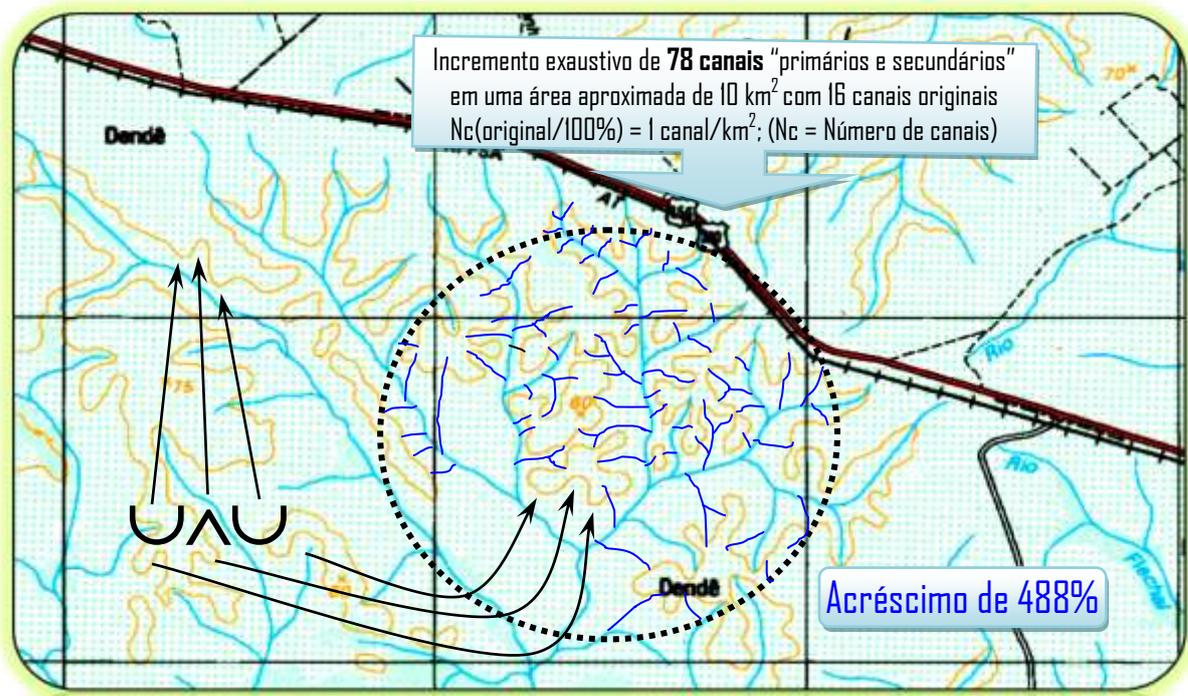
em duas condições ambientais: diretamente sobre o relevo 'seco' e na interfície água de inundação e base de relevo.

Quando não se dispõe de fotografias aéreas convencionais para se realizar a fotointerpretação exaustiva da rede hidrográfica de uma área, o critério de realce a partir da crenulação representativa do relevo é um procedimento de fácil execução, que foi empregado em toda a área da pesquisa.

A crenulação da curva de nível, ou *topocrenulação* (Figura 2), é a representação morfológica bidimensional observada a partir de um plano ortogonal de uma dada altitude do relevo, no caso, de 50 metros. Sua concepção como método será descrita a partir do recorte de duas porções gráficas extraídas da BCR1.

Figura 2 – Visualizador do processo gráfico-analítico do realce hidrográfico (implantação de canais de 1ª e 2ª ordens) de trecho da folha topográfica Ferreira Gomes (Esc. 1:100.000; IBGE, 1995)

Topo-crenulação direta em tarja de tombadores



Fonte: Elaborado por Silvio W. M. Pereira (2017).

Observa-se que na parte central do ‘ ω topográfico’ está representado o talvegue do vale, a letra ‘V’ invertida (\wedge) cuja curva de nível aponta para as áreas localizadas à montante, e as partes laterais do ω topográfico, a dupla letra ‘U’ aberta (\cup) ou não, dependendo do tipo de rocha do local em que se insere. Essas formas ‘unificadas’ correspondem aos divisores ou cristas laterais do vale.

As variações e combinações ômega de \wedge e \cup indicam mudanças morfológicas em altitude do relevo na curva de 50 m, e nos intra-espacos de \cup se estabelecem o espaco \wedge , lugar natural do eixo do vale, ou seja, um canal de drenagem que tende a seguir o padrão geométrico de seus homólogos circunvizinhos, desde que não existam variações litológicas significativas. Essa manifestação geométrica do relevo pode ser aferida pelos trabalhos de campo, e inferidas pelas análises fotointerpretativas por comparação.

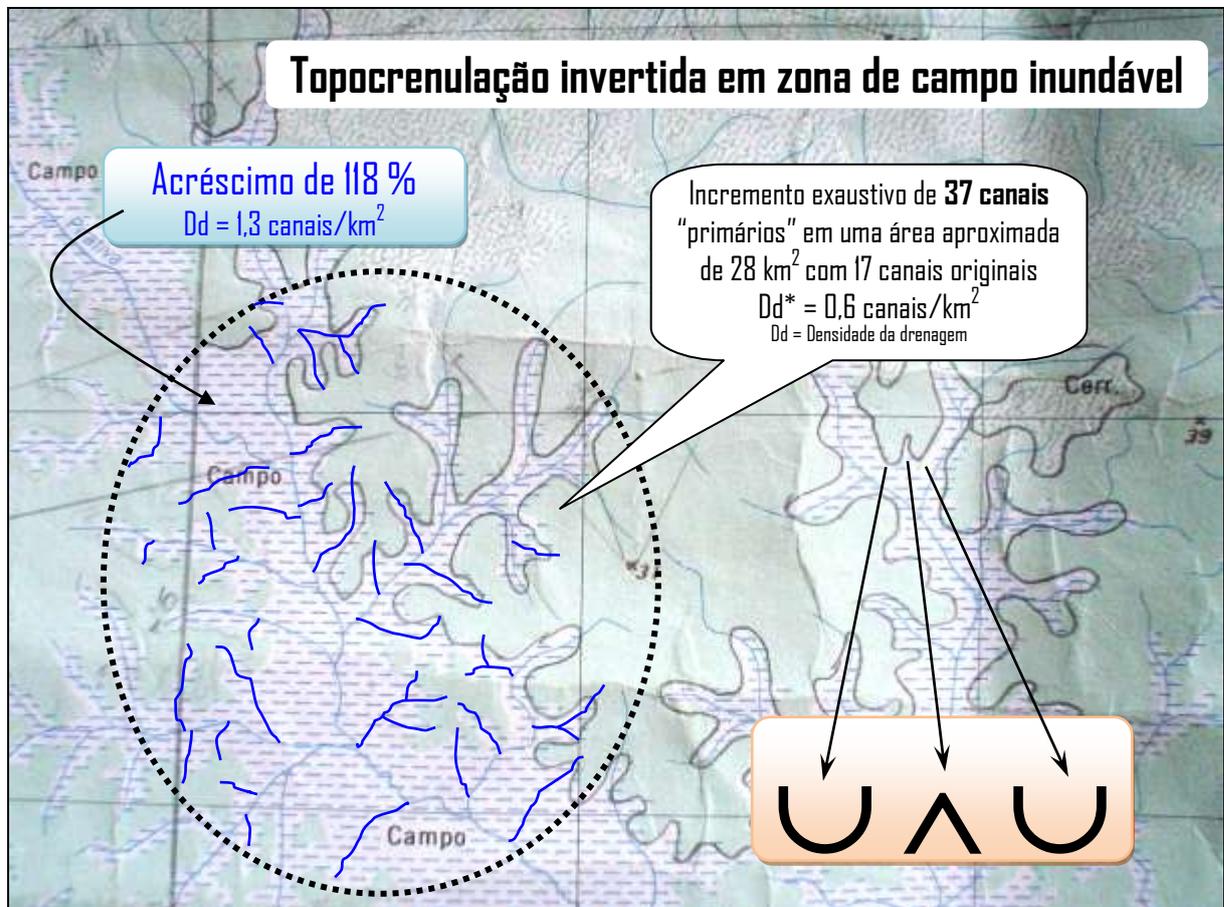
À exatidão geométrica do desenho hidrográfico na BCR2, permitiu-se a condição de simetria aproximada do \wedge , o que justificou a orientação do seu traçado, sem prejuízo para as análises morfométricas em questão.

Já nas áreas dos terraços de várzeas e dos campos inundáveis, houve outro entendimento em função da inexistência estrutural de curva de nível (normalizada). A ‘curva de nível’ *hidrográfica*, nesse caso, adquire naturalmente uma mobilidade vertical, conforme as alterações do volume hídrico modificador da sua geometria topohidrológica. O desenho em camadas distintas tende a representar morfologias curvilíneas suavizadas.

Por sua vez, o volume hidromodificador é como uma ‘usina’ de formidáveis paisagens refletindo expressões hidrodinâmicas de fruição, entendidas como ecopotencialidade turística de relevante interesse. Essa característica de marcador de paisagem suscitou a denominação de crenulação invertida ou *hidrocrenulação* (Figura 3), onde os níveis da água são quem determina as morfologias de altitudes nesses terrenos.

Relativamente aos ganhos de canais, como no caso anterior das crenulações cartográficas, a presença de tarjas de limites ‘hidrocrenuladas’ (curvas hipsotemáticas) oneraram a primariedade da rede de drenagem sazonal, mas em profusão muito menor, dadas as condições microtopográficas do terreno, não alcançadas pelo nível do processo topográfico praticado.

Figura 3 – Visualizador de realce hidrográfico por topocrenulação invertida (hidrocrenulação) de trecho da folha topográfica Macapá (Esc. 1:100.000; IBGE, 1995)



Fonte: Elaborado por Silvio W. M. Pereira (2017).

Nesse caso, a simetria do U invertido, e não a do V (daí a inversão), ocorre em função da incisão incipiente da drenagem por escoamento lento e de suas condições como áreas de sedimentação fina, e não incisões efetivas de caráter erosivo como nas áreas de encostas. As observações de campo nos permitiram caracterizar as *curvas hidrofisionômicas em sucessão* nessas áreas, como importante geomarcador sazonal de paisagem.

Apropriadamente, a topocrenulação invertida pode ser utilizada uma única vez, por suas características geométricas limitadoras, e como processo ‘expedito’ não assegura a classe real do canal em destaque, ainda que torne mais visual o ordenamento fluviométrico. Empregada de forma criteriosa também nessa modalidade, a crenulação como geomarcador é de fácil aplicação a locais com áreas inundáveis.

De modo sistemático, o processo foi descrito em quatro passos: compilação vetorizada do sistema hidrográfico original, empregando-se uma mesa digitalizadora formato A0 da Digigraph (Figura 4); compilação vetorizada do sistema hipsométrico e desenho da curva de forma da interface hidrotopográfica (Figura 5); vetorização dos elementos hidrográficos avulsos (Figura 6); e integralização da rede hidrográfica da BCR2 (Figura 7).

Observa-se no primeiro mapa (Figura 4) que o Vale do Matapi está refletindo ‘dissimetria’ por intermédio de seus principais canais, dois padrões hidrográficos gerais sob controle geológico. Predomina no SHL o padrão retangular e no SHO, o dendrítico. Essa característica produz uma paisagem de contrastes interessantes que, não se integram com as suas baixas várzeas holocênicas.

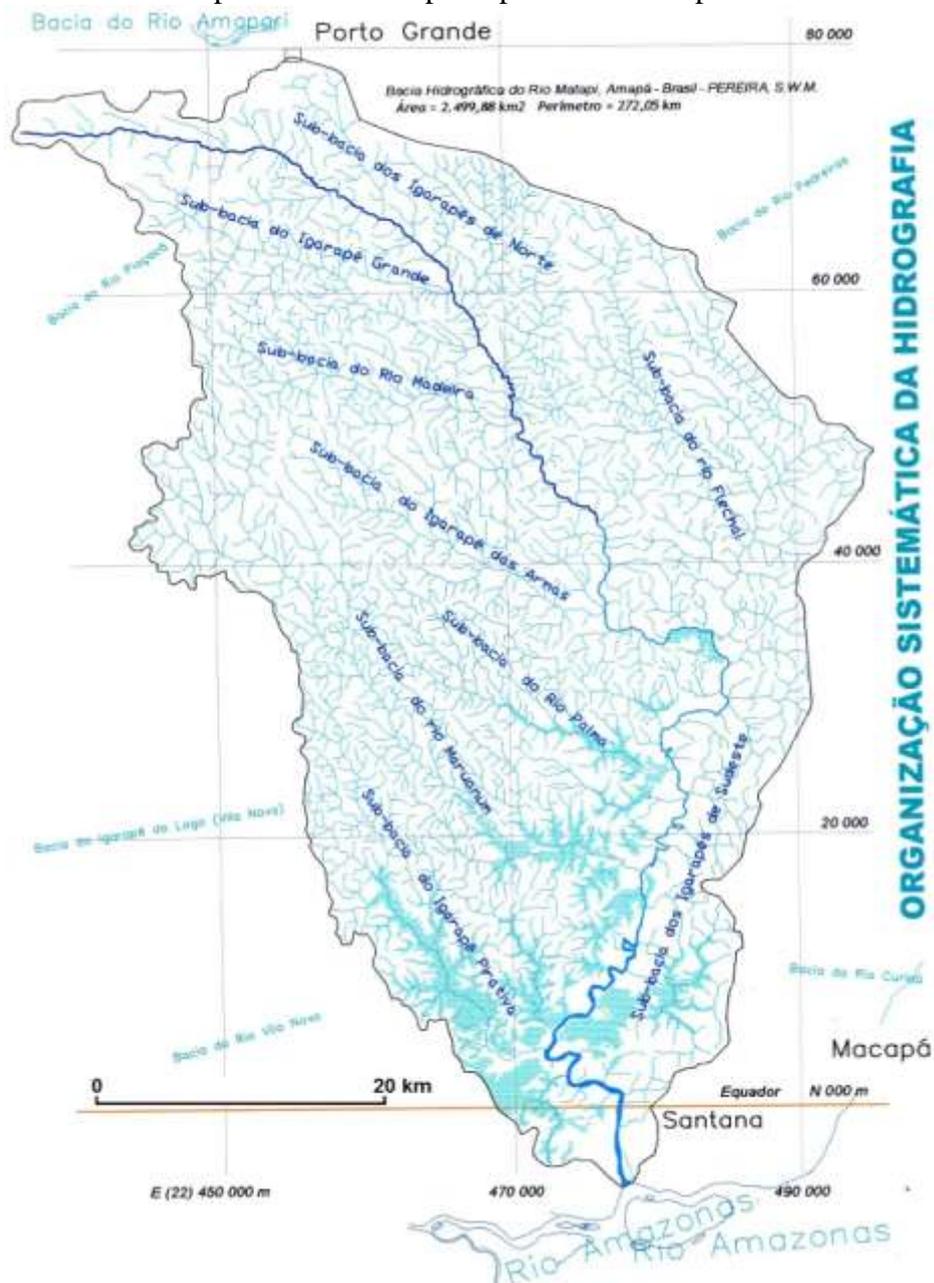
O mapa adiante (Figura 5) nos dá conta de dois grandes conjuntos morfotopográficos de paisagem do Vale do Matapi, definindo com clareza, até certa medida, os seus dois padrões gerais de sistemas ecológicos integrados, constituídos pelo complexo de baixas várzeas e terra firme.

Já no próximo mapa (Figura 6), observa-se na parte norte do Vale do Matapi o ‘grafismo’ desigual da distribuição dos elementos hidrográficos obtidos pelo processo. Essa desproporção morfotopográfica supostamente está de acordo com os padrões geomorfológicos representados pelos tabuleiros no SHL, e pelas colinas no SHO.

Observa-se no conjunto final de dados primários (carta topográfica) e secundários (processo alternativo) que, a pré-existência de uma curva de nível gera a expectativa do adensamento hidrográfico ‘gráfico-analítico’ sendo um processo relativamente simples.

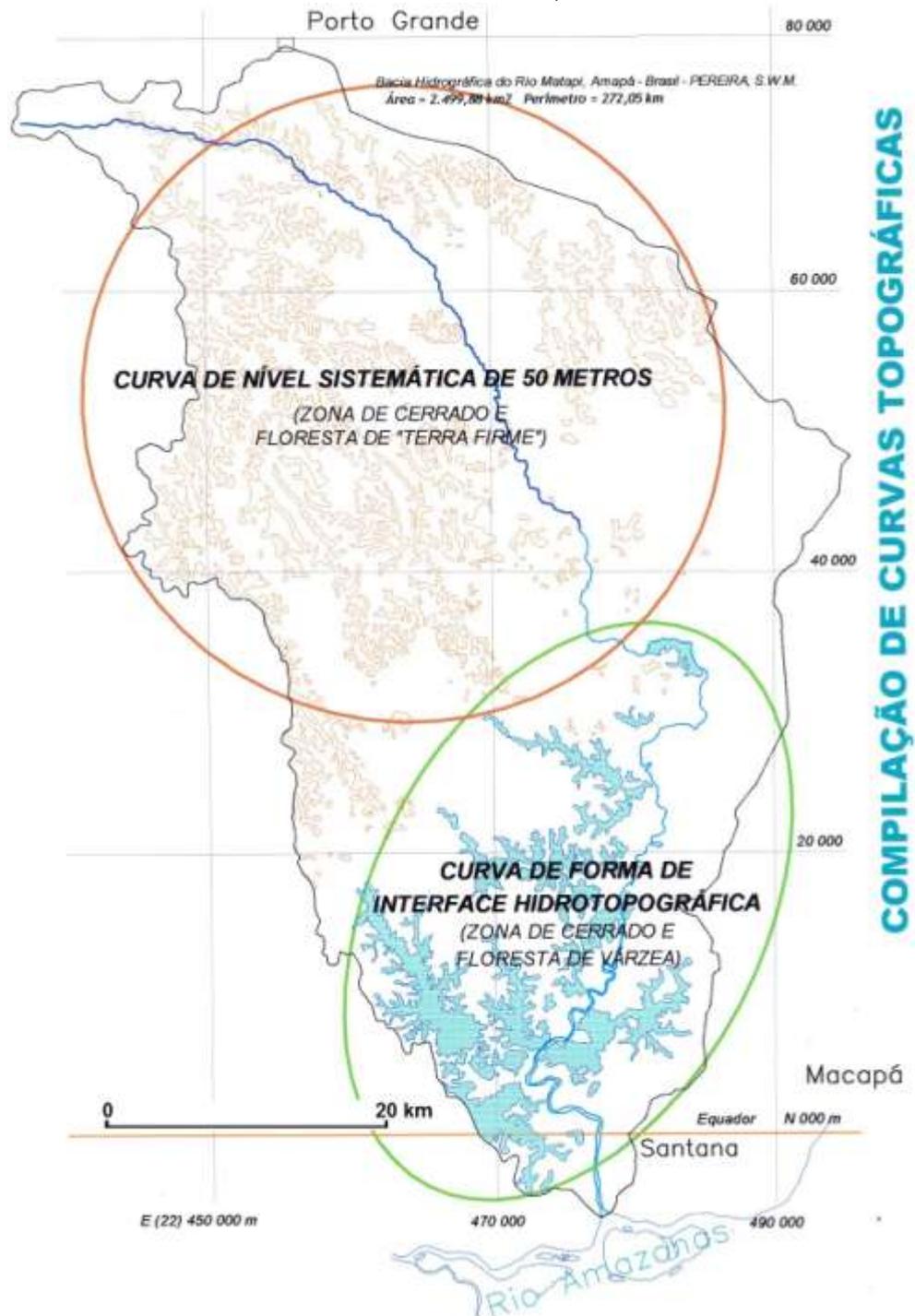
Através do processo alcançou-se a cifra não exaustiva de aproximadamente 1.600 canais ‘primários e secundários em terra firme’, e 200 ‘primários nas áreas inundáveis’ como observados na Figura 7.

Figura 4 – Visualizador do 1º passo do adensamento hidrográfico
 (vetorização da rede hidrográfica original)
 O tom azul fraco corresponde ao trecho principal do rio Matapi sob influência de marés



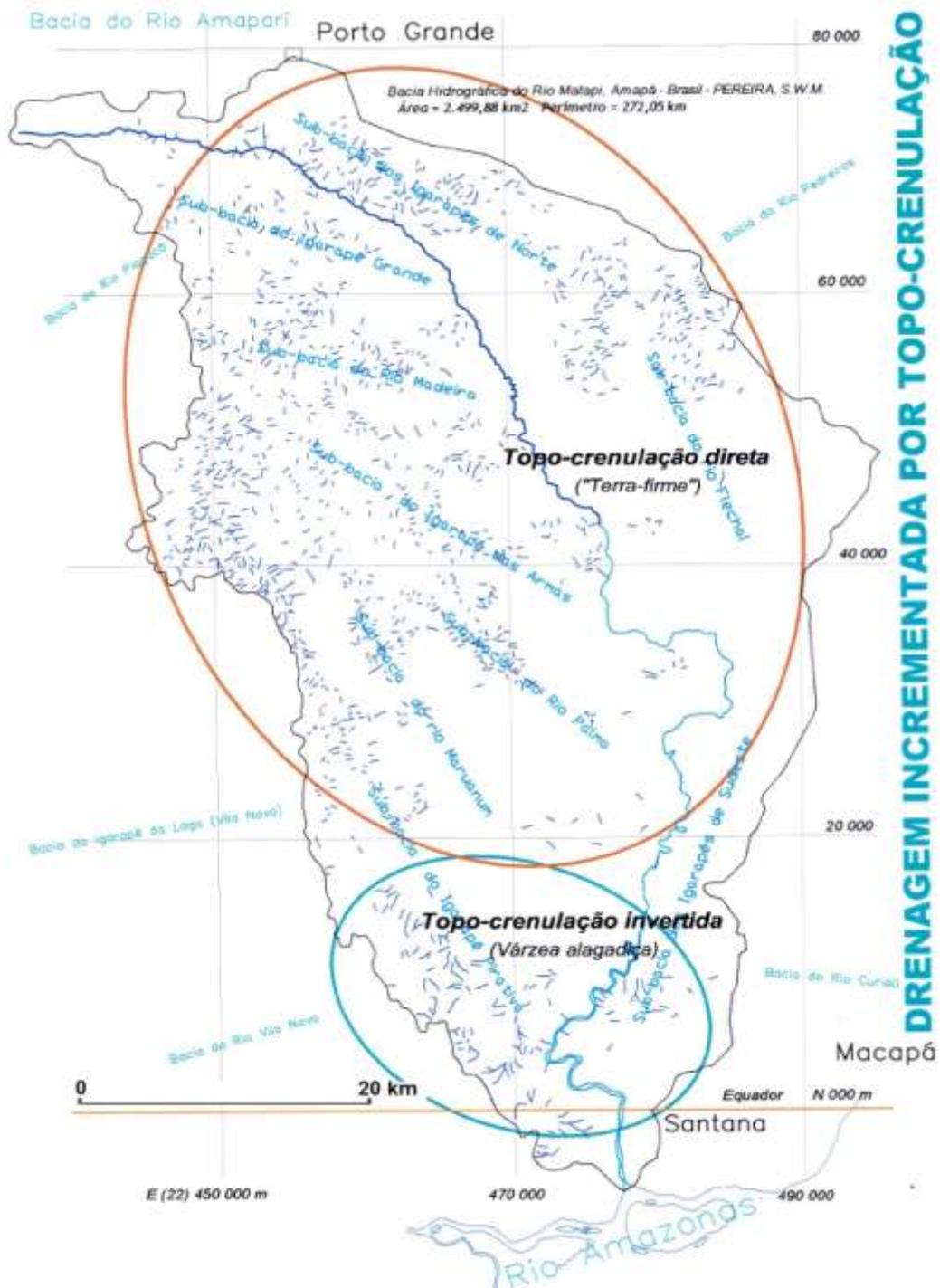
Fonte: Elaborado por Silvio Wigwam M. Pereira (2017).

Figura 5 – Visualizador do 2º passo do adensamento hidrográfico (compilação da rede hipsométrica e traçado da curva de forma de interface hidroambiental)



Fonte: Elaborado por Silvio Wigwam M. Pereira (2017).

Figura 6 – Visualizador do 3º passo do adensamento hidrográfico (vetorização dos hidroelementos avulsos)

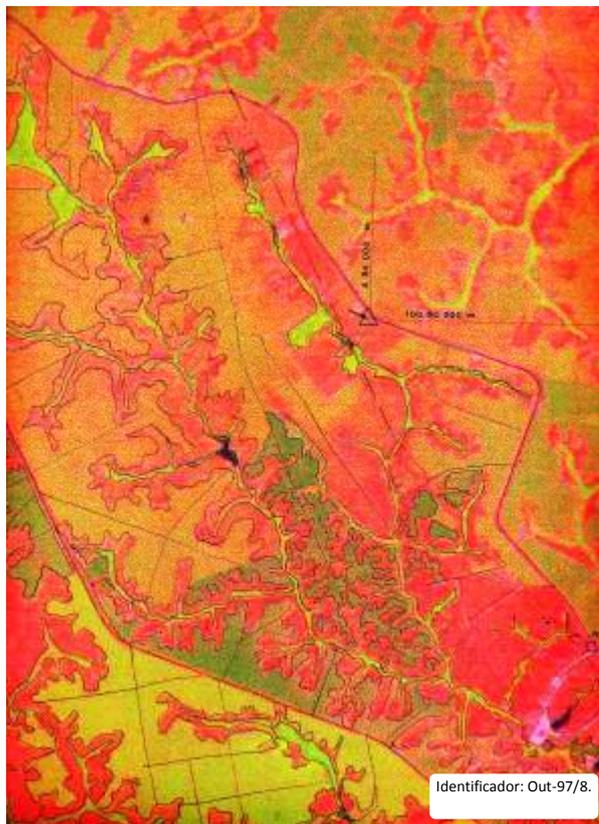


Fonte: Elaborado por Silvio Wigwam M. Pereira (2017).

4. Adensamento hipsométrico

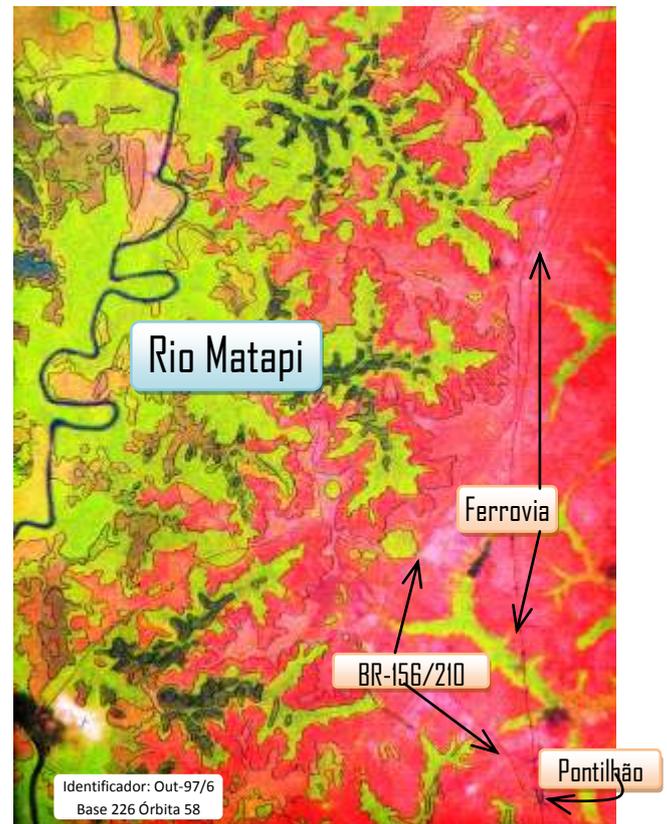
A restituição *hipsotemática* expedita da quebra negativa da borda do tabuleiro (tarja de tombadores) foi realizada através de processo compilatório empregando-se imagens óticas Landsat e de radar composição colorida (Figuras 8 e 9) e fotografias aéreas.

Figura 8 – Visualizador da restituição expedita de curva de forma de borda de tabuleiro



Fonte: Elaborado por Silvio W. M. Pereira (2017).

Figura 9 – Visualizador da restituição expedita de curva de forma (quebra negativa) de borda de tabuleiro



Fonte: Elaborado por Silvio W. M. Pereira (2017).

Nas três fases da interpretação visual, a da foto-análise (separação de elementos), a da foto-dedução (formações temáticas) e da fotointerpretação (conceituação e integração de agrupamentos temáticos) levou-se em considerações as características de geomarcadores como a borda de planalto e cota de nível de água (flutuação) afetos à interpretação ambiental,

além dos fatores de interpretação usuais nesses tipos de produtos remotos. Por sua vez, atésentido, até certa medida, os geomarcadores foram discutidos e validados em campo por amostras, e incorporados às chaves de interpretação dos autores.

A delimitação hipsotemática da interface várzea–terra firme nos terraços de inundação das várzeas do Vale do Matapi foi determinada inicialmente pela leitura do desenho cartográfico da BCR1 e a fotointerpretação, sendo precedida pelas operações taqueométricas e o emprego do receptor GPS (Figuras 10 e 11). Sua demarcação obedeceu aos critérios já descritos e nesta complementação visa ilustrar o processo de sua identificação.

A metáfora em amarelo indica um geomarcador hidroambiental (contato entre solos aluviais de várzea e solos ‘laterizados’ de campo – cerrado) que foi mapeado como curva de forma, sendo essa uma geradora de realce hipsotemático da unidade.

Figura 10 – Visualizador do esquema ambiental para o traçado de curva de forma da interface Cerrado-Várzea (baixos terraços inundáveis e alagadiços)



Fonte: Elaborado por Silvio Wigwam M. Pereira (2017).

Figura 11 – Visualizador do altímetro-aneróide e taqueômetro empregados nas medidas hipsométricas



Elaborada pelos autores, com base em fotografia de Mendes-Pereira (2017).

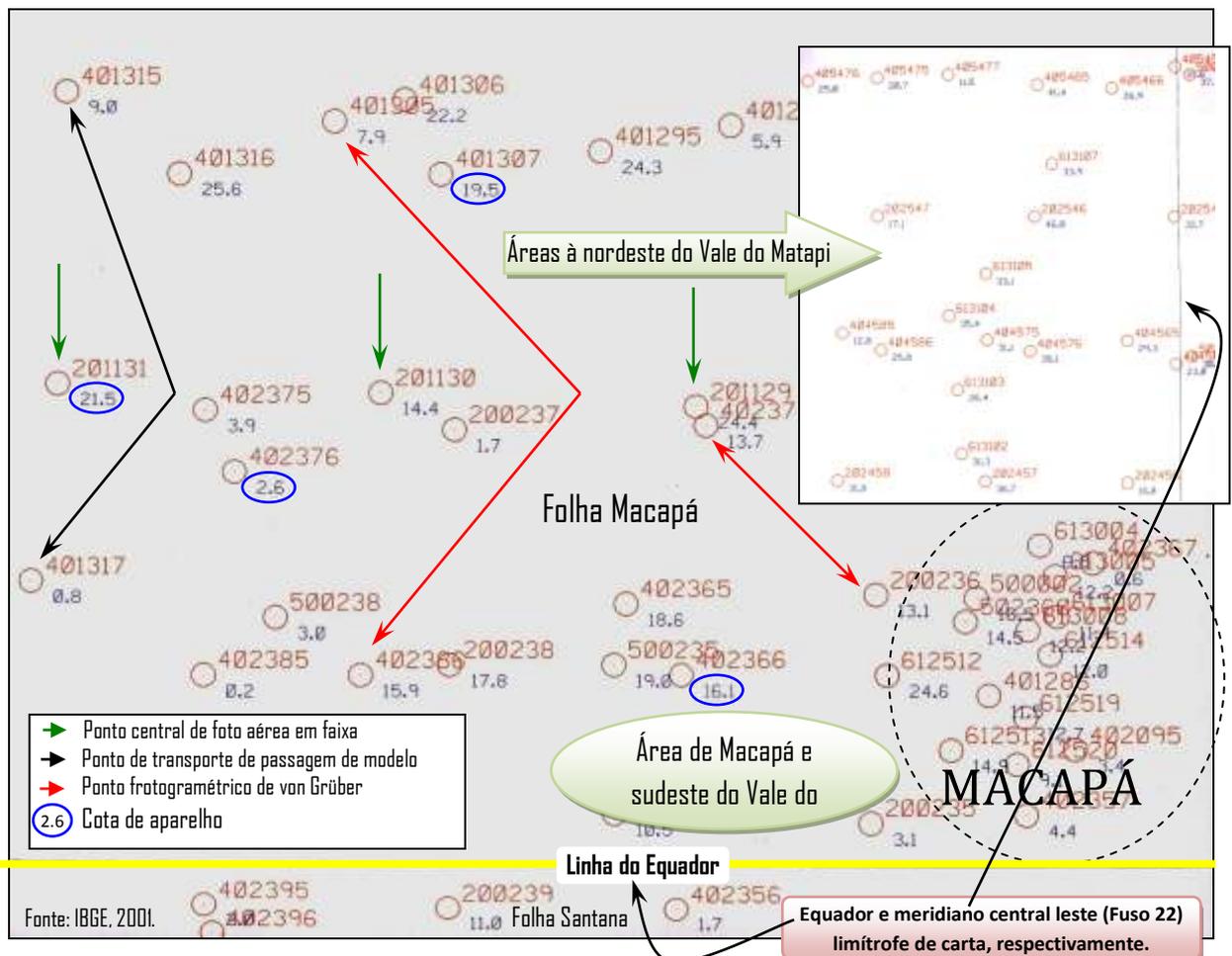
A implantação gráfico-analítica de curvas de nível deu-se em três passos: (i) identificação, comparação e seleção de pontos do caneová de restituição fotogramétrica (Figura 12); (ii) vetorização de pontos selecionados, em que as cotas foram mantidas na cor sépia, utilizando-se a preta para os considerados compatíveis (Figura 13); e (iii) interpolação e integralização de curvas de nível (Figura 14).

No primeiro passo selecionou-se os pontos centrais das fotografias aéreas, os de passagem ou de amarração do modelo e os fotogramétricos a partir do caneová de restituição fotogramétrica (Figura 12), compatíveis com o desenho cartográfico publicado (BCR1).

As inconsistências de elementos fotogramétricos e os inadequados devido proximidade com cotas assinaladas na carta original, ou ainda por posicionamentos impróprios, como meio de encosta, sobre curvas de nível ou corpos d'água, foram descartados na pré-seleção. Os demais pontos, criteriosamente avaliados, constituíram a planilha levada ao campo para

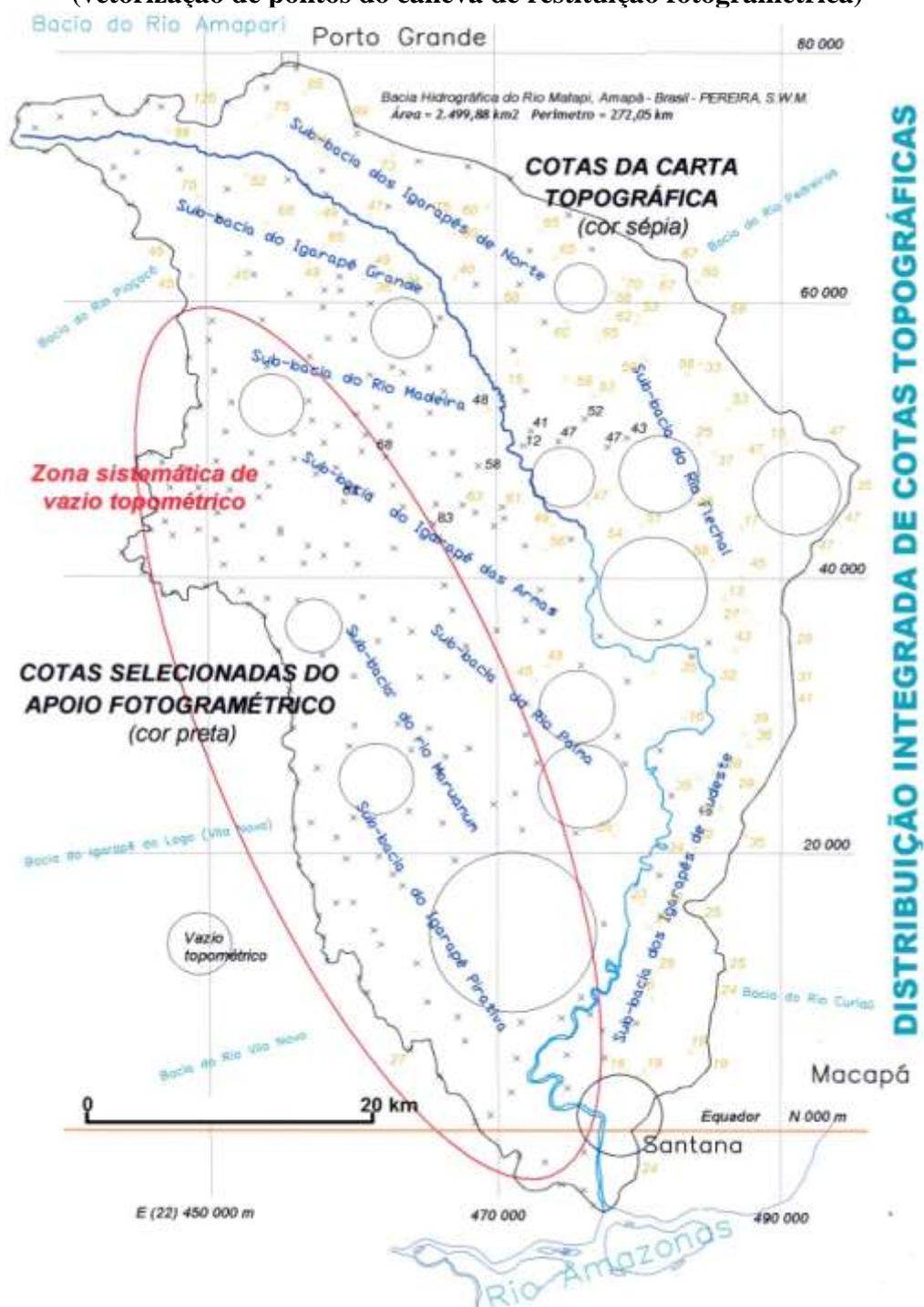
validação através de métodos topográficos convencionais e alternativos, como o transporte de cota baseado em marco geodésico (Referência de nível – RN do IBGE), o emprego de altímetro e de outras referências topográficas consistentes encontradas no objeto-área.

Figura 12 – Visualizador do 1º passo do adensamento hipsométrico
 (seleção de pontos do caneová de restituição fotogramétrica)



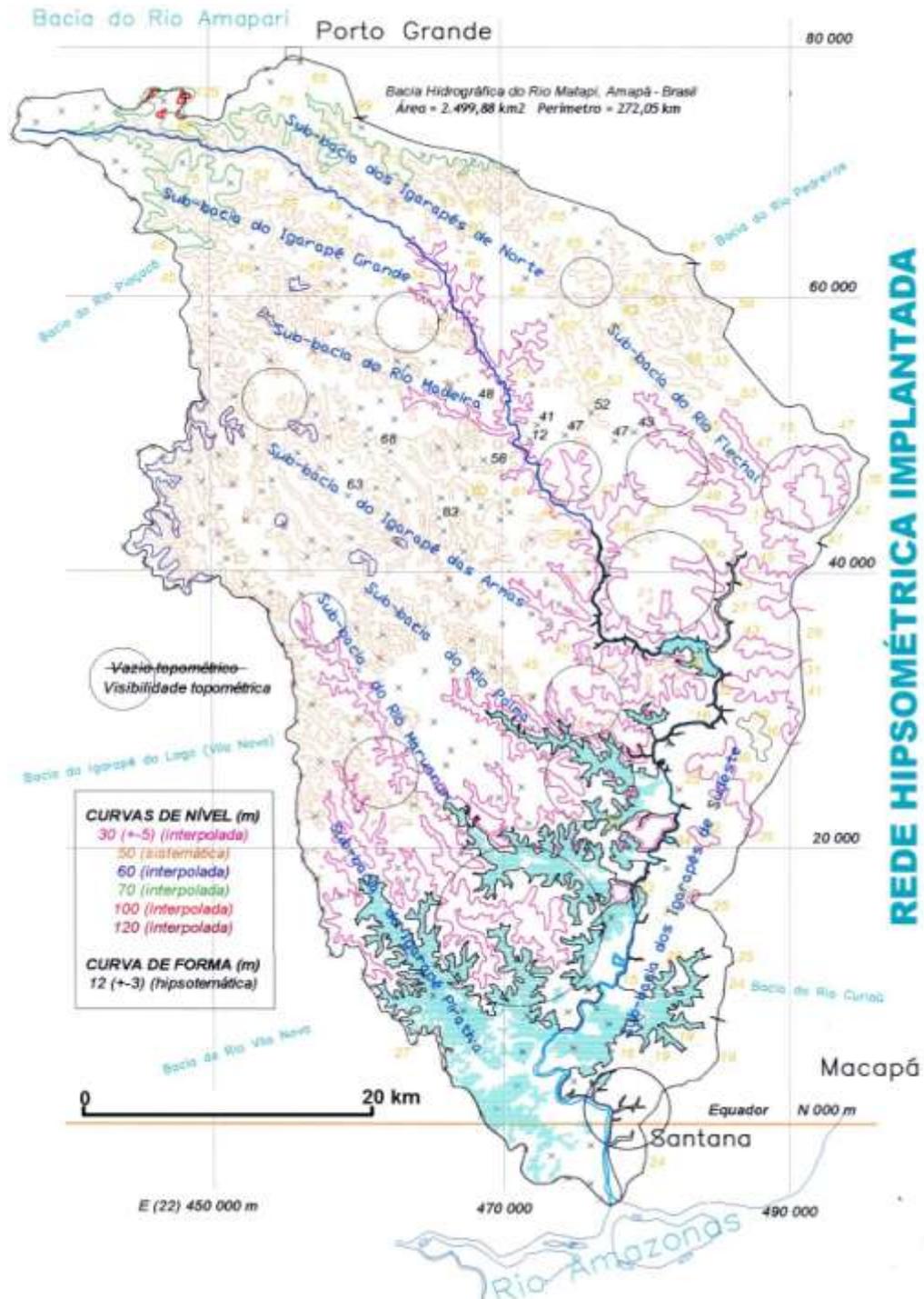
Fonte: Elaborado por Silvio Wigwam M. Pereira (2017).

Figura 13 – Visualizador do 2º passo do adensamento hipsométrico (vetorização de pontos do caneová de restituição fotogramétrica)



Fonte: Elaborado por Silvio Wigwam M. Pereira (2017).

Figura 14 – Visualizador do 3º passo do adensamento hipsométrico (interpolação e implantação de curvas de nível)



Fonte: Elaborado por Silvio Wigwam M. Pereira (2017).

Observa-se, no mapa (Figura 13), como o SHO apresentava um enorme vazio topométrico, pela ausência de cotas altimétricas estabelecidas no levantamento e elaboração da carta na escala 1:100.000.

O visualizador seguinte (Figura 14) permite verificar que a interpolação de curvas de nível avulsas (multiprocessos) pode produzir um efeito visual de ‘pseudo vazio topométrico’ por falta de dados secundários. Considera-se, também, a possibilidade da formação gráfica de ‘vazios’ refletindo as características reais do relevo, atingindo o que se pode chamar de ‘ápice altimétrico segundo a equidistância’.

A síntese dos resultados obtidos pode ser visualizada na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 – Principais especificações cartográficas das BCR

ANÁLISE COMPARADA DAS BASES CARTOGRÁFICAS UTILIZADAS			
Qualidade cartográfica	BCR1 – IBGE, 1995	BCR2 - Autor, 2017	Ganho
Escalas de serviço	1:70.000 (fotografias aéreas)	1:100.000, 1:70.000 e escalas de campo	Sim
Escala de impressão topográfica	1:100.000	1:50:000*, 1:100.000 até ~ 1:500.000	Sim
Escalas de impressão temática	1:100.000	1:50:000*, 1:100.000 até ~ 1:500.000	Sim
Equidistância hipsométrica	Sistemática de 50 metros	Arbitrária de 10 e 20 metros	Sim
N ^o de curvas de nível	Uma por método aerofotogramétrico	Onze por métodos analíticos e hidroambientais (hipsotemáticos)	Sim
Valores altimétricos das curvas implantadas	50 metros	6, 12, 20, 30, 40, 60, 70, 80, 90, 100, 110 e 120 metros	Sim
N ^o de curvas de forma	Nenhuma	Duas semi-completas	Sim
Rede de drenagem	Sistemática	Adensada por topocrenulação e por fotointerpretação analógica	Sim
Rede hipsométrica	Sistemática	Otimizada por seleção e compilação da base de apoio	Sim
Apoio fotogramétrico	Aerotriangulação	Nenhum	Não
Apoio de campo	Métodos topográficos 1 ^a e 2 ^a ordens	Métodos topográficos de 2 ^a e 3 ^a ordens: taqueométricos, geométricos e GPS	Sim
Uso de fotografias aéreas	Sim	Sim	Sim
Uso de imagens óticas	Não	Sim	Sim

Métodos de restituição de dados cartográficos e ambientais	Aerofotogramétrico	Métodos computacionais: rasterização e vetorização; métodos expeditos fotointerpretativos	Sim
--	--------------------	---	------------

Organizada pelos autores.

Considerações Finais

- Ao fim dos processos de realces e otimizações cartográficos e de trabalhos de campo empregados com o objetivo de melhorar a visualidade e tornam mais visíveis os elementos hidrográficos e hipsométricos, com suas variações hipotemáticas, chegou-se à conclusão que o esforço foi válido. Nesse sentido, incorporou-se à base cartográfica original, a BCR1, atributos hidrofeicionais e topofeicionais que deram uma melhor resposta das características do relevo, que mais se aproximam da realidade.
- A esse documento cartográfico final, requalificado, a BCR2, atribui-se ganhos relativos, conforme visualizado na Tabela 1. Chama-se especial atenção para os possíveis usuários destes mapas e cartas, para o item escala, ou seja, a BCR2 detém a mesma escala da BCR1, por ter sido compilada desta. No entanto, por questões gráficas foi apresentada em outras escalas.
- Quanto ao fator de redução de 50.000, observado na Tabela 1, sem maiores deformações para a representação cartográfica, foi utilizado para mapear os atributos de alguns setores do Vale do Matapi. Sabe-se que diminuição de áreas analisadas, implica em ganhar espaço gráfico para que as informações ali contidas, possam se tornar mais visuais nas cartas. Essas áreas se referem a agrupamentos de potencialidade turística e enclaves de paisagem.

Referências

IBGE. Cupixi: região norte do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. 1 carta topográfica, color., Escala 1:100.000. Projeção UTM. Datum horizontal: marégrafo Santana, AP, Datum vertical: Córrego Alegre, MG. Folha SF NA-22-Y-D-II (MI-200).

IBGE. Ferreira Gomes: região norte do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. 1 carta topográfica, color., Escala 1:100.000. Projeção UTM. Datum horizontal: marégrafo Santana, AP, Datum vertical: Córrego Alegre, MG. Folha NA-22-Y-D-III (MI-201).

IBGE. Macapá: região norte do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. 1 carta topográfica, color., Escala 1:100.000. Projeção UTM. Datum horizontal: marégrafo Santana, AP, Datum vertical: Córrego Alegre, MG. Folha NA-22-Y-D-VI (MI-243).

IBGE. Santana: região norte do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. 1 carta topográfica, color., Escala 1:100.000. Projeção UTM. Datum horizontal: marégrafo Santana, AP, Datum vertical: Córrego Alegre, MG. Folha SA-22-V-B-III (MI-286).

JOLY, Fernand. *A cartografia*. Trad. Tânia Pellegrini. Campinas: Papirus, 1990.

LUEDER, D R. *Aerial photographic interpretation: principles and applications*. New York: McGraw- Hill, 1959. 462 p.

MAKAROVIC, B. Digital Mono - Ploters. **ITC Journal**, v. 1, p. 101-122, 1973.

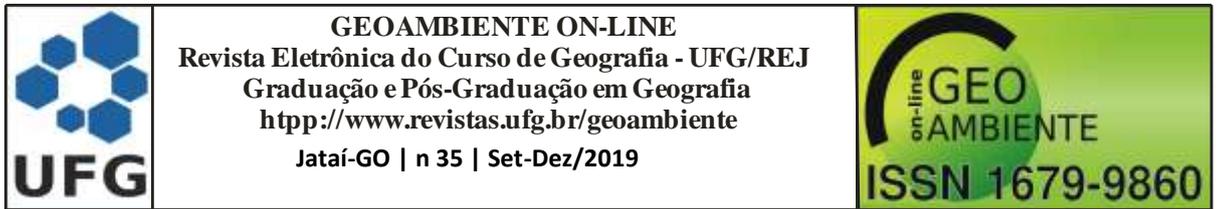
PROSPEC; ESTEIO. *Projeto Polo 12*. Curitiba: PROSPEC, 1976/1978/1981. 70 fotografias aéreas. Escala 1:70.000. 9 faixas.

RAY, R.G. *Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico*. Tradução de Jesuino Felicíssimo Junior. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico, 1963. 162 p.

RAY, R.G.; FISCHER, W.A. Quantitative photography: a geologic research tool. **Photogrammetric Engineering**, Falls Church, v. 26, n. 1, p. 143-150, 1960.

Agradecimentos

Este artigo é parte da pesquisa desenvolvida no doutoramento do primeiro autor, sob orientação do segundo autor, no âmbito do Doutorado Interinstitucional (DINTER), fruto da parceria entre a Universidade Federal de Goiás (UFG), como ofertante, e a Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), como receptora. Os autores agradecem à UFG e à UNIFAP por todo o apoio logístico para as pesquisas de campo e laboratoriais. E em especial, agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento



para realização do DINTER, incluindo as bolsas para os discentes realizarem o estágio na instituição ofertante.