

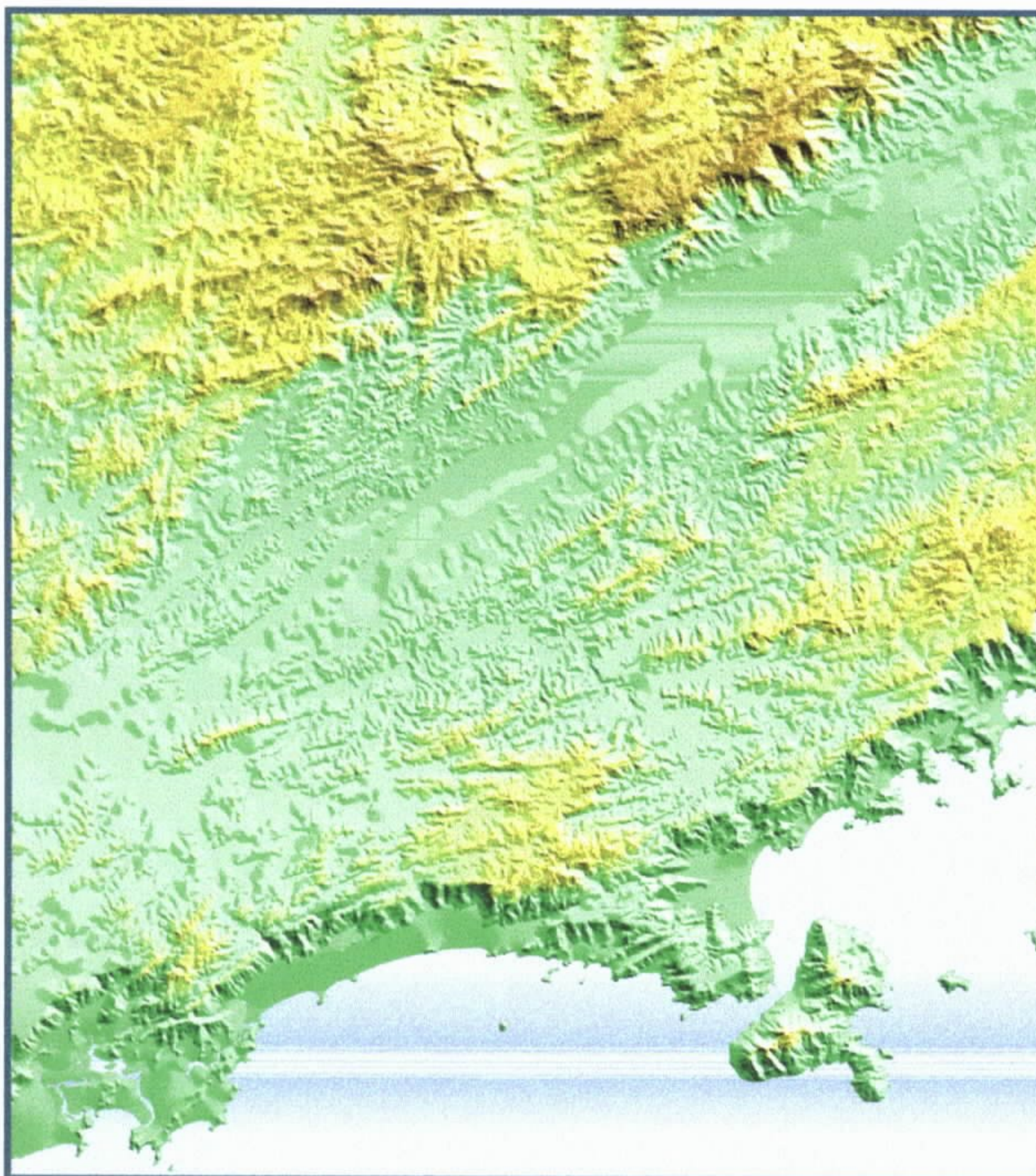
MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
Secretaria de Minas e Metalurgia
CPRM - Serviço Geológico do Brasil



RELATÓRIO DE VIAGEM A FRANÇA

**Modelagem digital do relevo e dos processos erosivos na região das
Serras do Mar e da Mantiqueira - São Paulo**
Estágio de aperfeiçoamento - ISTEEM
Institut des Sciences de la Terre, de l'Eau e de l' Espace de Montpellier
Université de Montpellier II

Dra. Mônica Mazzini Perrotta



 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

**Ministério
de Minas
e Energia**


Brasil

Dezembro de 1998

I. INTRODUÇÃO

Este relatório refere-se a viagem para estágio de especialização no exterior da Dra. Mônica Mazzini Perrotta, geóloga, diplomada, mestre e doutora pela Universidade de São Paulo, funcionária concursada da CPRM, lotada na Gerência de Recursos Minerais da Superintendência Regional de São Paulo sob matrícula 87.966.541.

Este estágio com período de 21 de abril de 1997 a 31 de julho de 1998, foi realizado na Université Montpellier II – Institut des Sciences de la Terre, de l’Eau et de l’Espace (ISTEEM) – Laboratoire de Geophysique et Tectonique (França) sob orientação do Prof. Dr. Francis Lucazeau. Ele foi possível devido a contato prévio estabelecido com o Prof. Lucazeau numa visita anterior ao laboratório em novembro de 1996.

A aprovação ministerial do afastamento remunerado da funcionária encontra-se na página 2642, seção 2 do DOU nº 73 de 17/04/1997, e as despesas de passagens aéreas, moradia, alimentação, seguro saúde e demais seguranças sociais obrigatórias em território francês ficaram a cargo da própria funcionária.

II. OBJETIVOS DA VIAGEM

O objetivo desta viagem foi exclusivamente acadêmico, visando-se um aperfeiçoamento profissional da autora na área de geoprocessamento, mais especificamente no estudo de Modelos Numéricos de Terreno como ferramenta na modelagem digital dos processos erosivos e de construção do relevo.

III. PROGRAMA DA VIAGEM

Para permanência de um ano e três meses na cidade de Montpellier foi necessário alugar-se uma residência fixa. Esta providência foi tomada no prazo de 10 dias, incluindo-se a compra dos móveis, utensílios e eletrodomésticos necessários.

Durante o primeiro mês de permanência na França frequentei um curso de conversação intensivo (diário de 3 horas/aula). Como já tinha certa familiaridade com o idioma francês este curso me forneceu subsídios suficientes para facilitar a comunicação.

O início dos trabalhos de pesquisa deu-se concomitantemente, e rapidamente foi-me oferecido espaço físico no laboratório, acesso às redes de *workstations* e de PCs, endereço eletrônico e cartão magnético para cópias xerox.

A cidade de Montpellier localiza-se na porção meridional da França, denominada Midi. É capital do departamento Hérault dentro da região do Languedoc-Roussillon. É uma região litorânea, na costa Mediterrânea, de clima agradável, com verão quente e seco e inverno pouco rigoroso (para os padrões europeus). As chuvas são mais comuns no outono.

Esta cidade, de aproximadamente 200.000 habitantes (400.000 somando-se toda a grande Montpellier) conta com cerca de 70.000 estudantes, grande parte estrangeiros.

Nossa adaptação foi rápida, e as primeiras dificuldades com o idioma foram rapidamente dissipadas na convivência com um povo no geral hospitaleiro e quase sempre disposto a compreender nossas dificuldades. As crianças foram recebidas imediatamente na escola pública de muito boa qualidade.

Com recursos próprios fizemos um seguro saúde privado que nos deu direito aos serviços de saúde com reembolso de em média 80% das despesas médicas e com medicamentos.

IV. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS TRABALHOS EXECUTADOS

1. Familiarização com o sistema UNIX e escolha do *software* para elaboração do Modelo Numérico de Terreno (MNT) da área estudada (finalização junho/1997).

Já que os trabalhos de construção do modelo numérico de terreno e sua modelagem geomorfológica seriam desenvolvidos em *workstation* sob ambiente UNIX, inicialmente precisei me habituar com estes equipamentos, linguagem de comandos e programas básicos. Como já me encontrava razoavelmente familiarizada com a informática em geral este trabalho foi realizado concomitantemente à leitura e compatibilização da base de dados digitais, levados do Brasil, com os sistemas de trabalho.

Em seguida, escolheu-se o Sistema GRASS como o mais adequado dos disponíveis para construir-se o MNT a partir dos dados que possuíamos (cartas topográficas

rasterizadas). Trata-se de um sistema de informações geográficas com módulos de processamento digital de imagens e inclui utilitários de vetorização e edição de vetores.

Salienta-se que os pesquisadores franceses nos seus trabalhos de modelagem da erosão, dentro do seu território, não passam pela fase de construção do MNT já que eles dispõem deste dado para toda a França.

2. Construção do Modelo Numérico de Terreno (MNT) (finalização novembro/1997)

A área selecionada para este trabalho localiza-se no litoral paulista estendendo-se a norte até as cabeceiras dos afluentes do Rio Paraíba do Sul na Serra da Mantiqueira. A região é delimitada pelas coordenadas 22°30' a 24° de latitude sul e 45° a 46°30' de longitude oeste.

O MNT, base fundamental do estudo realizado, foi construído à partir das imagens *raster* das folhas topográficas 1:250.000 de Guaratinguetá e Santos. Três Etapas podem ser descritas na realização desta tarefa:

- **Vetorização das curvas de nível:** esta etapa foi realizada no sistema GRASS. Nele, após uma vetorização automática das imagens rasterizadas as curvas de nível podem receber valores correspondentes às suas cotas. Neste trabalho foram enfrentadas duas situações distintas. Da folha Guaratinguetá contávamos com o arquivo *raster* completo com todos os elementos, malha viária, planimetria, altimetria, hidrografia, etc. Isto dificultou o trabalho de atribuição dos valores das cotas das curvas de nível, que se tornou um trabalho excessivamente lento, culminando com a resolução de se utilizar apenas a metade sul da folha, que já continha os divisores de água da Bacia do Paraíba do Sul na Serra da Mantiqueira que eram necessários para o estudo. Já da Folha Santos contamos com o arquivo *raster* apenas do tema altimetria, o que reduziu o tempo de preparação dos dados em aproximadamente 80%.

- **Correção geométrica, concatenação e transformação dos dados para a construção do MNT:** Apesar dos dados já estarem georeferenciados e incorporados a um sistema de informações geográficas eles tiveram que sofrer correções geométricas devido a pequenas distorções nos originais. A partir daí os vetores das

curvas de nível correspondentes a cada folha topográfica puderam ser concatenados numa base única e transformados dentro do sistema num arquivo vetorial de pontos, do tipo XYZ, com os dados de coordenadas geográficas e altitude respectivamente.

- Interpolação dos dados e construção do MNT: Inicialmente tentou-se utilizar as rotinas de interpolação e construção do MNT oferecidas no sistema GRASS, mas estas não se mostraram eficientes no caso dos dados que dispúnhamos. Por um lado devido a lentidão do processo, que demorava aproximadamente três dias, a cada nova tentativa de adequação dos parâmetros fornecidos para interpolação. Mas a principal limitação do GRASS nestes procedimentos vem do tratamento de informações que contenham valores zero como dado, o que ocorria no nosso caso, por se tratar de uma região costeira. A solução encontrada foi a utilização de um programa (*nnquick*) desenvolvido pelo pesquisador belga, radicado na Austrália, Dr. Jean Braun e colaboradores (Sambridge et al. 1995), também envolvidos com a modelagem digital do relevo. Um dos objetivos da visita do Dr. Jean Braun à Université de Montpellier na época em que lá me encontrava era justamente a divulgação e teste do referido programa. Assim ele gentilmente criou rotinas específicas para importação e exportação dos dados e resultados para o formato GRASS. O programa *nnquick* baseia-se na interpolação dos dados através da determinação dos vizinhos naturais a cada ponto, estes são definidos a partir de uma triangulação de Delaunay (Sambridge et al. 1995). Este método vantajoso devido a sua rapidez apresenta como limitação a necessidade da presença no conjunto dos dados, de pontos extremos de cumes e de vales para que não construa falsos platôs e planícies.

A figura 1 mostra o MNT construído, submetido a filtragem de relevo sombreado para melhor visualização.

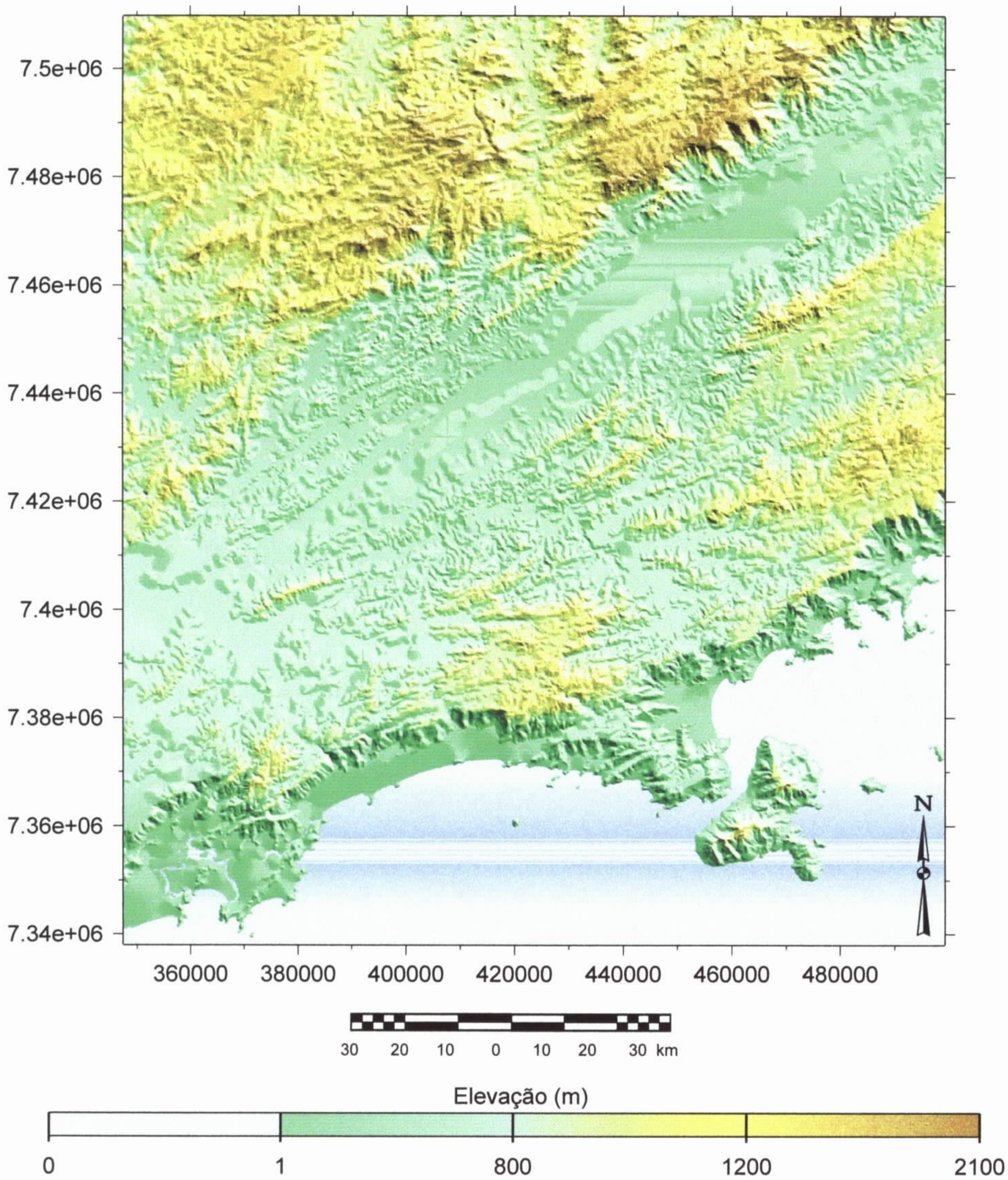


Figura 1. Modelo Numérico de Terreno (MNT) da região estudada, construído neste trabalho. Relevo sombreado com iluminação segundo inclinação de 35° e azimute de 325° .

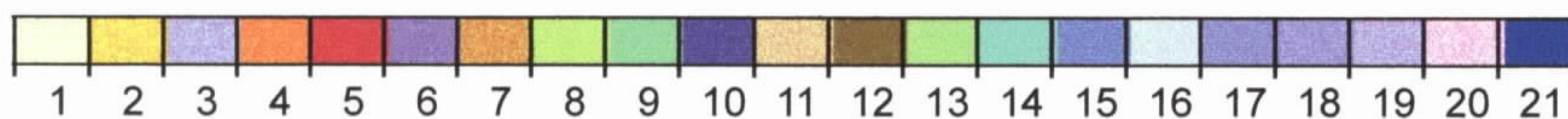
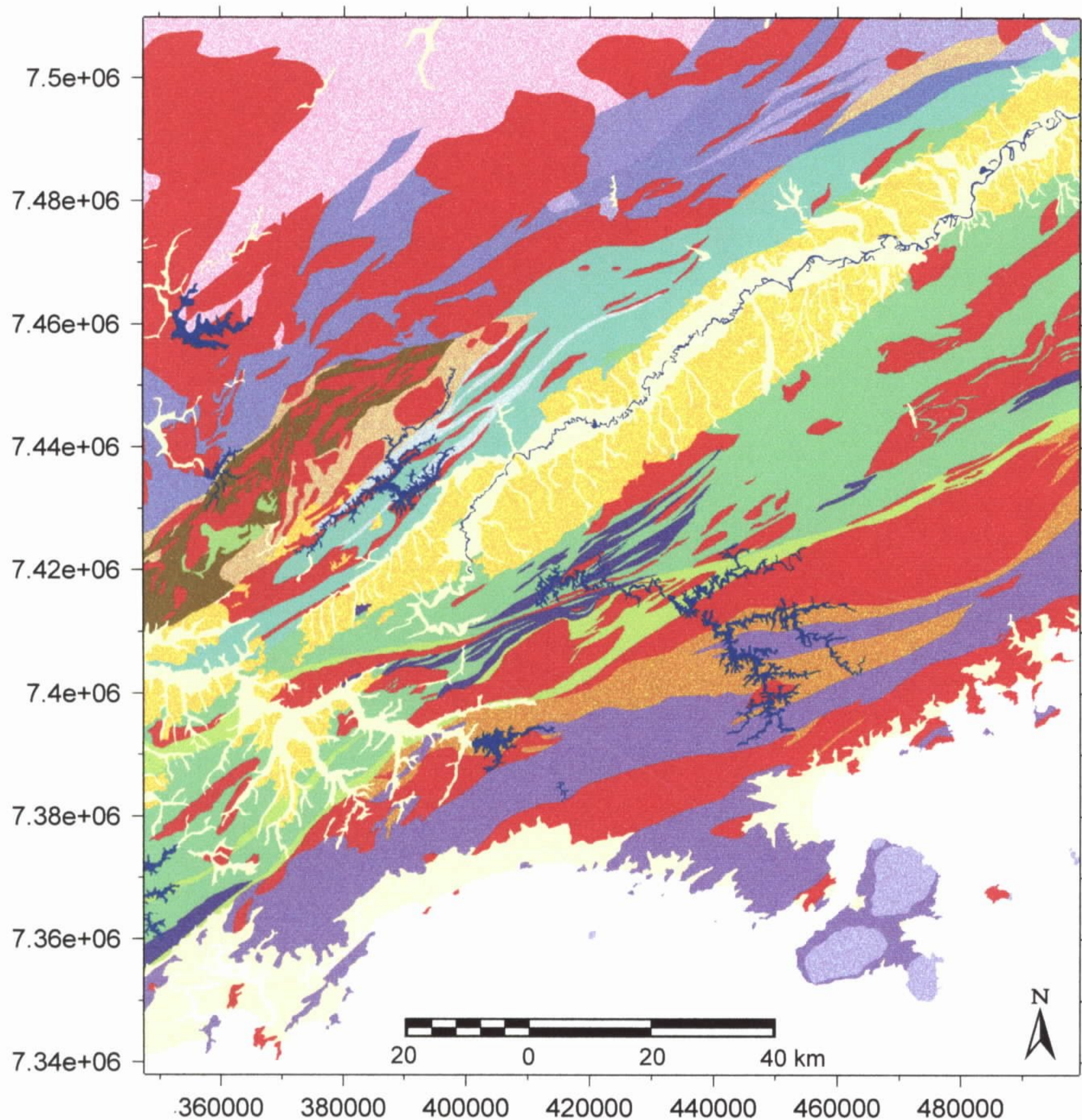


Figura 2. Mapa geológico simplificado da região estudada, 1:Sedimentos inconsolidados; 2:Rift Cont. do SE do Brasil - Bacias de Taubaté e São Paulo; 3:Intrusivas básicas e alcalinas; 4:Bacias pull-apart; 5:Rochas granitóides; 6:Cpx.Costeiro - Migmatitos ortoderivados; 7:Cpx.Costeiro - Gnaisses, quartzitos, anfib., calciossilic.; 8:Cpx. Embu - Faixas miloníticas de filitos e quartzitos; 9:Cpx. Embu - Seq. metavulcanossedimentar de medio grau; 10:Cpx.Rio Capivari - Ortognaisses migmatíticos; 11:Grupo São Roque - Seq. metavulcanossedimentar de baixo grau; 12:Grupo Serra do Itaberaba - Seq. metavulcanossedimentar; 13:Grupo Serra do Itaberaba - metabásicas, anfibolitos; 14:Paragnaisses, xistos e quartzitos; 15:Gnaisses porfiroclásticos, hbl gnaisses tonal.; anfibolitos; 16:Faixas Miloníticas; 17:Cpx. Piracaia - Paragnaisses migmatíticos; 18:Hbl. gnaisses e anfibolitos; 19:Migmat.estromat., gnaisses tonalíticos e calciosil., anfibol.; 20:Complexo Granito-migmatítico; 21:Rio Paraíba e Represas

3. Preparação do Mapa Geológico (finalização janeiro/1997)

Possuíamos arquivos digitais do mapa geológico da área no formato DXF, com detalhe 1:250000, provenientes do Projeto de Integração Geológico-Metalogenética Folha Rio de Janeiro (1:1.000.000), e separados por folhas 1:250000. Estes arquivos encontravam-se em fases distintas de preparação. A folha Santos praticamente concluída e a folha Guaratinguetá ainda em fase de preparação. Foram incorporados à área de estudo do GRASS onde os polígonos tiveram que ser classificados segundo as unidades litológicas, já que na importação este dado é perdido. Posteriormente, depois de compatibilizados e concatenados os dois arquivos, o mapa geológico resultante foi simplificado já que nos interessava categorizar as unidades litológicas segundo sua resistência à erosão.

A figura 2 mostra o mapa geológico simplificado resultante desta etapa de trabalho.

4. Exportação do arquivo para o formato do programa de análise hidrológica e processamento (finalização janeiro/1998)

Terminados todos os procedimentos desenvolvidos no sistema GRASS, o MNT foi convertido para o formato do logiciel MAD (Méthode Automatique de Drainage), desenvolvido na Université de Montpellier II por R. Moussa e M. G. Tournoud, que define quantitativamente, as direções de drenagem, área drenada, rede de drenagem e limites das bacias de captação, resultados estes na forma de arquivos matriciais que fornecerão a base para a modelagem da erosão. O processamento destes dados é bastante lento, chegando a aproximadamente 72 horas a cada tentativa (alterando-se parâmetros que o programa demanda). Alguns problemas surgidos nesta fase referem-se à escala de amostragem das cartas 1:250.000, que dificultaram a delimitação correta da Bacia do Paraíba, que não encontra-se completa na área de estudo. Procedeu-se então com a complementação dos dados a partir de cartas 1:50.000, de forma que finalmente o programa encontrou corretamente o estuário local da bacia.

5. Análise da erosão (finalização junho/1998)

Os programas para análise de erosão utilizados foram desenvolvidos pelos pesquisadores da Université de Montpellier II Dr. Francis Lucazeau e Dr. Jean-Emmanuel Hurtrez. Estes programas em linguagem fortran processam arquivos no formato GMT (Generic Mapping Tools), pacote desenvolvido por P. Wessel e W. H. F. Smith do American Geophysical Union.

Através destes programas os dados foram modelados do ponto de vista da avaliação semi-quantitativa da erosão bem como o comportamento do relevo em diversas escalas de amostragem e a possível influência dos pacotes litológicos e movimentações neotectônicas nos processos de evolução da paisagem. Algumas hipóteses foram levantadas e discutidas com os Drs. Francis Lucazeau e Jean-Emmanuel Hurtrez e com o Professor Dr. Renaud Caby (geotectonicista) na interpretação dos resultados obtidos. Recebemos ainda muitas sugestões de futuros trabalhos de campo e laboratório (tais como datação do relevo através traços de fissão em apatitas) que poderiam testar nossas hipóteses e refinar os resultados.

A modelagem do relevo é processada dentro do limite de bacias de drenagem, unidade natural de relevo. Mas é importante para a análise comparativa dos resultados que elas sejam traçadas segundo parâmetros similares tais como mesma cota no estuário, dimensões semelhantes, etc. No caso da escarpa da Serra do Mar foram delimitadas automaticamente 13 bacias com drenagem para o mar. No mesmo processamento a bacia do Paraíba foi traçada como um todo. Sub-bacias foram então delimitadas determinando-se graficamente os pontos exatos dos estuários desejados, com a finalidade de se estudar bacias menores, de ambos talvegues, a sul e a norte da calha do rio, que refletissem variações litológicas.

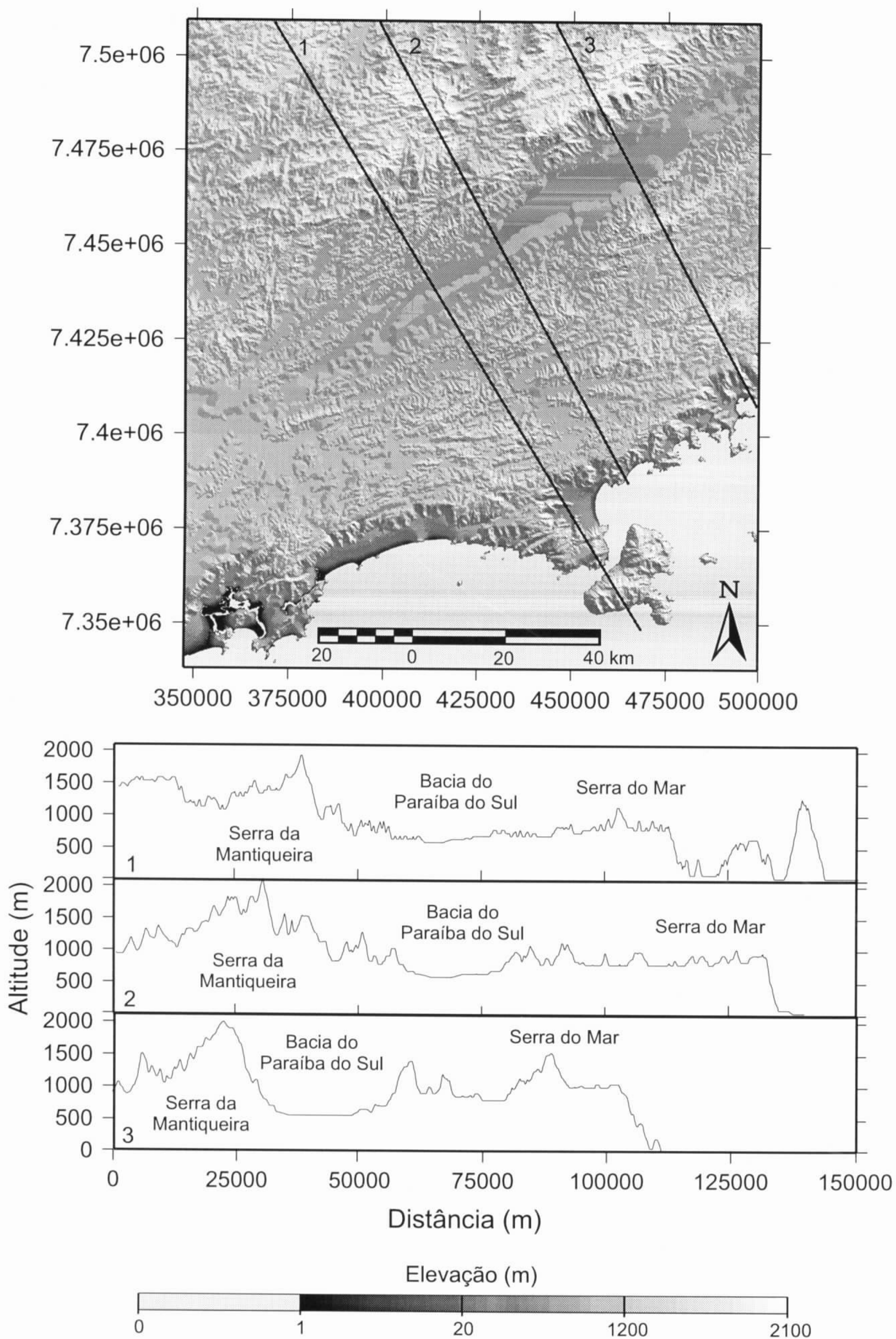


Figura 3. MNT com perfis regionais perpendiculares à orientação das escarpas das serras.

V. CONCLUSÕES

Na figura 3 mostra-se cortes regionais, transversais à orientação das escarpas das Serras do Mar e Mantiqueira, onde verifica-se o tipo de estruturação da paisagem na região. A escarpa da Serra do Mar, de orientação nordeste, separa um platô de elevações superiores a 1500 m a noroeste, de uma estreita faixa costeira de baixas elevações a sudeste. Nesta região, a proeminente escarpa está, atualmente, distante de 7.5 a 15 km da linha de costa e a aproximadamente 80 km da quebra do talude. De acordo com Weissel (1990) este tipo de organização do relevo vem sendo identificado como feição geomorfológica primária das margens passivas que ainda, segundo este mesmo autor, tem seu desenvolvimento ligado antes a processos erosionais que tectônicos. Separa as Serras do Mar e da Mantiqueira na região a Bacia do Paraíba do Sul, cuja calha estabeleceu-se sobre os sedimentos terciários das bacias de Taubaté, Rezende e São Paulo componentes do rift continental do sudeste do Brasil (Riccomini 1989), de idade terciária.

A figura 4 mostra as bacias estudadas no conjunto “Serra do Mar”.

Curvas hipsométricas refletem a distribuição das massas no interior da superfície considerada (no caso as bacias hidrográficas), os valores de altitude e área acumulada são normalizados a 100% para facilidade de interpretação. As curvas hipsométricas construídas para as bacias do conjunto “Serra do Mar”, estão apresentadas na figura 5. Três conjuntos de comportamento das curvas puderam ser identificados, curvas côncavas, curvas convexas e curvas de forma intermediária. No geral curvas côncavas significam que uma baixa proporção da área da bacia está a uma altitude próxima da altitude máxima, representando drenagens maduras, pouco encaixadas, decorrentes de um processo de erosão já bastante adiantado com baixa taxa de denudação. Ao contrário, as bacias cuja curva hipsométrica tem forma convexa com altas proporções de área em altitudes elevadas, refletem drenagens encaixadas, imaturas, em processos erosivos mais atuantes, e alta taxa de denudação.

No geral os conjuntos litológicos aflorantes nesta região litorânea não representam variações reológicas muito contrastantes de forma que a influência do substrato rochoso nos processos erosivos é similar por toda a área.

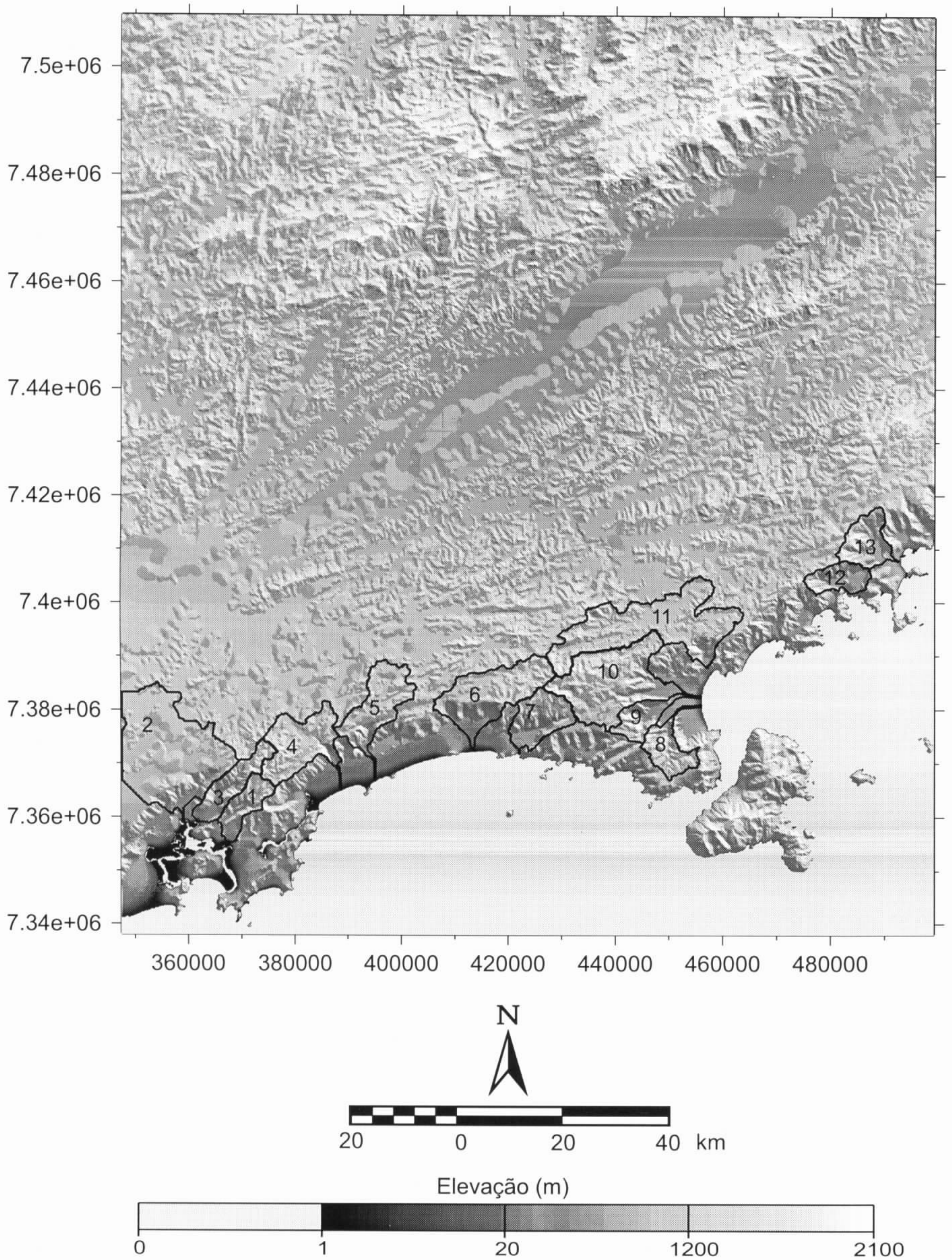


Figura 4. Modelo Numérico de Terreno da região estudada com relevo sombreado e delimitação das bacias traçadas automaticamente na região da escarpa da Serra do Mar.

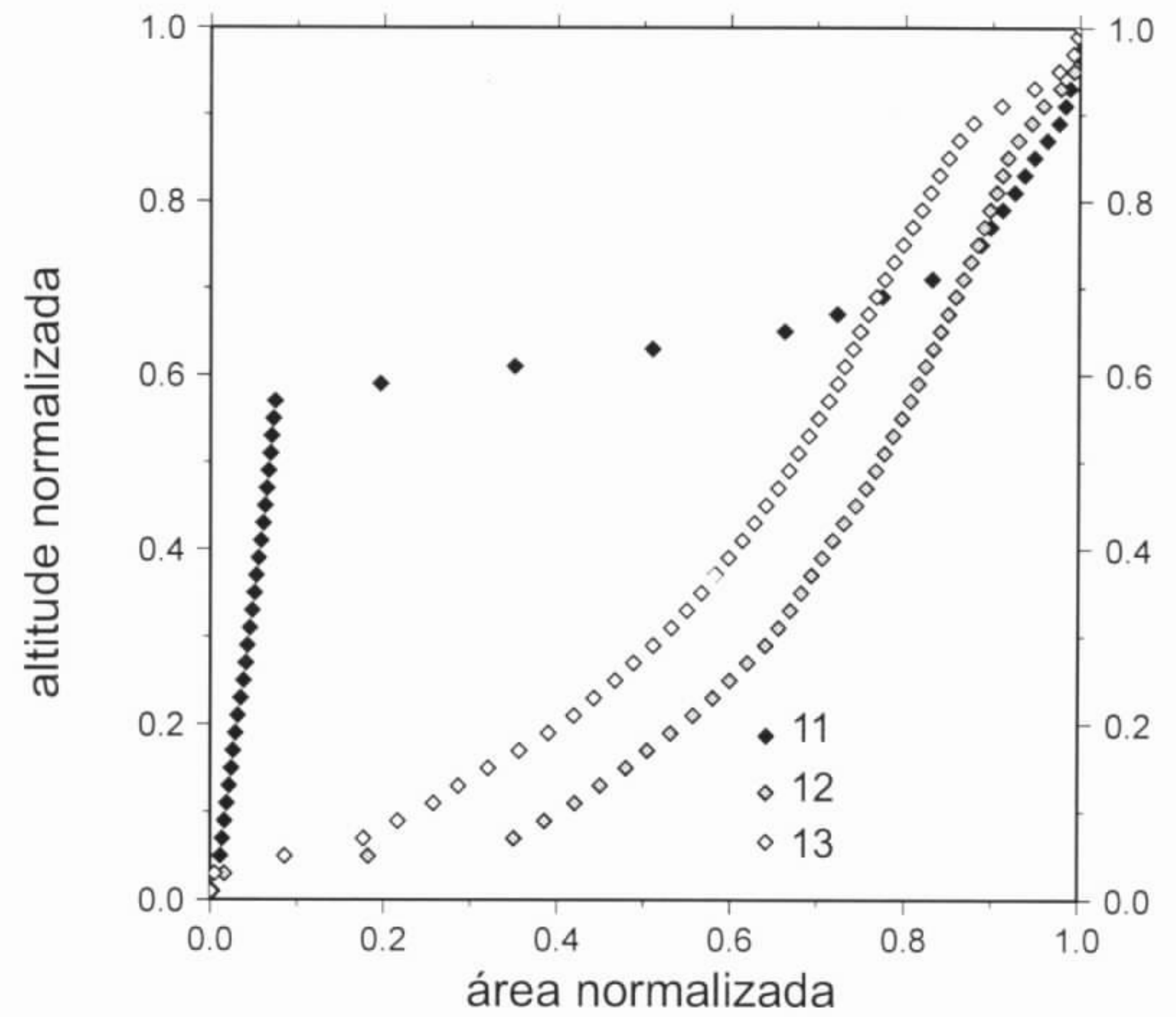
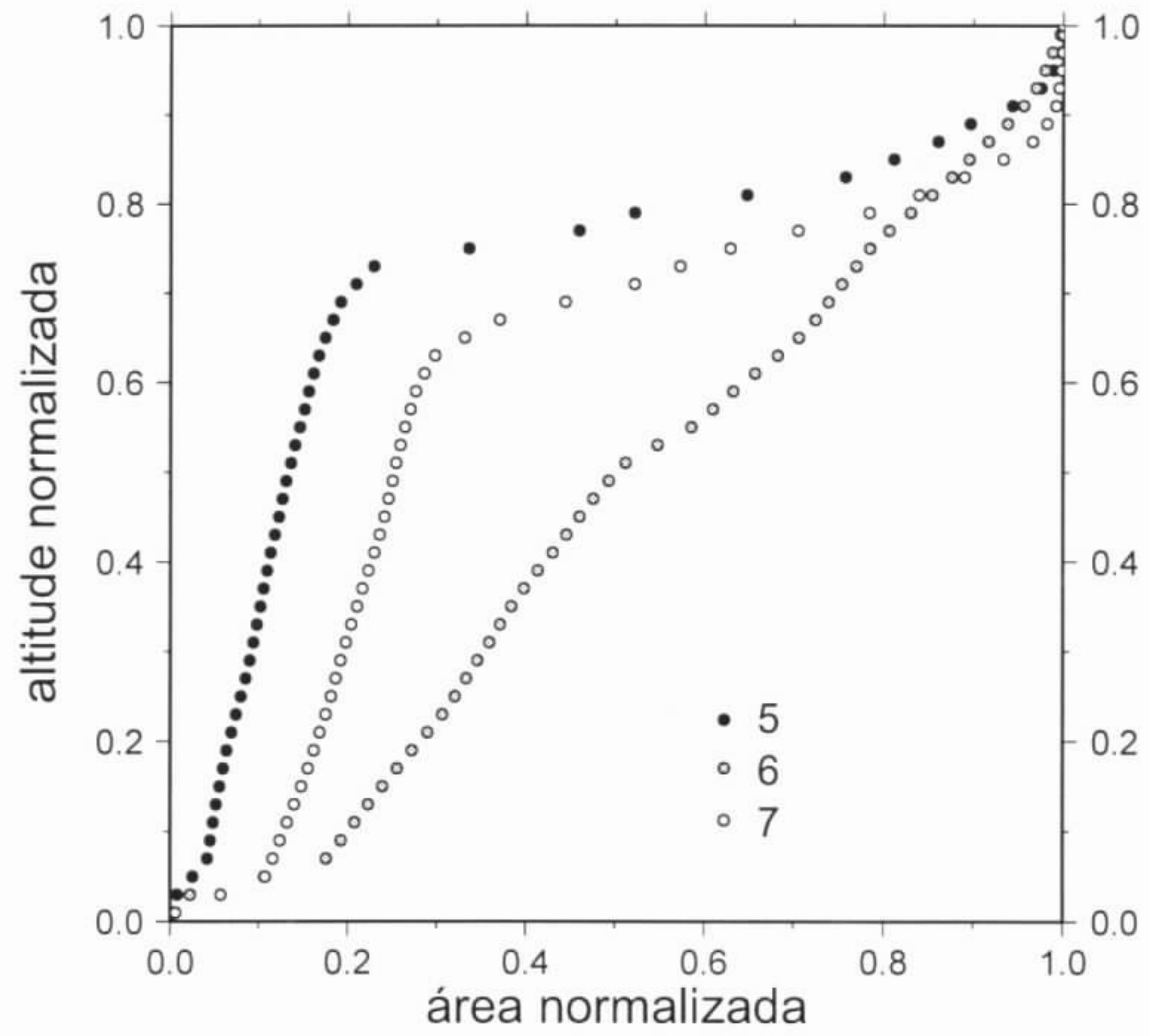
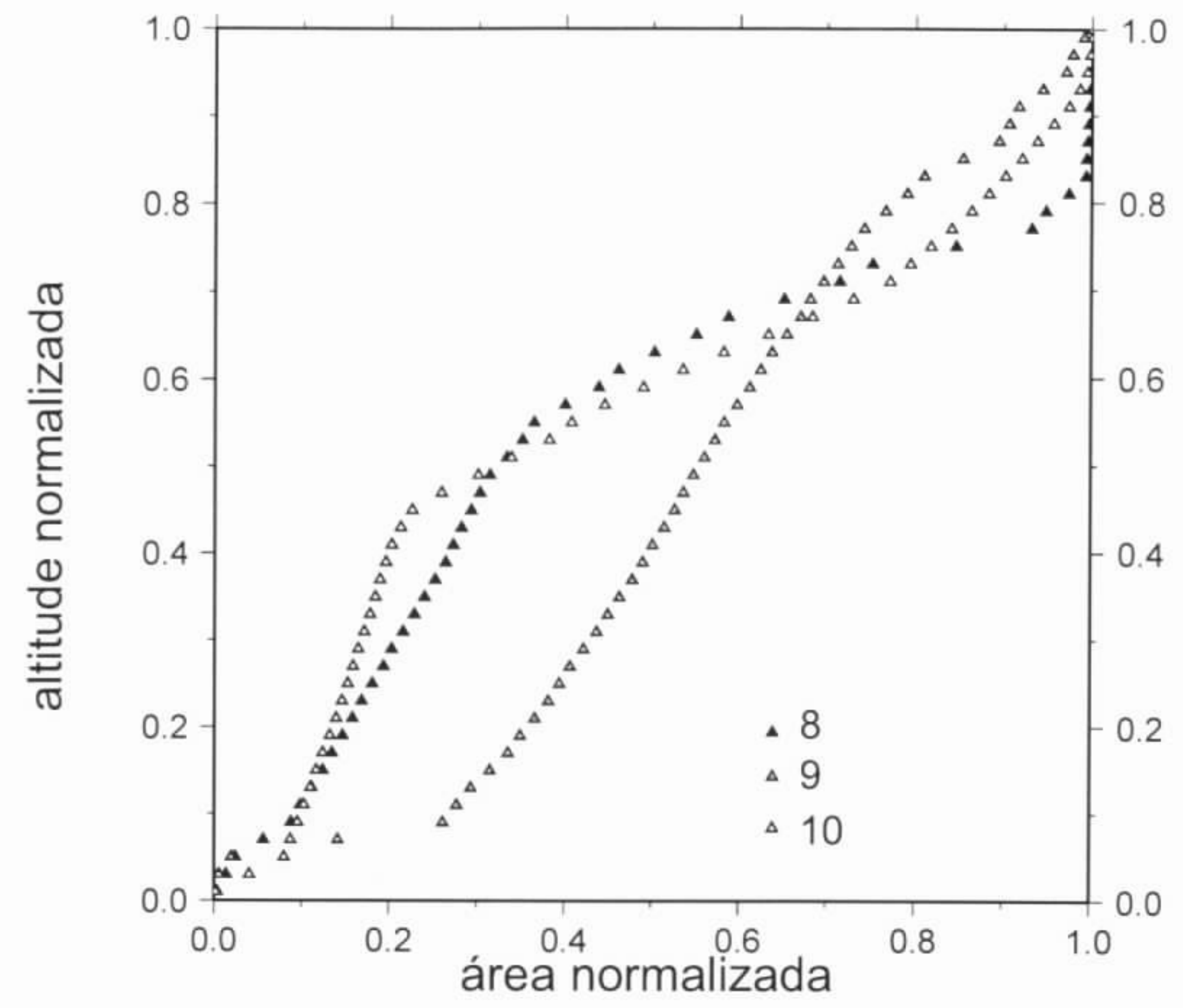
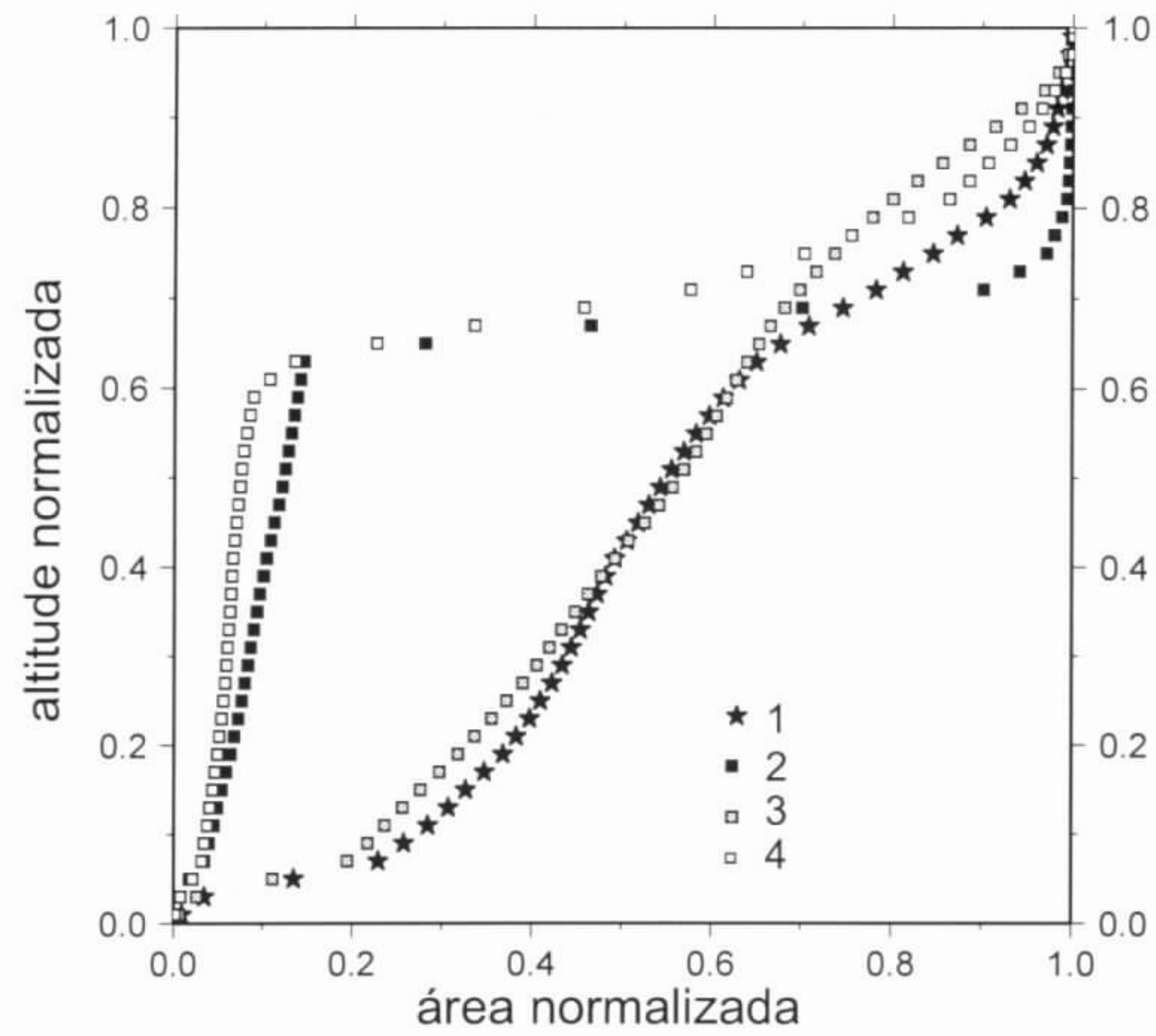


Figura 5. Curvas hipsométricas das bacias da Serra do Mar

A região costeira estudada apresenta ainda, a grosso modo, dois comportamentos fisiográficos distintos, a nordeste da Ilha de São Sebastião um litoral recortado de praias pequenas, comum a áreas subsidentes, já a sudoeste da referida ilha ocorrem extensas praias, típicas de áreas estáveis ou em ascensão isostática.

A análise das imagens tridimensionais da figura 6 evidenciou fisiograficamente a razão do comportamento distinto das curvas hipsométricas das bacias estudadas. As bacias de curvas convexas (4, 5, 7, 8, 10 e 11) são aquelas cujas cabeceiras invadiram o limite da escarpa, adentrando os domínios do planalto e portanto contém grandes proporções de sua área em altitudes elevadas. Por outro lado as bacias de curvas hipsométricas côncavas (bacias 12 e 13) são aquelas cujas cabeceiras coincidem com o limite da escarpa.

De comportamento intermediário ocorrem as bacias 1,3, 6, 9. A bacia 2, incompleta na área, não pode ser devidamente analisada. Dessa forma, ao contrário do que seria esperado, as bacias de curvas convexas representam na área uma evolução em relação às bacias de curvas côncavas, cuja tendência seria de depassar a escarpa, exceto se movimentações tectônicas recentes mantivessem-nas constantemente na situação atual.

De qualquer forma todas as situações encontradas implicam em alto risco para ocupação humana. São drenagens com polaridade em direção ao mar com tendência a forte denudação, devido ao entalhe do planalto, e conseqüente aporte de grandes massas de detritos. A desproteção vegetal das encostas nesta área só vem favorecer o processo erosivo normal de retração da escarpa. Agrava a situação o constante rejuvenescimento do relevo, com prováveis pequenas, mas eficientes, movimentações verticais devido a busca de novo equilíbrio isostático.

Os variogramas distância X relevo (relevo no sentido de medida do desnível entre altitudes), mostrados na figura 7, representam uma quantificação do relevo a partir de uma estatística de desníveis medidos por uma determinada distância. Na prática a gama de distâncias possíveis entre os pares de pontos da bacia varia entre o tamanho das células do MNT (em unidades de distância do terreno) e o comprimento da diagonal do menor retângulo que circunscreve a bacia. Esta gama de distâncias é dividida em 20 intervalos, e para todos os pares de pontos que pertencem à bacia determina-se o intervalo de distância ao qual eles pertencem, e os valores absolutos de desnível. Para cada intervalo de distância, a média dos valores absolutos dos desníveis é calculado para determinar o relevo.

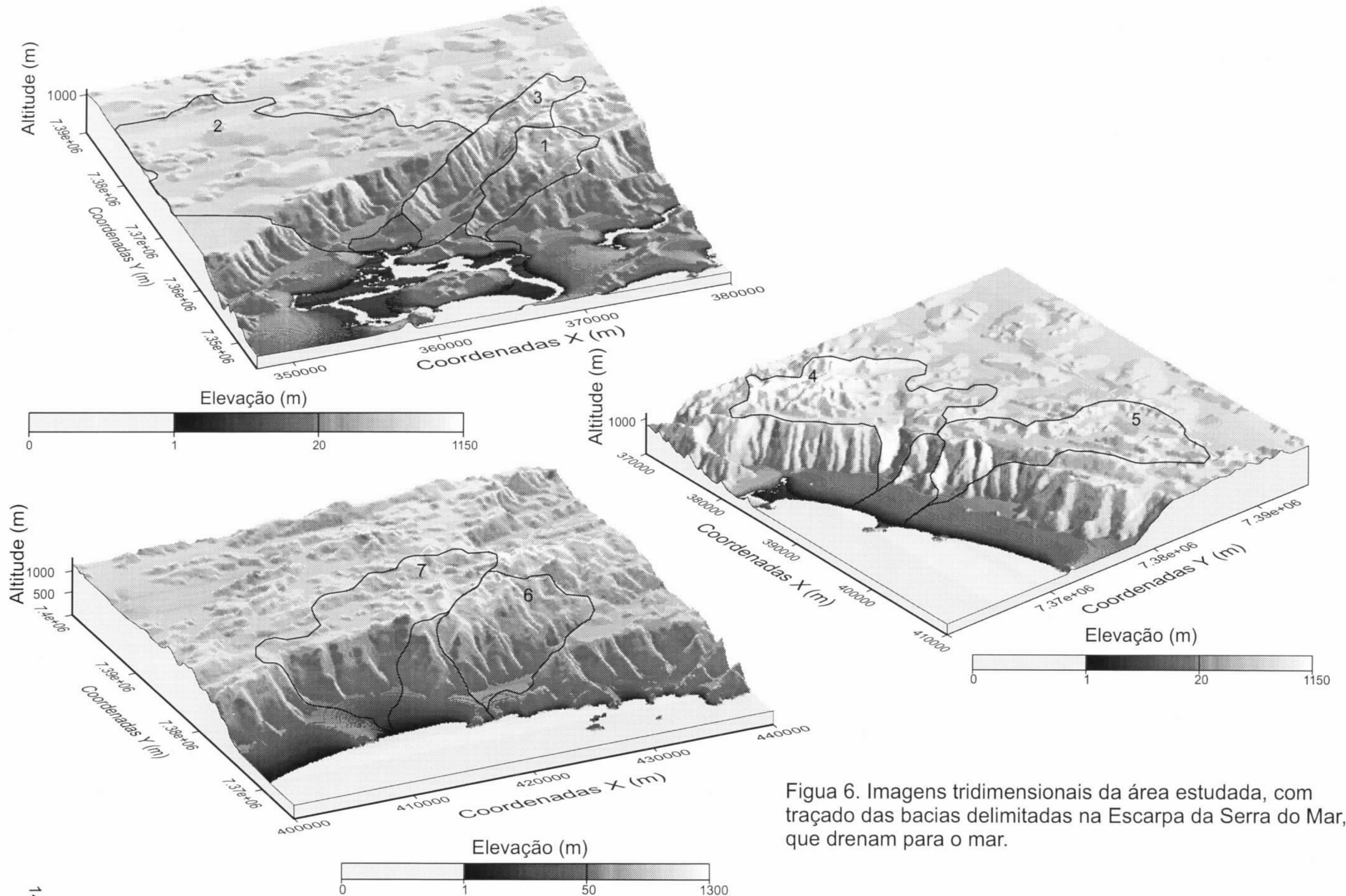


Figura 6. Imagens tridimensionais da área estudada, com traçado das bacias delimitadas na Escarpa da Serra do Mar, que drenam para o mar.

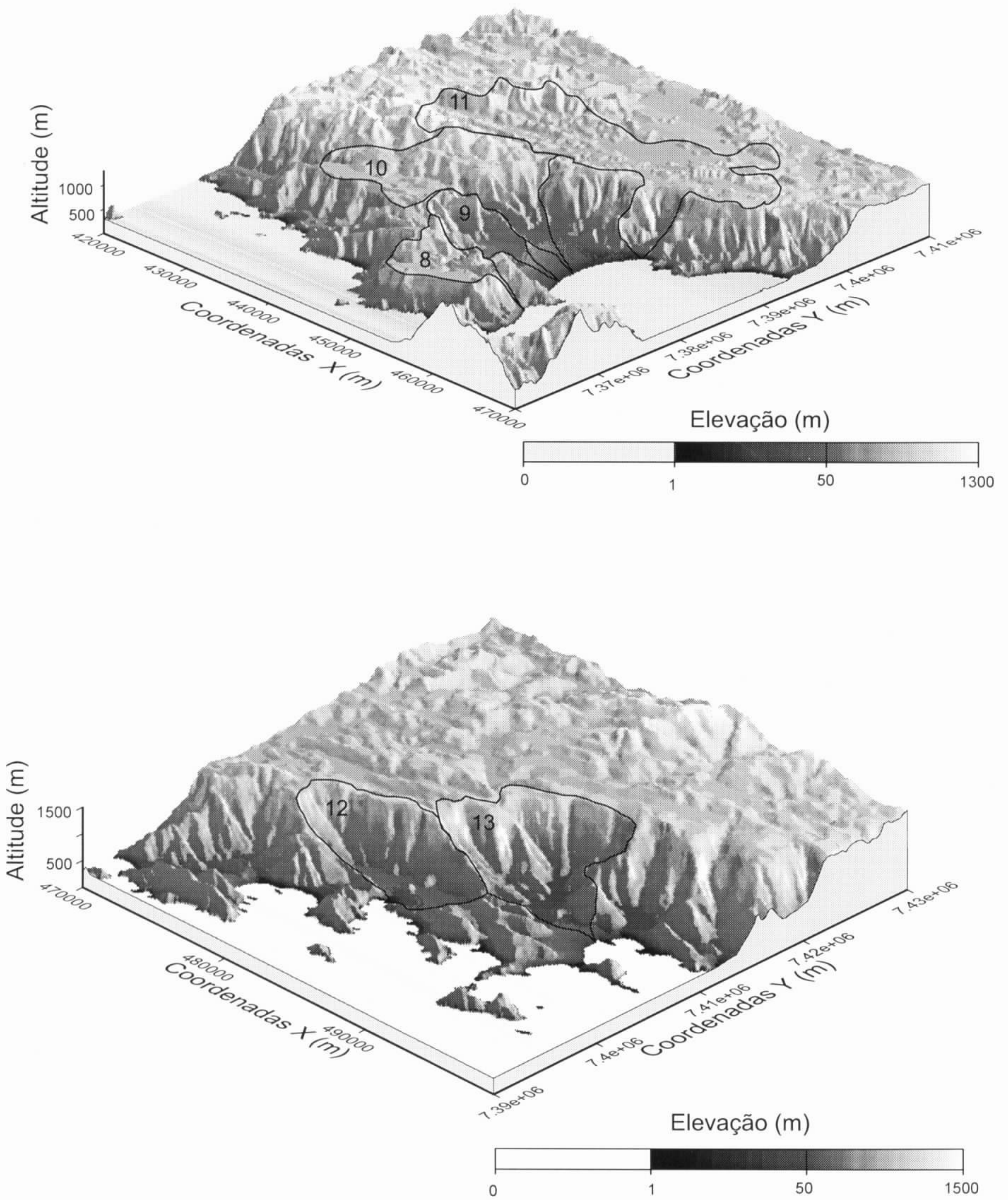


Figura 6 (cont). Imagens tridimensionais da área estudada, com traçado das bacias delimitadas na Escarpa da Serra do Mar, que drenam para o mar.

A representação do relevo calculado à uma dada distância, em função desta mesma distância, num diagrama logarítmico mostra curvas caracterizadas por inclinações diferentes em três domínios de distância, separados pelos limiares t_1 e t_2 (figura 7).

Define-se como micro escala as distâncias inferiores ao limiar t_1 , meso-escala às entre t_1 e t_2 , e grande-escala às superiores a t_2 . Nota-se que no geral a micro-escala é caracterizada por uma curva de inclinação próxima a 1, isto é, o relevo é aproximadamente diretamente proporcional à distância, refletindo processos difusivos dominantes suavizando as irregularidades topográficas (Weissel et al. 1994, Lucazeau & Hurtrez 1997). No domínio da meso-escala a inclinação da curva é inferior a 1 que pode estar refletindo processos fluviais dominantes (Lucazeau & Hurtrez 1997). Finalmente na macro-escala a inclinação a curva volta a aproximar-se de 1, mostrando que para as grandes distâncias a superfície topográfica da bacia seria confundida com o plano que suporta a bacia. Segundo Lucazeau & Hurtrez 1997 este domínio estaria sob o controle da tectônica regional.

A tabela abaixo traz algumas informações estatísticas das bacias estudadas:

<i>bacia</i>	<i>Relevo a (100m)</i>	<i>Relevo a (500m)</i>	<i>Relevo a (1000m)</i>	<i>Relevo a (5000m)</i>	<i>limiar 1</i>	<i>limiar 2</i>	<i>H1</i>	<i>H2</i>	<i>H3</i>
1	12,88	60,87	98,09	377,00	371,83	3589,92	1,03	0,69	1,41
2	4,15	24,35	37,80	104,90	345,00	17410,10	1,24	0,63	2,35
3	18,4	152,27	181,91	274,92	1491,97	4363,49	0,89	0,26	1,03
4	7,87	41,16	61,30	154,51	409,40	8745,78	1,09	0,57	1,21
5	7,72	42,23	63,40	162,81	311,57	9833,61	1,25	0,58	1,39
6	11,26	59,08	107,11	426,28	182,17	5375,42	1,32	0,86	0,82
7	8,07	45,36	77,25	265,94	275,00	9641,67	1,25	0,77	0,38
8	11,11	57,79	82,63	189,50	501,54	4023,58	1,02	0,51	0,94
9	10,91	57,55	93,64	289,96	350,81	8252,14	1,13	0,70	0,60
10	8,80	46,47	76,02	238,35	269,46	17074,30	1,23	0,71	1,05
11	6,74	36,80	51,10	109,48	533,80	21650,00	1,03	0,47	0,58
12	12,88	69,78	126,48	503,09	179,87	1386,46	1,38	0,86	0,63
13	13,16	71,85	122,84	426,67	222,70	2433,92	1,34	0,77	0,67

Verifica-se através dos diagramas da figura 7 e da tabela acima que o limite da micro-escala para a meso-escala varia tendendo a valores mais baixos para as bacias do tipo 12 e 13. Mas estas bacias não apresentam forte variação de comportamento no tocante a inclinação da curva, e são elas que mostram maiores desníveis relativos a todos os intervalos de distâncias. Ainda no tocante a inclinação da curva, nota-se que nestas bacias, na macro-escala, há uma tendência de valores inferiores à meso-escala, incompatíveis com uma suavização do relevo preconizada pelos autores citados, indicando ainda a influência dos processos fluviais, num relevo constantemente rejuvenescido.

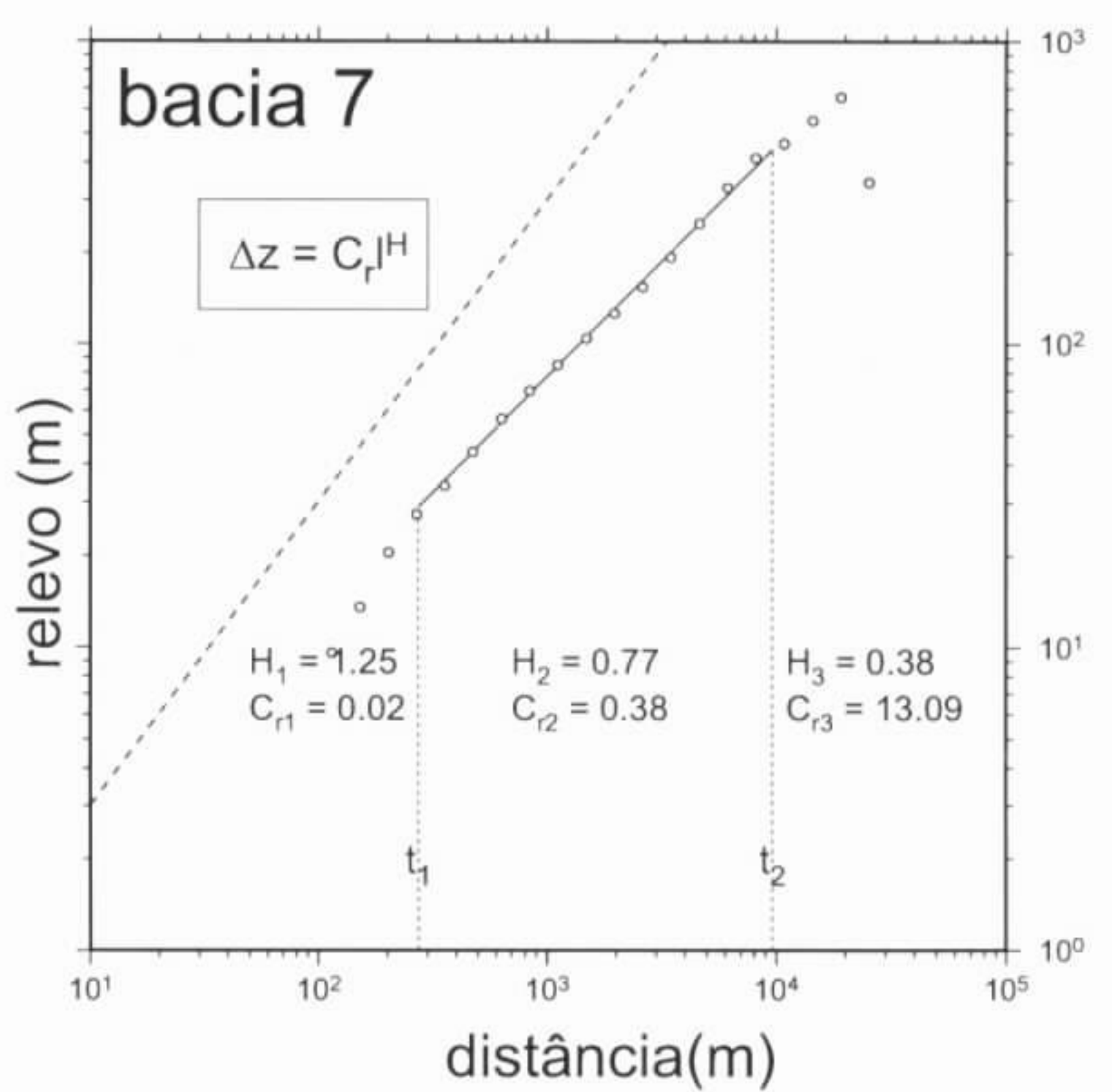
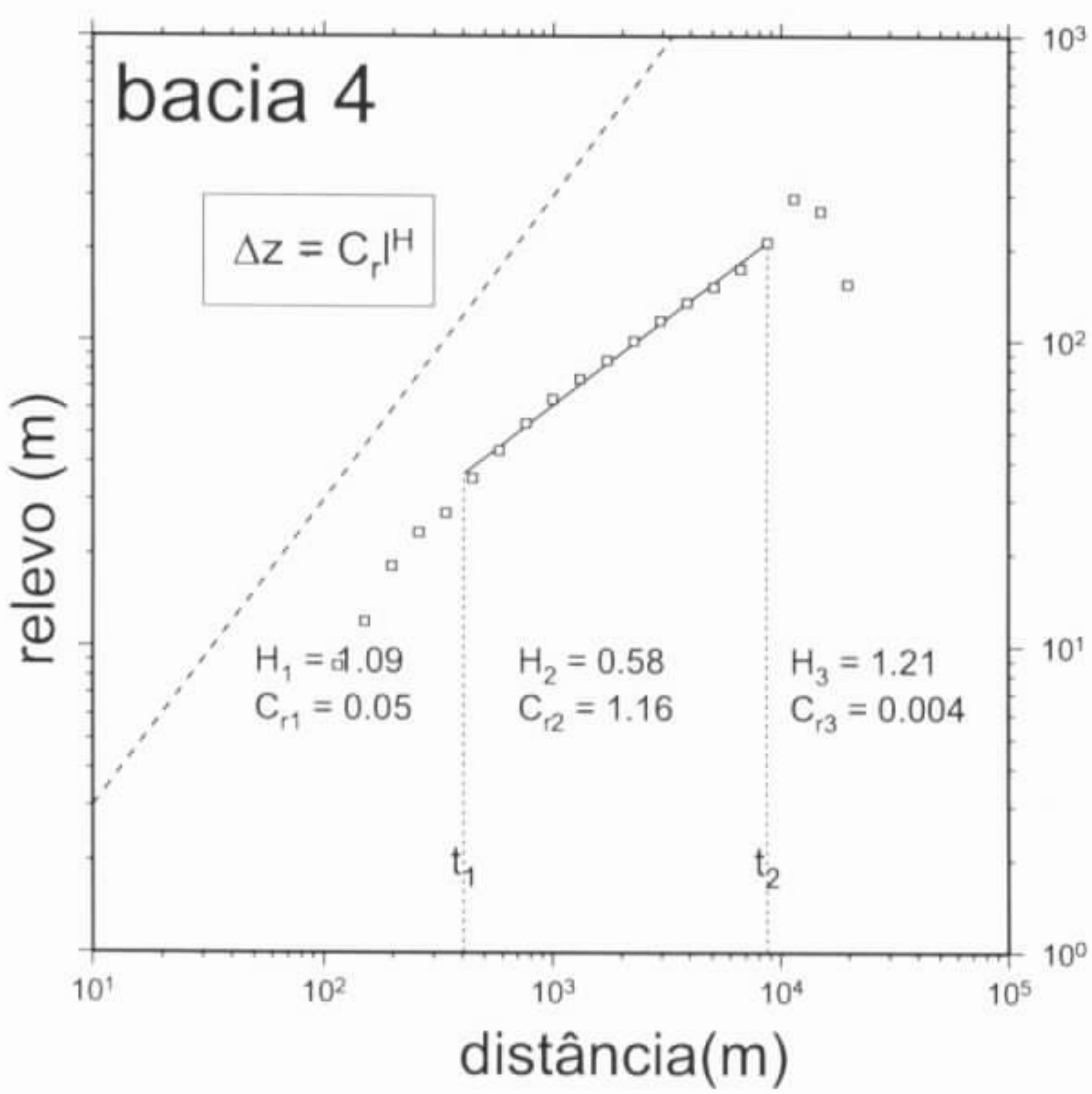
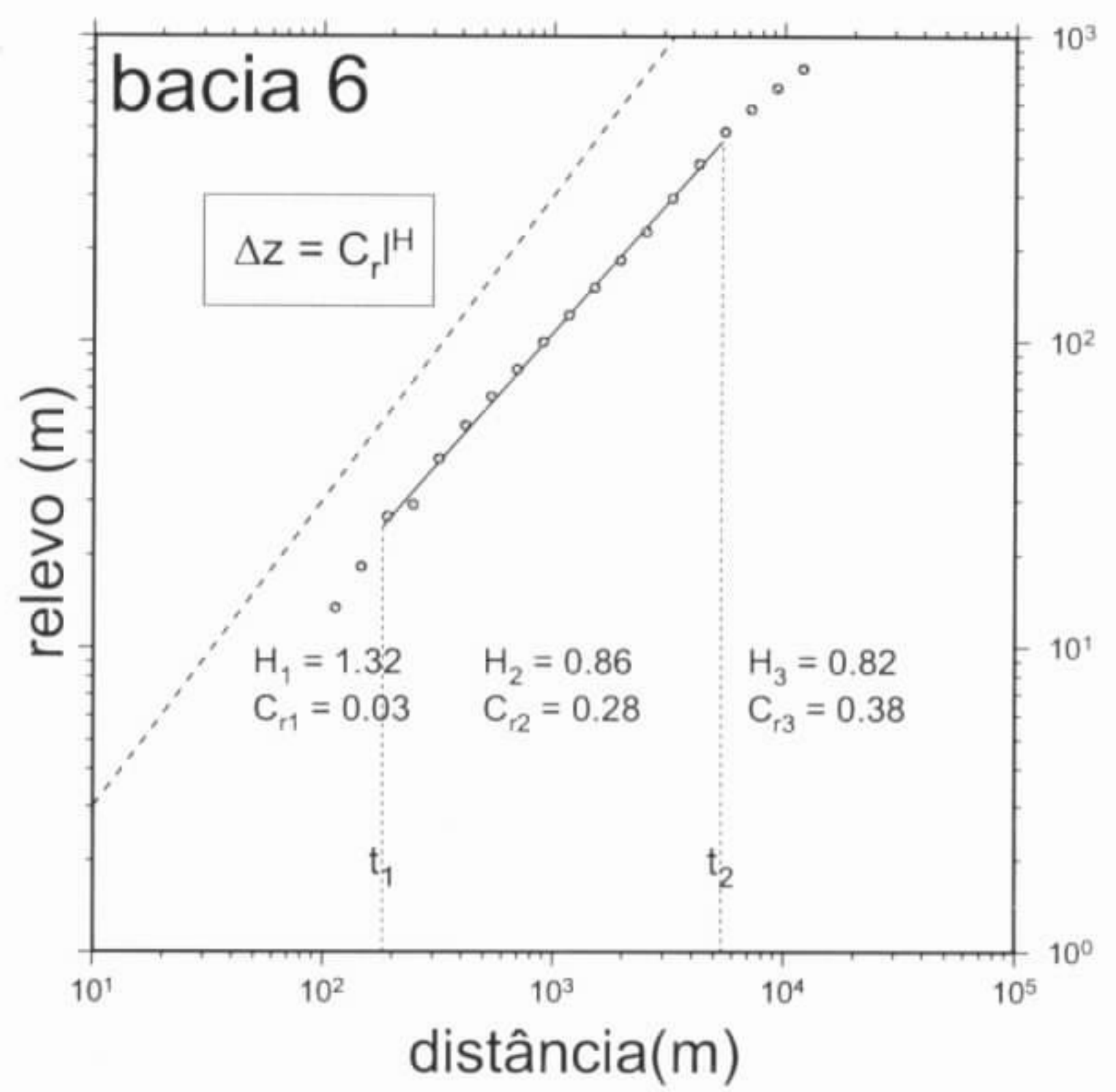
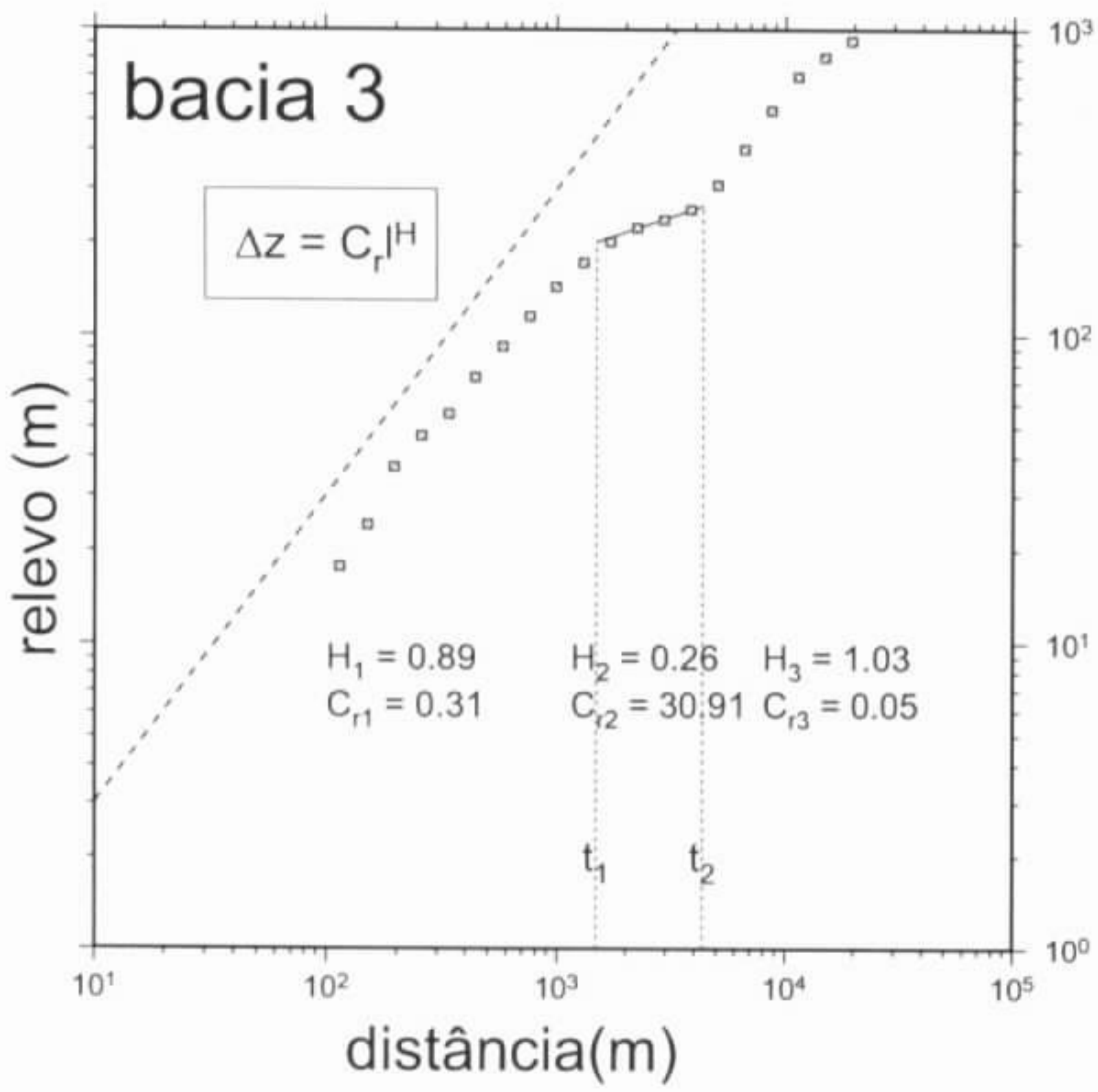
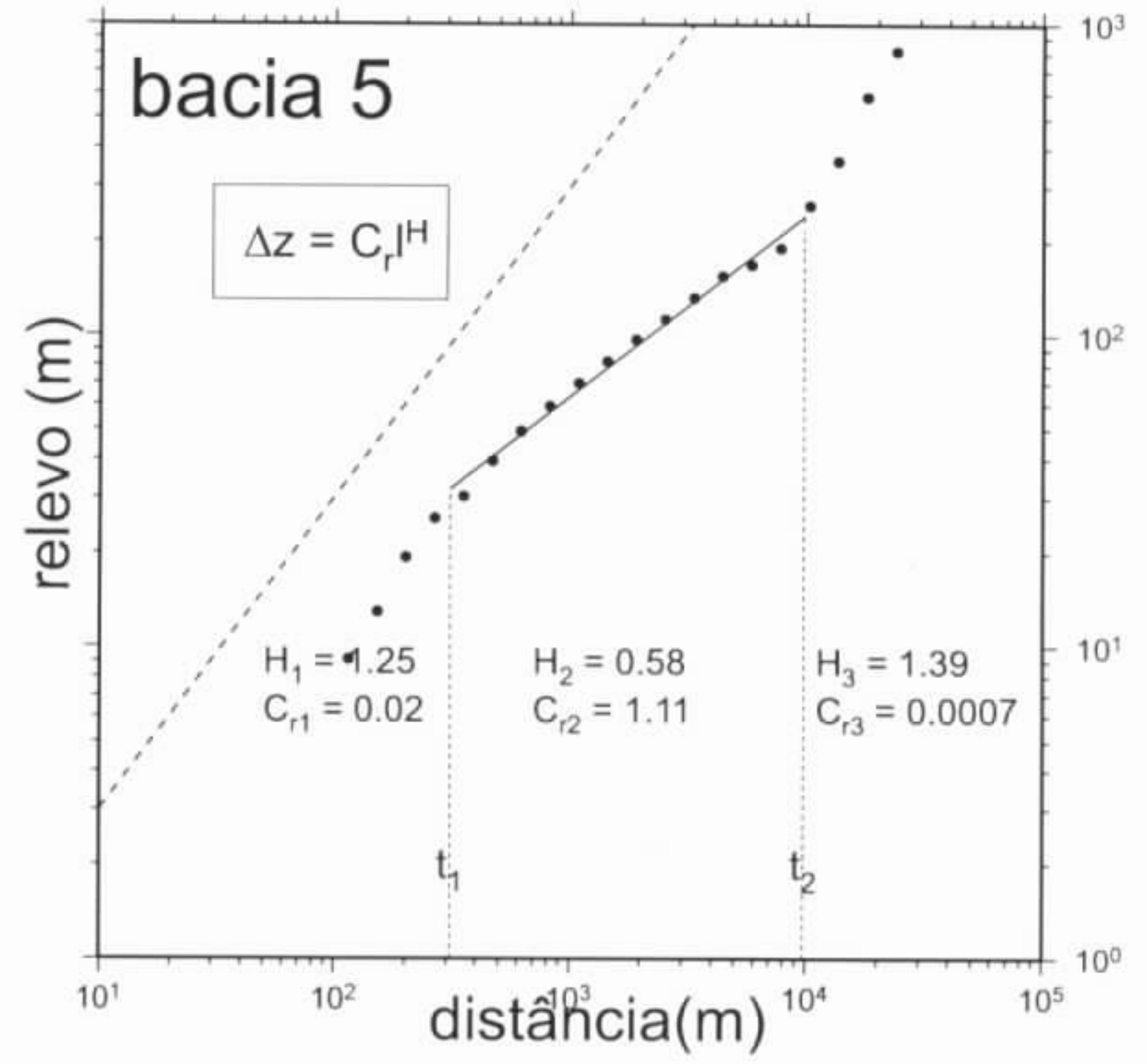
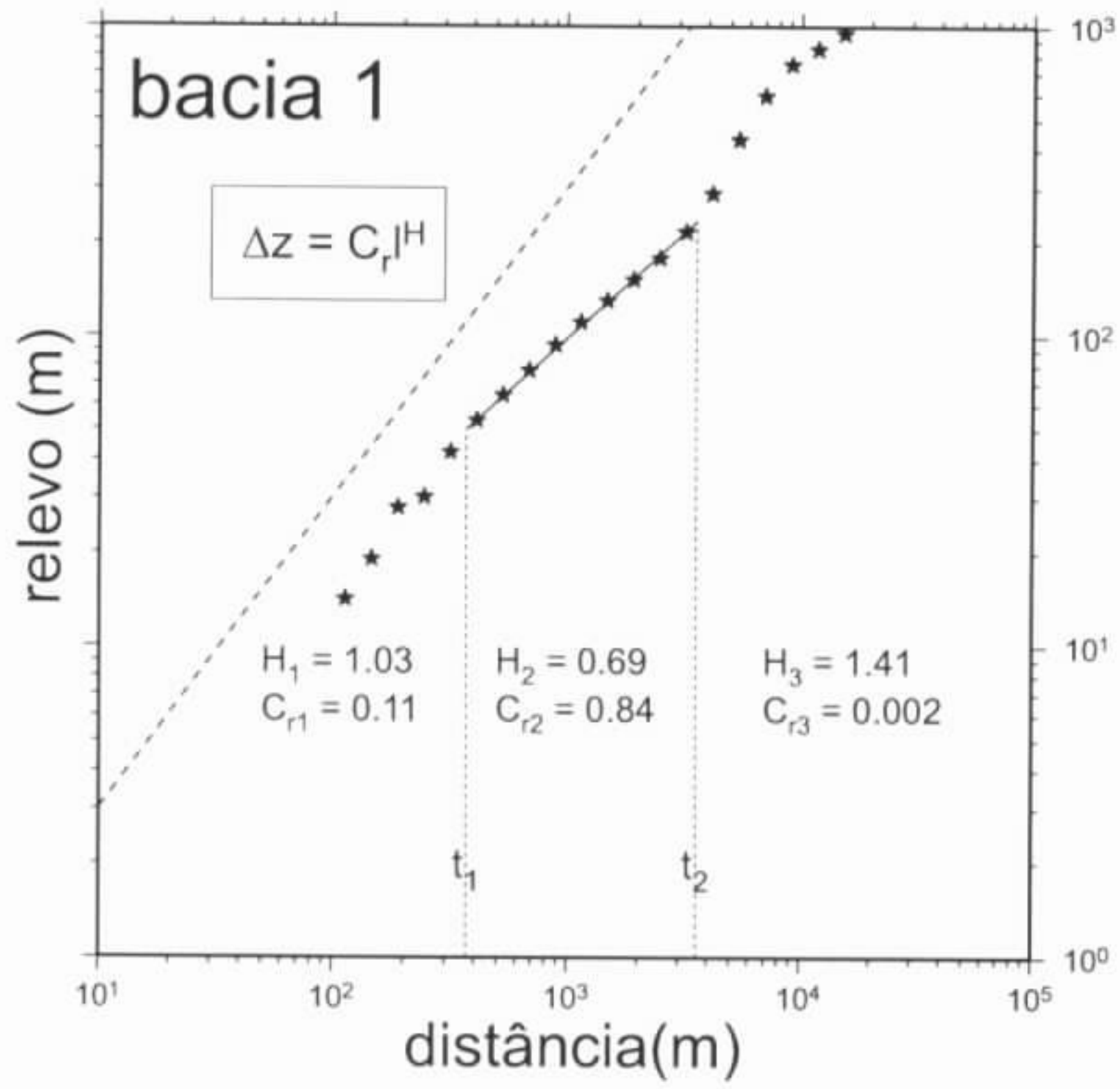


Figura 7. Variogramas relevo X distância das bacias da Serra do Mar. Coordenadas em escala logarítmica.

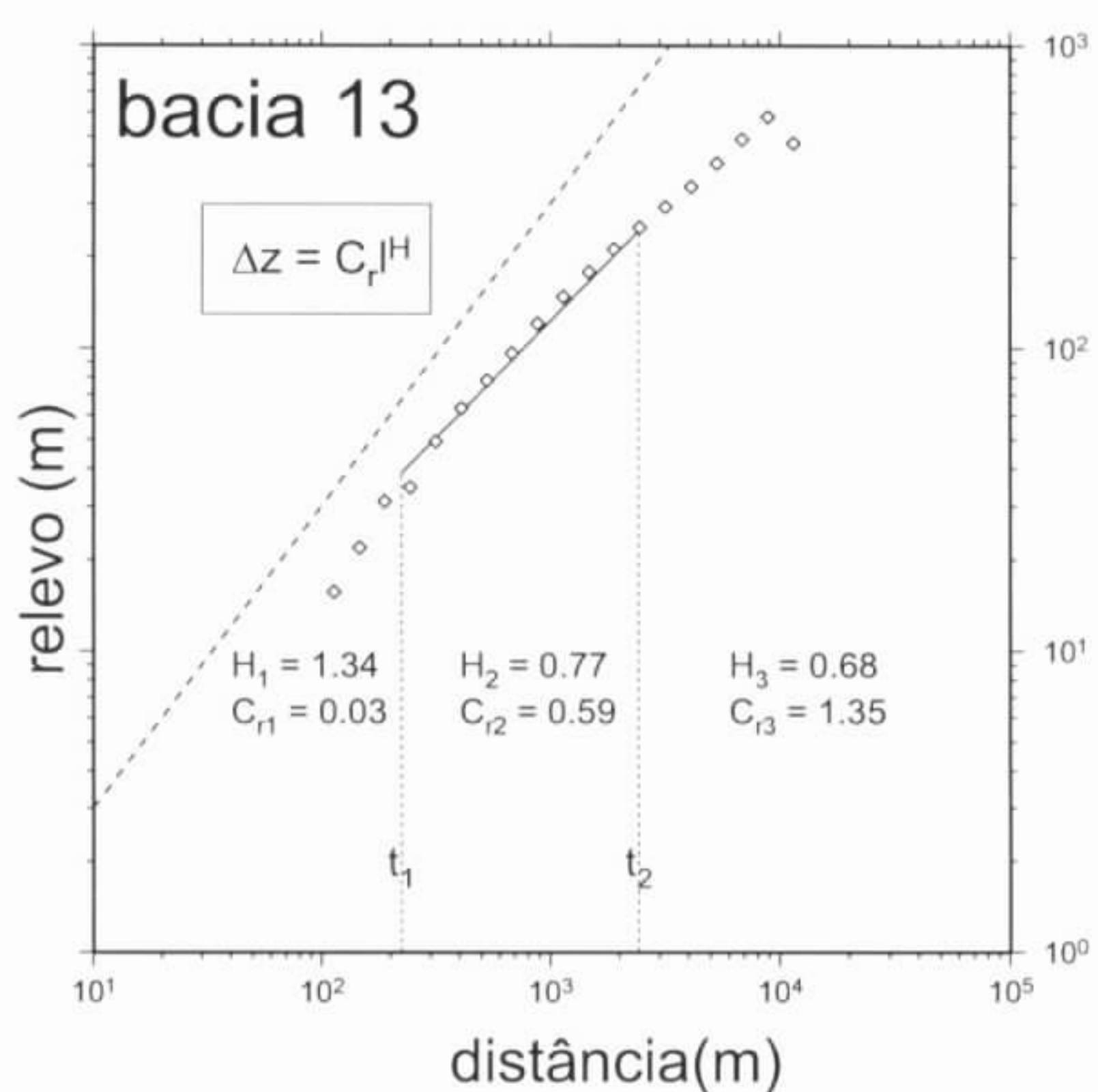
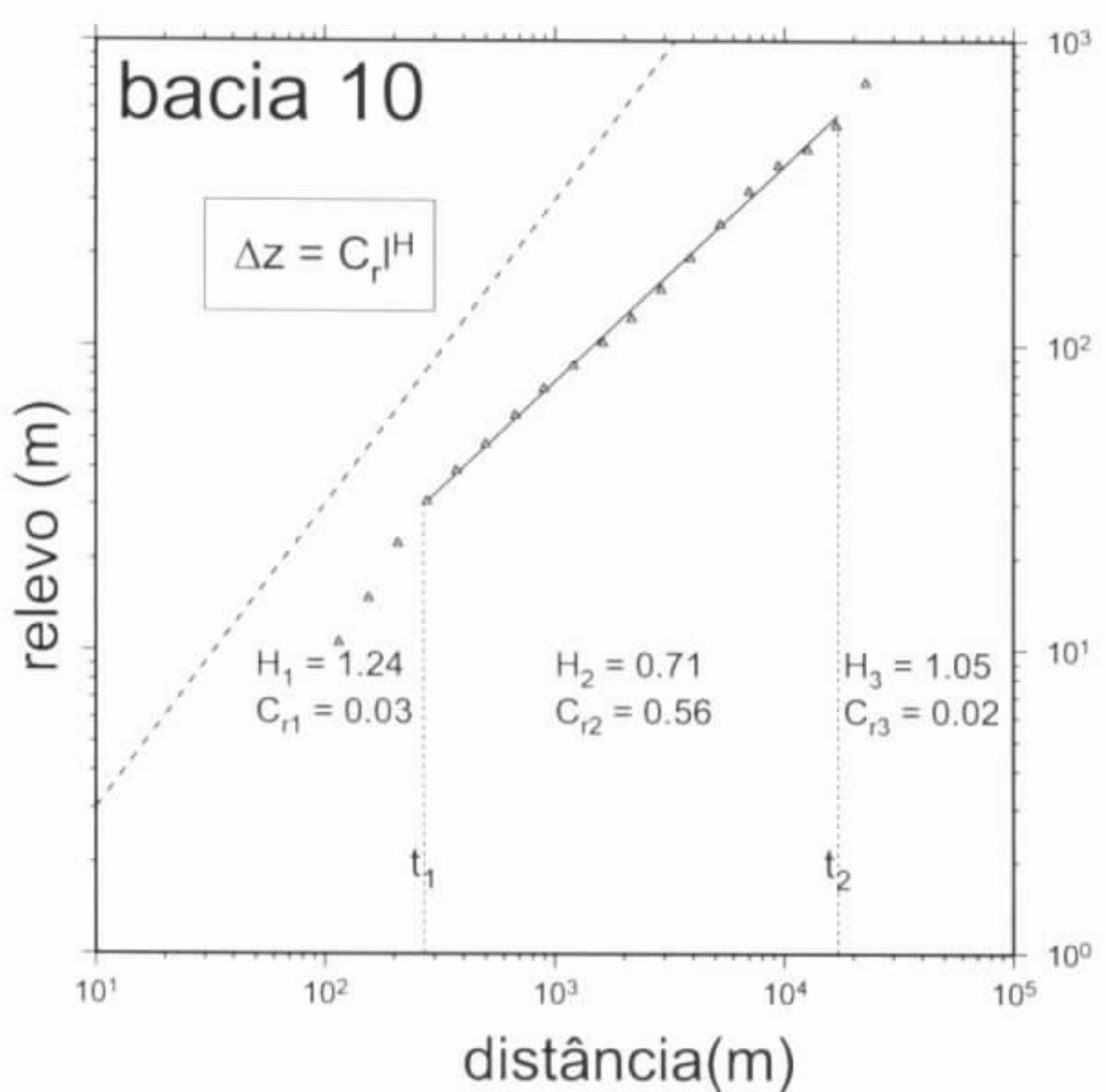
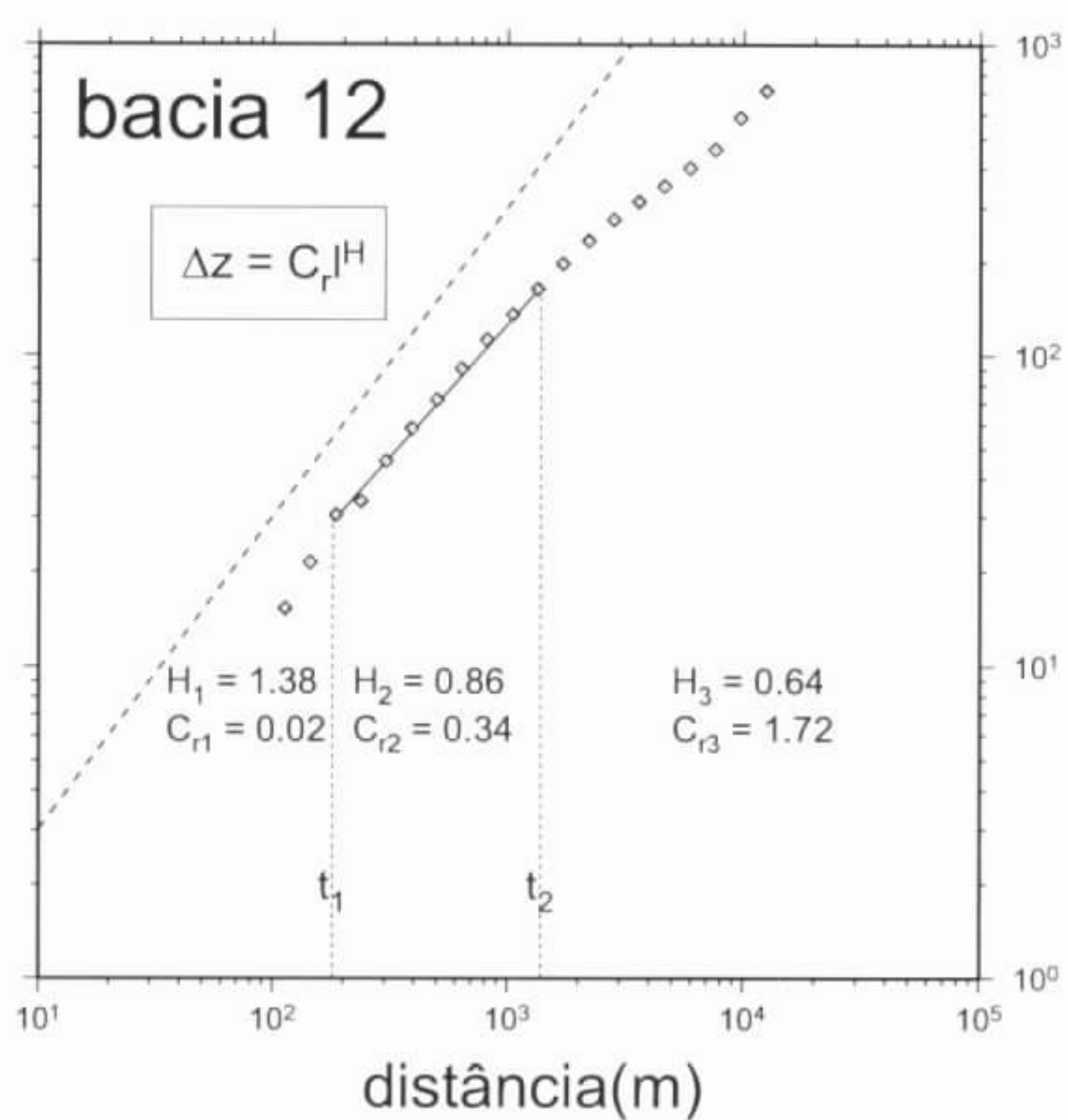
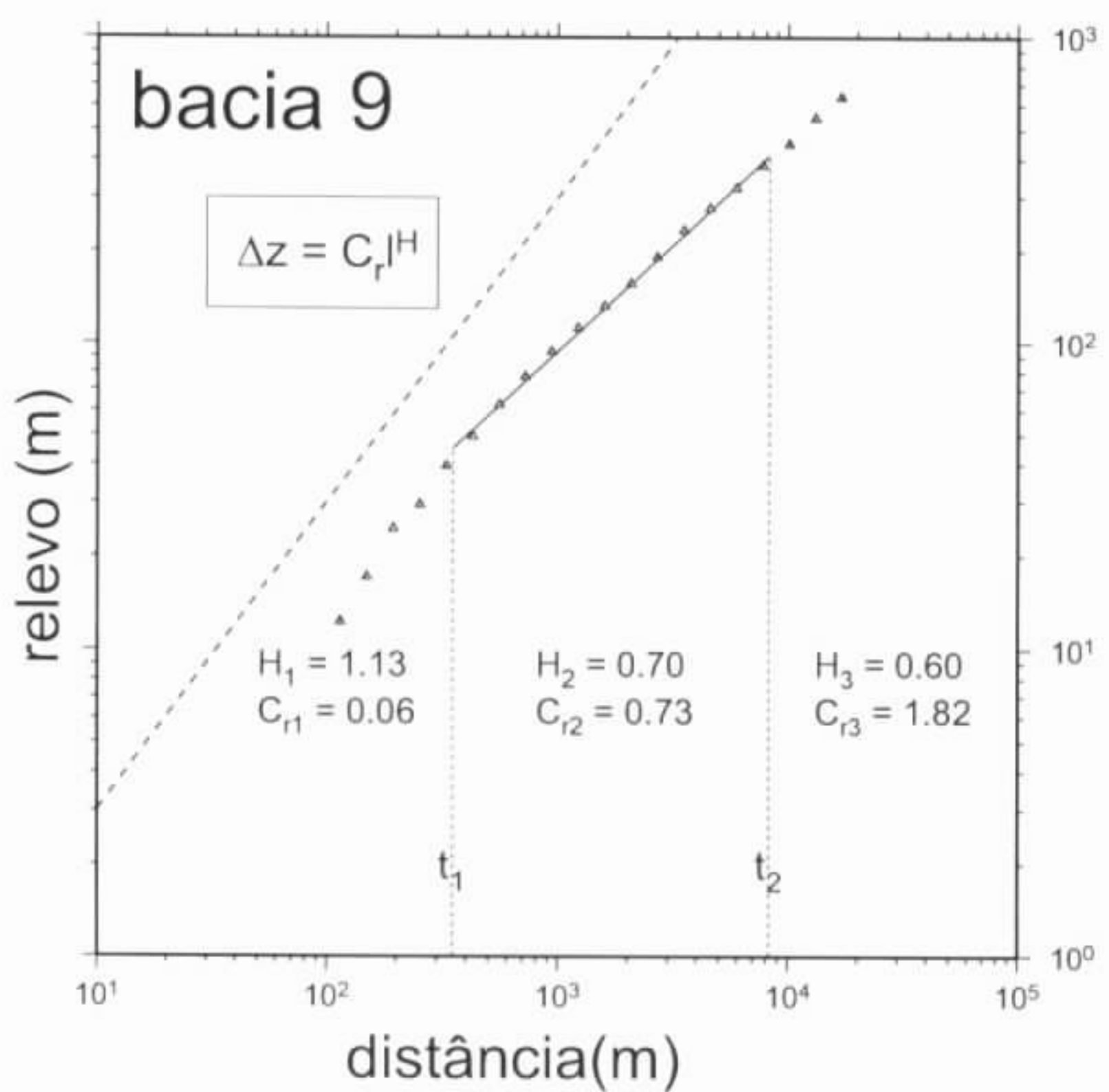
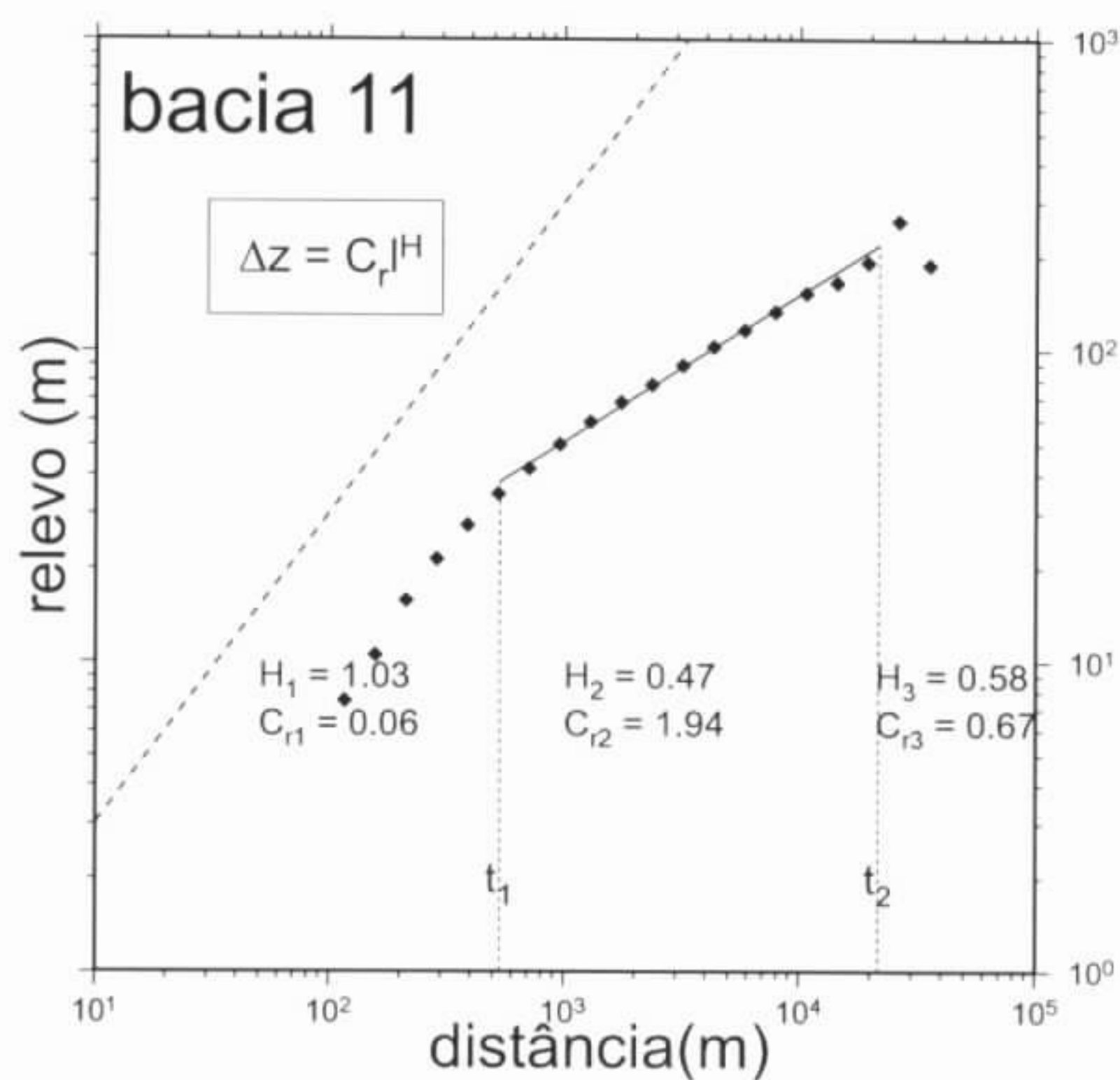
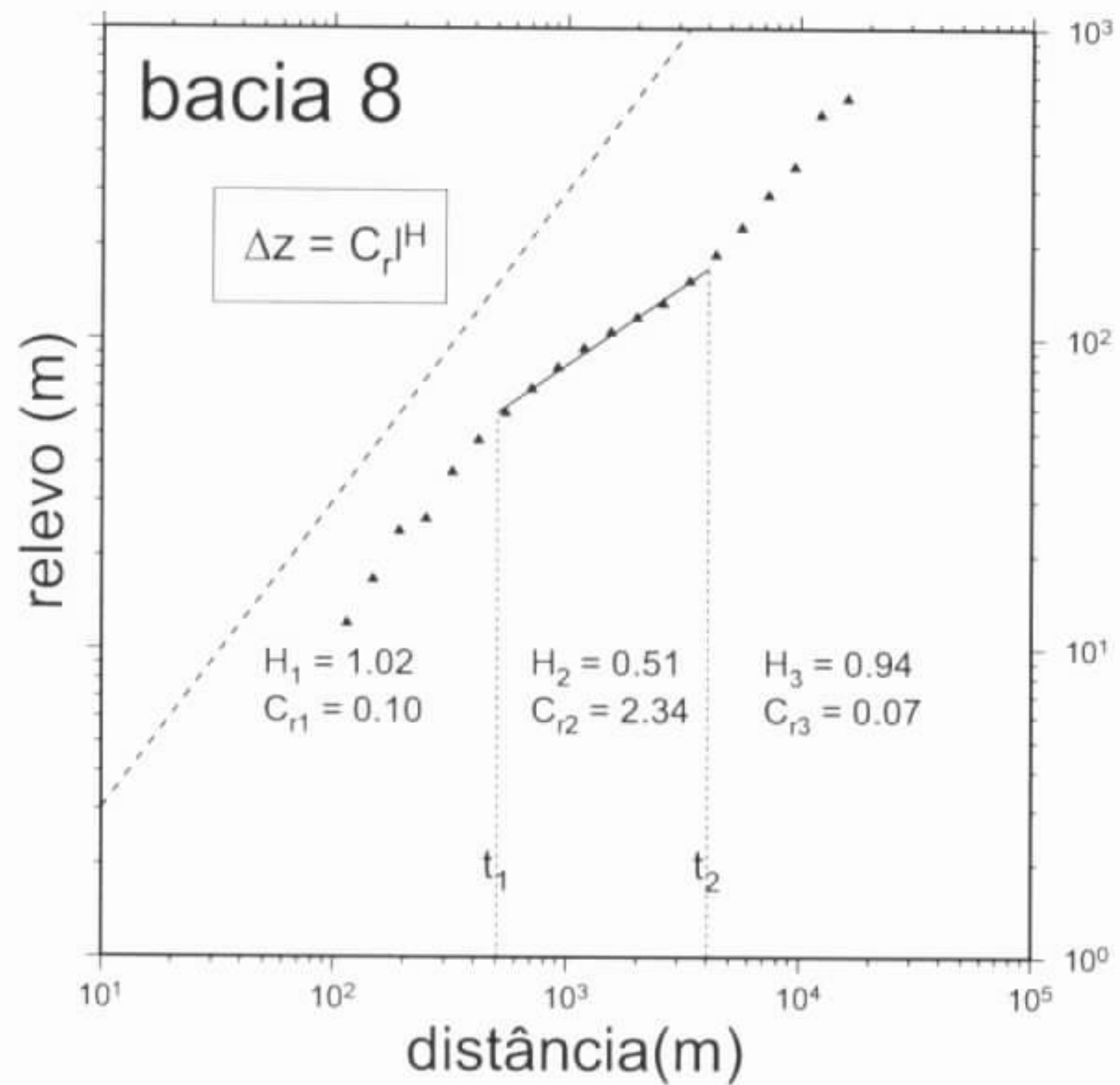


Figura 7 (cont.). Variogramas relevo X distância das bacias da Serra do Mar. Coordenadas em escala logarítmica.

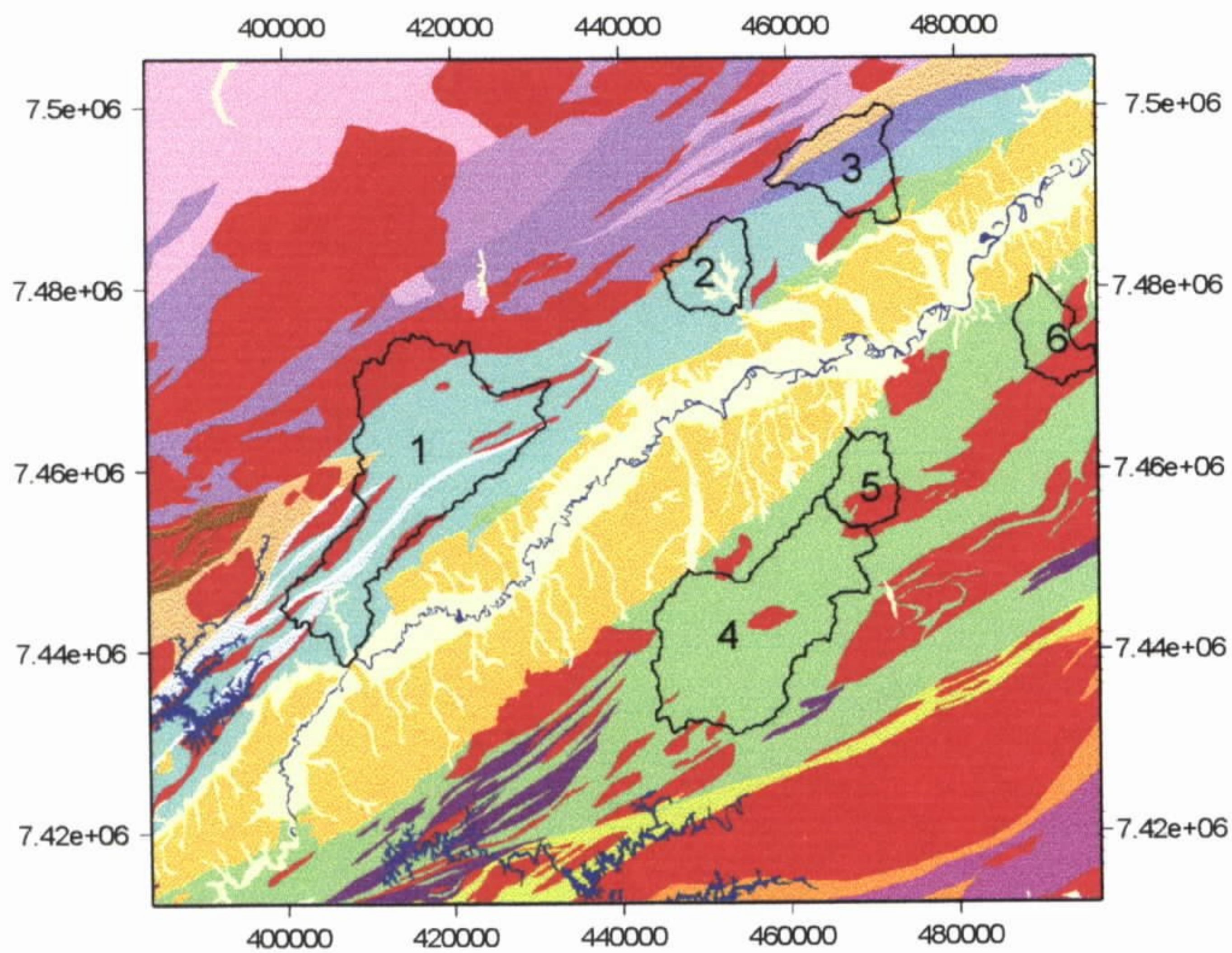


Figura 8. Detalhe do mapa geológico (mesma legenda da figura 3) mostrando as sub-bacias hidrográficas analisadas, traçadas na região da Bacia do Paraíba.

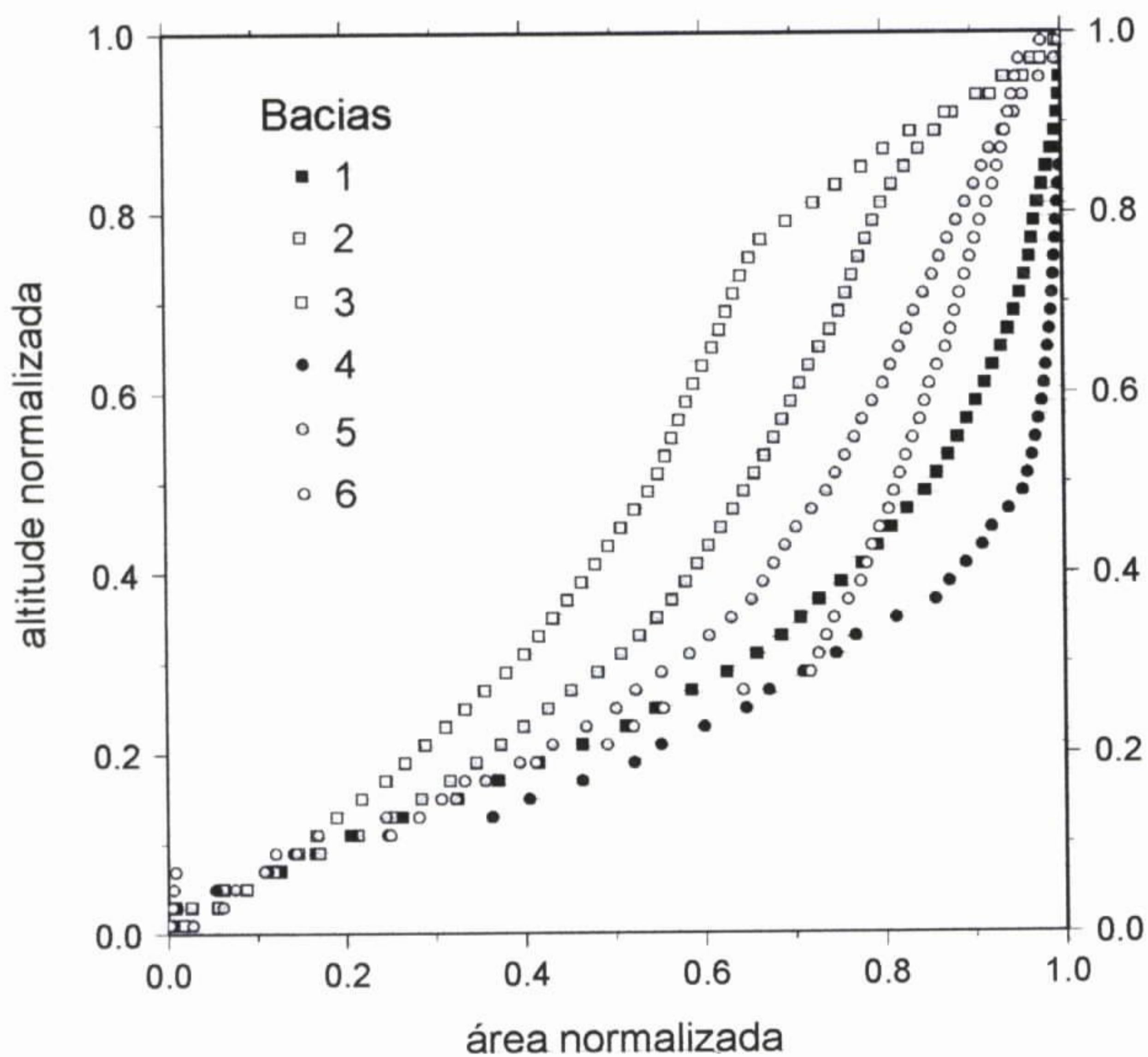


Figura 9. Curvas hipsométricas normalizadas das sub-bacias da Bacia do Paraíba

As sub-bacias traçadas no interior da Bacia do Paraíba estão mostradas na figura 8 e suas curvas hipsométricas na figura 9. Nota-se neste caso variações de comportamento que podem refletir as diferenças nas dimensões das bacias (por exemplo as bacias 1 e 4, maiores que as demais, mostram curvas mais côncavas). Por outro lado as bacias de mesmo tamanho apresentam curvas hipsométricas com tendência convexa a norte e côncava a sul da calha do Rio Paraíba.

Os variogramas distância x relevo calculados para essas bacias estão apresentados na figura 10, mas os resultados mais interessantes apareceram na construção de variogramas que levam em consideração os tipos litológicos em que se encontram as bacias (figura 11). Nota-se para as bacias a sul da calha do Paraíba um comportamento distinto para cada litologia, e a curva geral seria uma combinação de ambas. Já para as bacias a norte o comportamento da curva geral assemelha-se muito a qualquer das curvas relativas às litologias presentes, principalmente na micro-escala, isto é, neste caso a influência a litologia é muito menos importante. Este tipo de comportamento parece refletir um relevo relativamente mais imaturo e mais constantemente rejuvenescido na região a norte do que na região a sul da calha do Paraíba.

Com o objetivo de se estudar a continuidade das superfícies erosivas de aplainamento construiu-se os cortes paralelos às escarpas das serras (figura 12 *a* e *b*), que surpreendentemente indicaram uma aparente estruturação geral em blocos, provavelmente separados por estruturas verticais, e basculados para leste. Na tentativa de se testar esta hipótese recorreu-se aos arquivos do USGS, que possuem o MNT do planeta numa escala de amostragem de um ponto a cada 30 segundos, o que representa na nossa latitude um ponto a cada 870 m aproximadamente. Cortes paralelos à orientação das escarpas das serras na continuação sudoeste e nordeste da região estudada (figura 13), mostraram uma grande semelhança com os resultados anteriores, e sobretudo um claro paralelismo entre os blocos basculados das escarpas paralelas amostradas, e as estruturas que os limitam.

Paralelamente manipulamos ainda os dados do MNT mundial na escala de amostragem de 5 minutos (também integrante dos arquivos do USGS) que contém dados de batimetria. O MNT da América do Sul com relevo sombreado está mostrado ilustrativamente na figura 14.

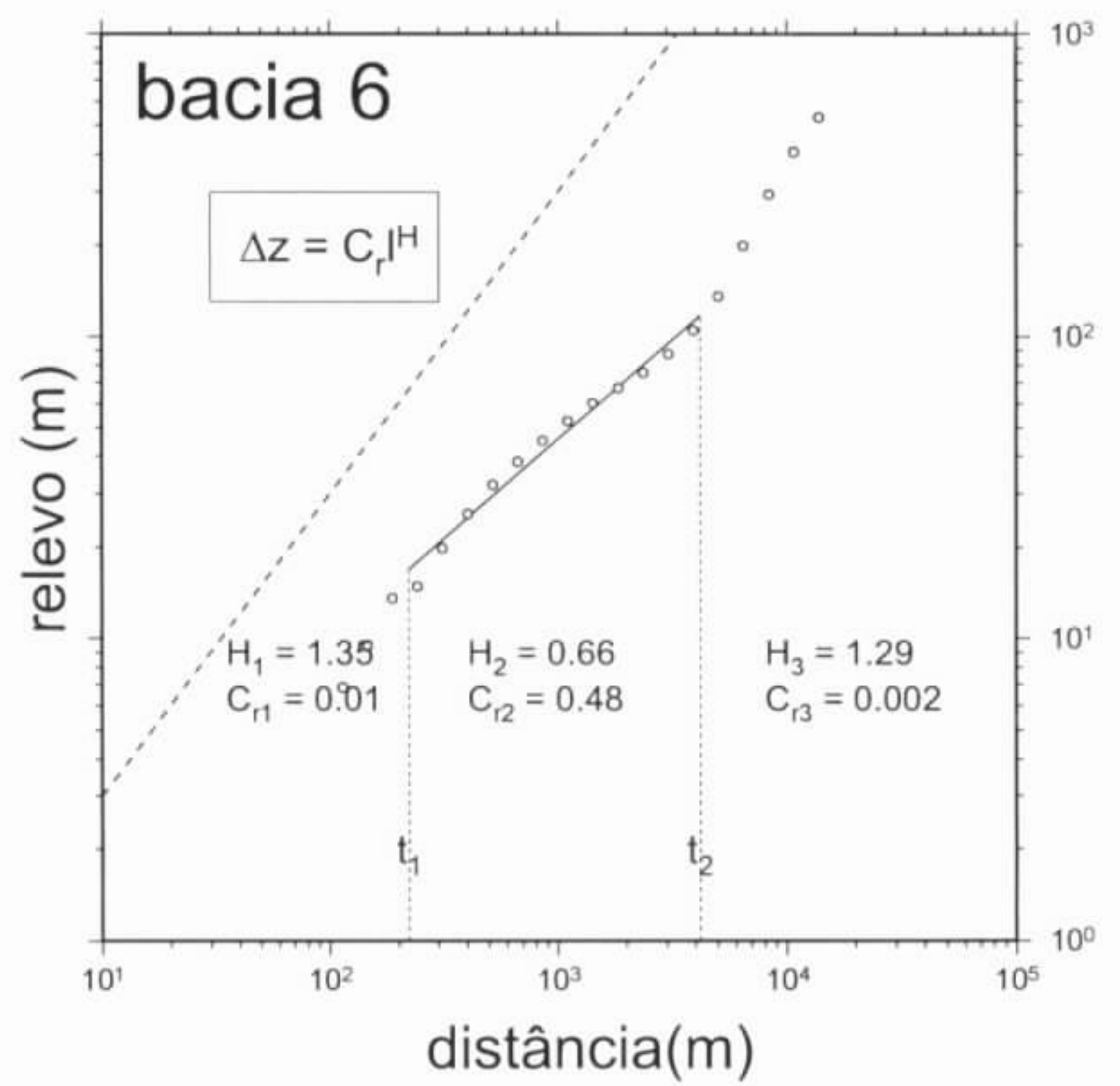
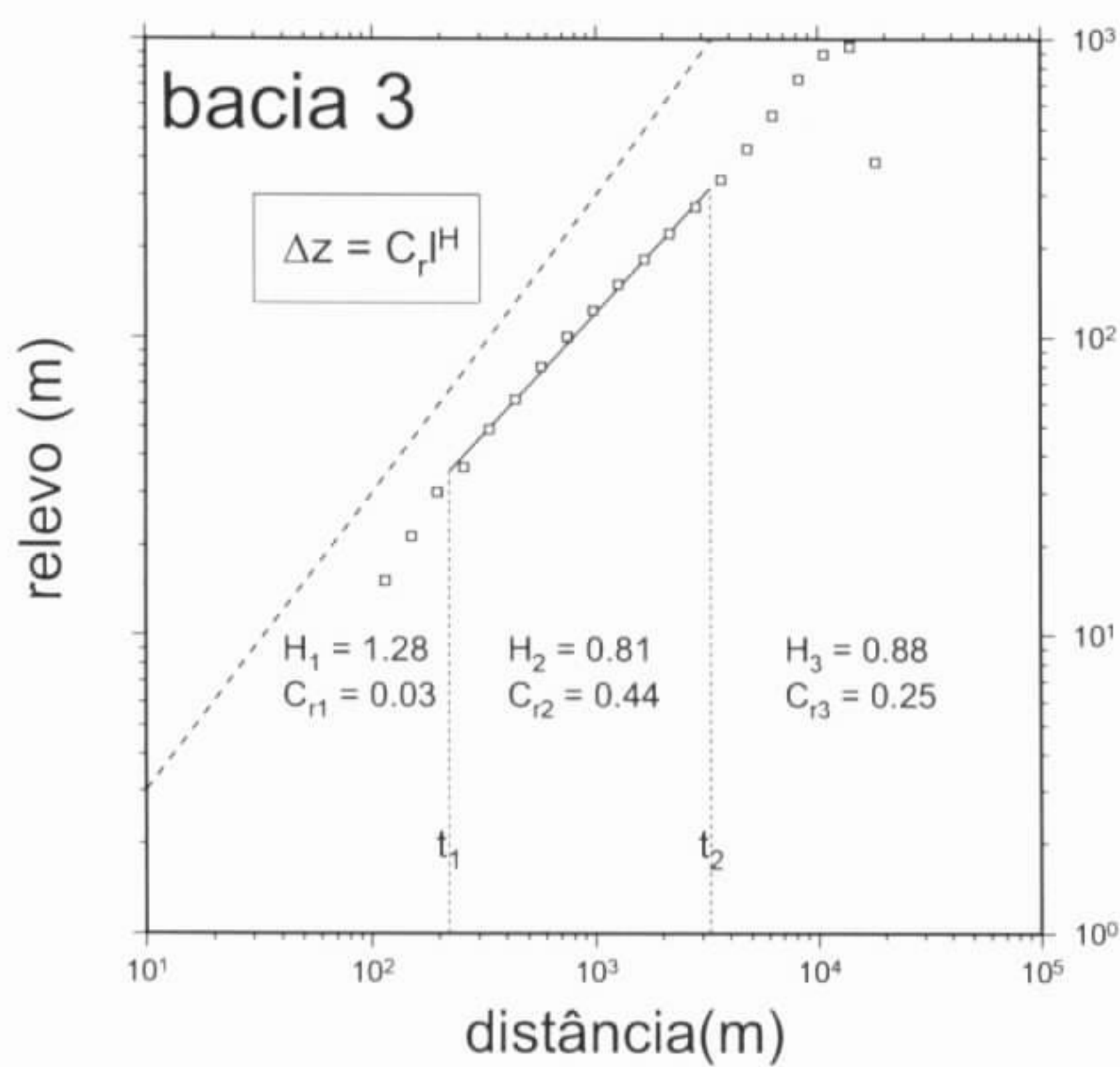
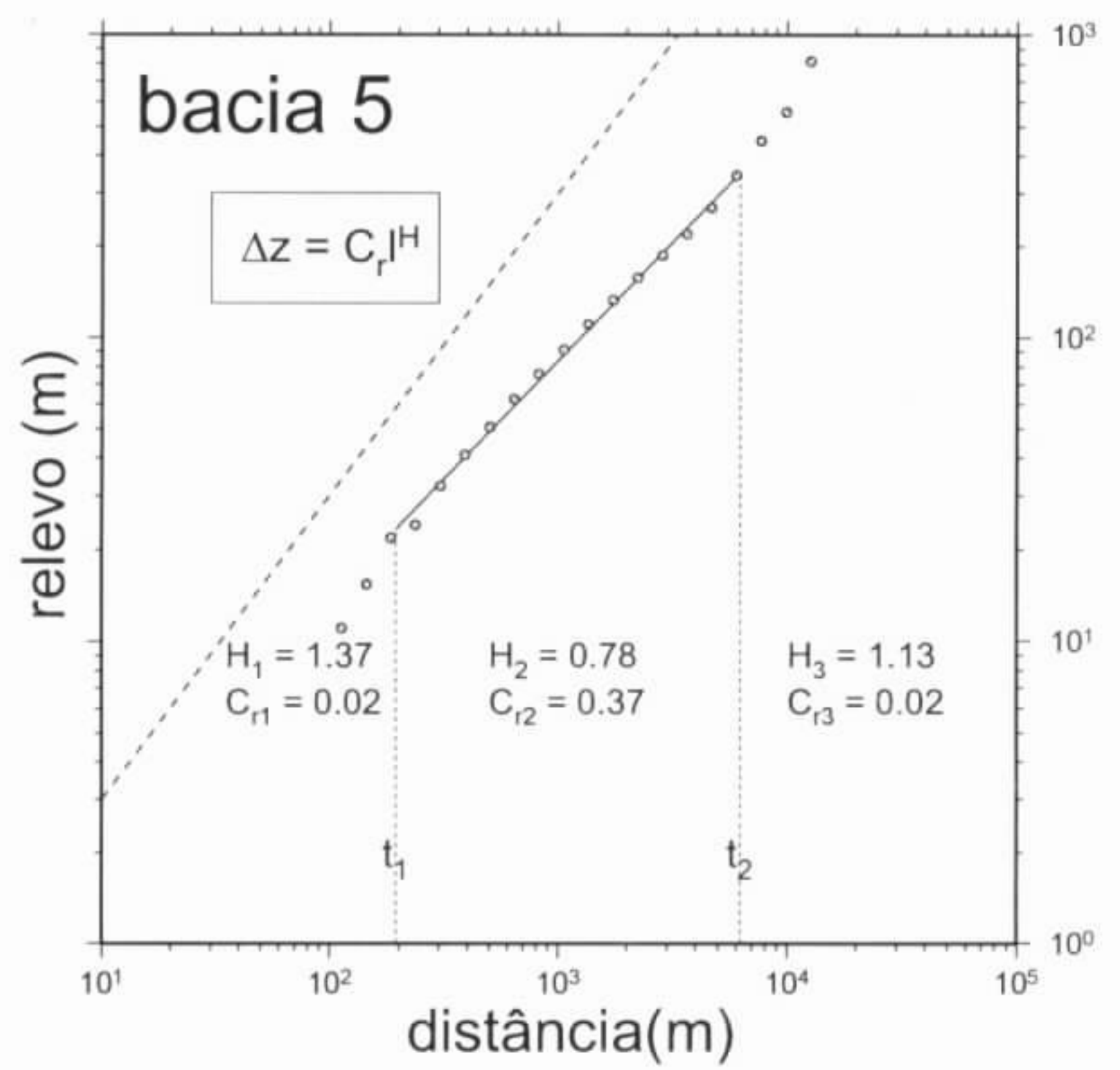
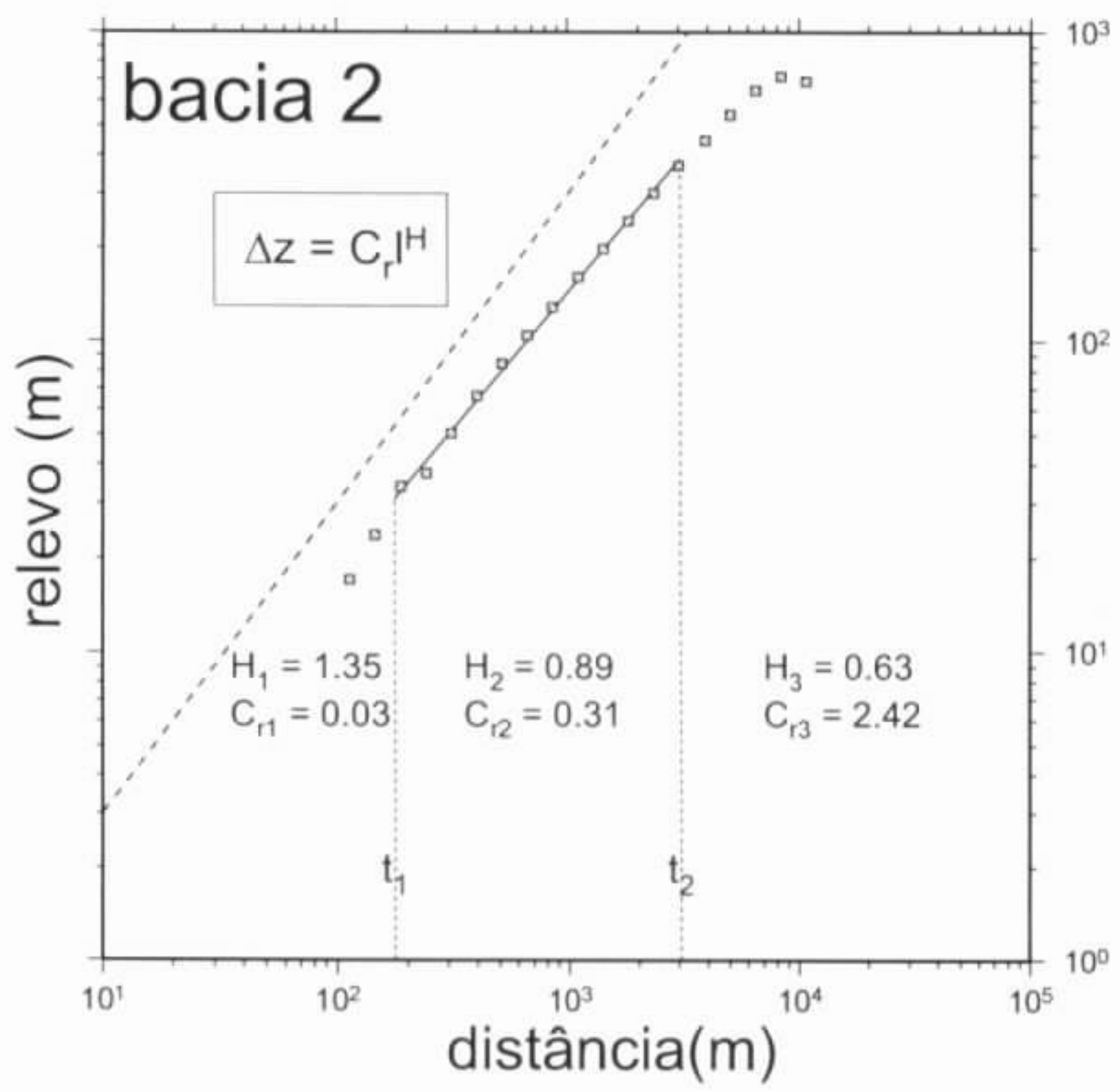
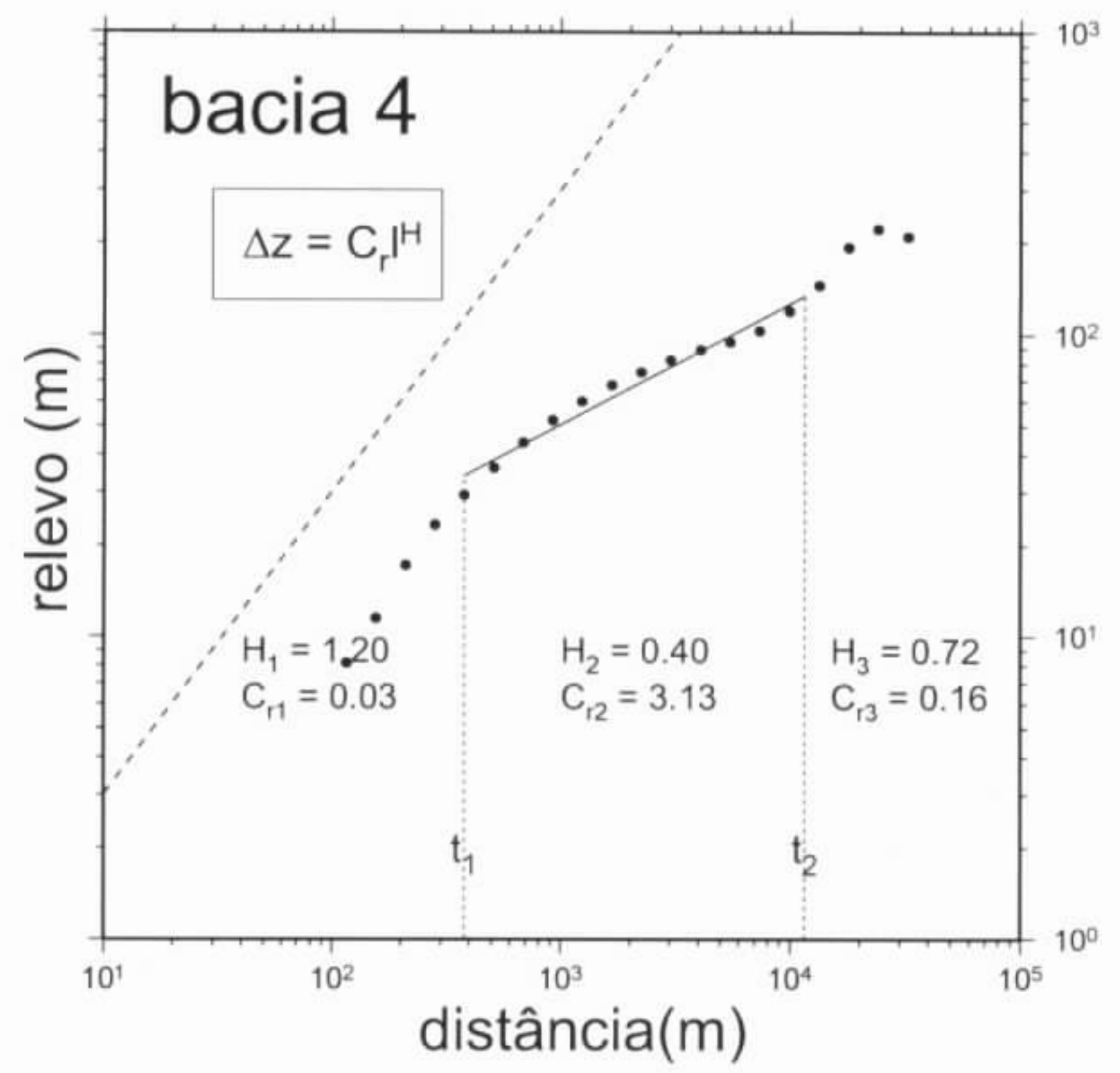
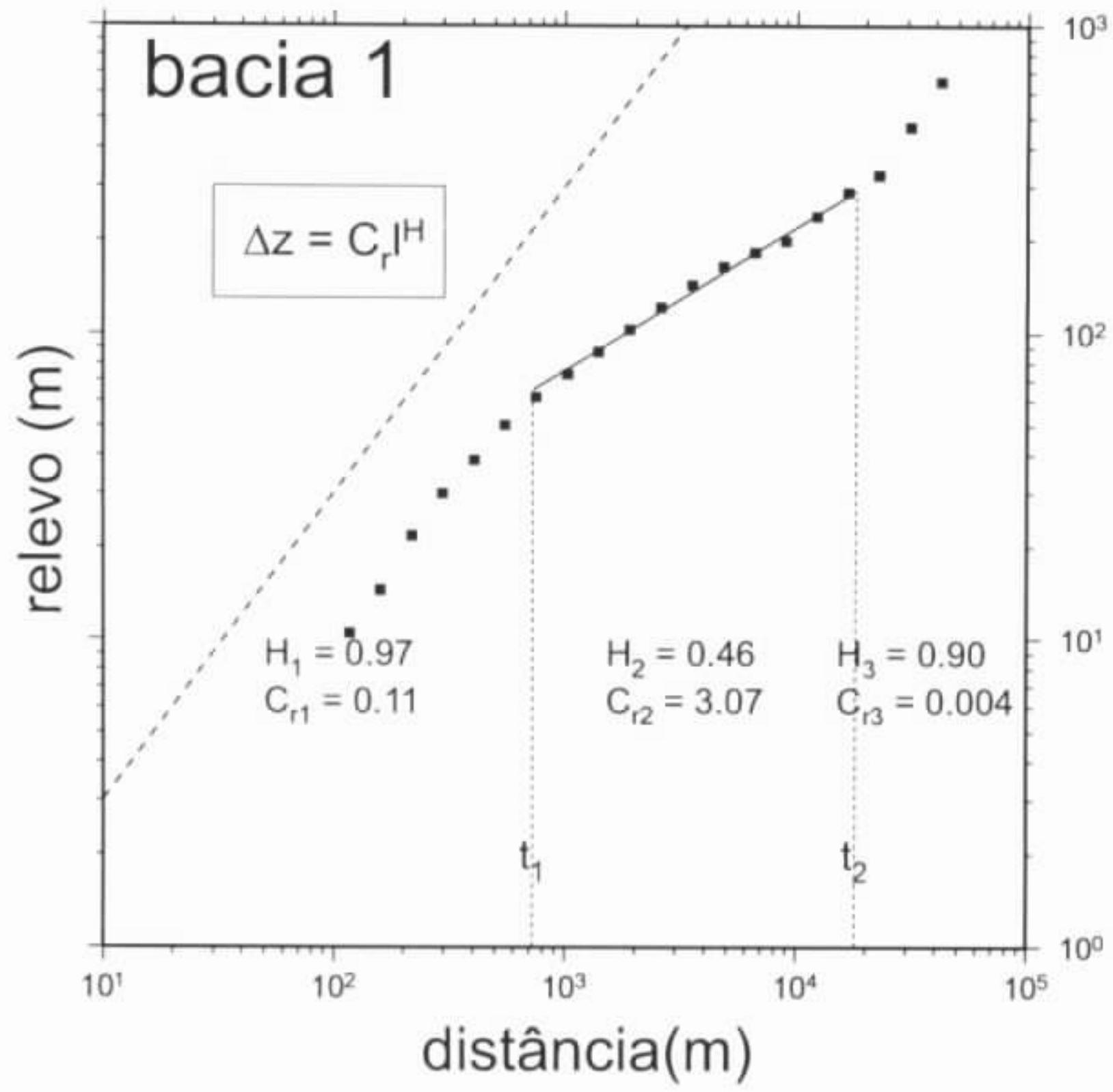


Figura 10. Variogramas relevo X distância das sub-bacias da Bacia do Paraíba. Coordenadas em escala logarítmica.

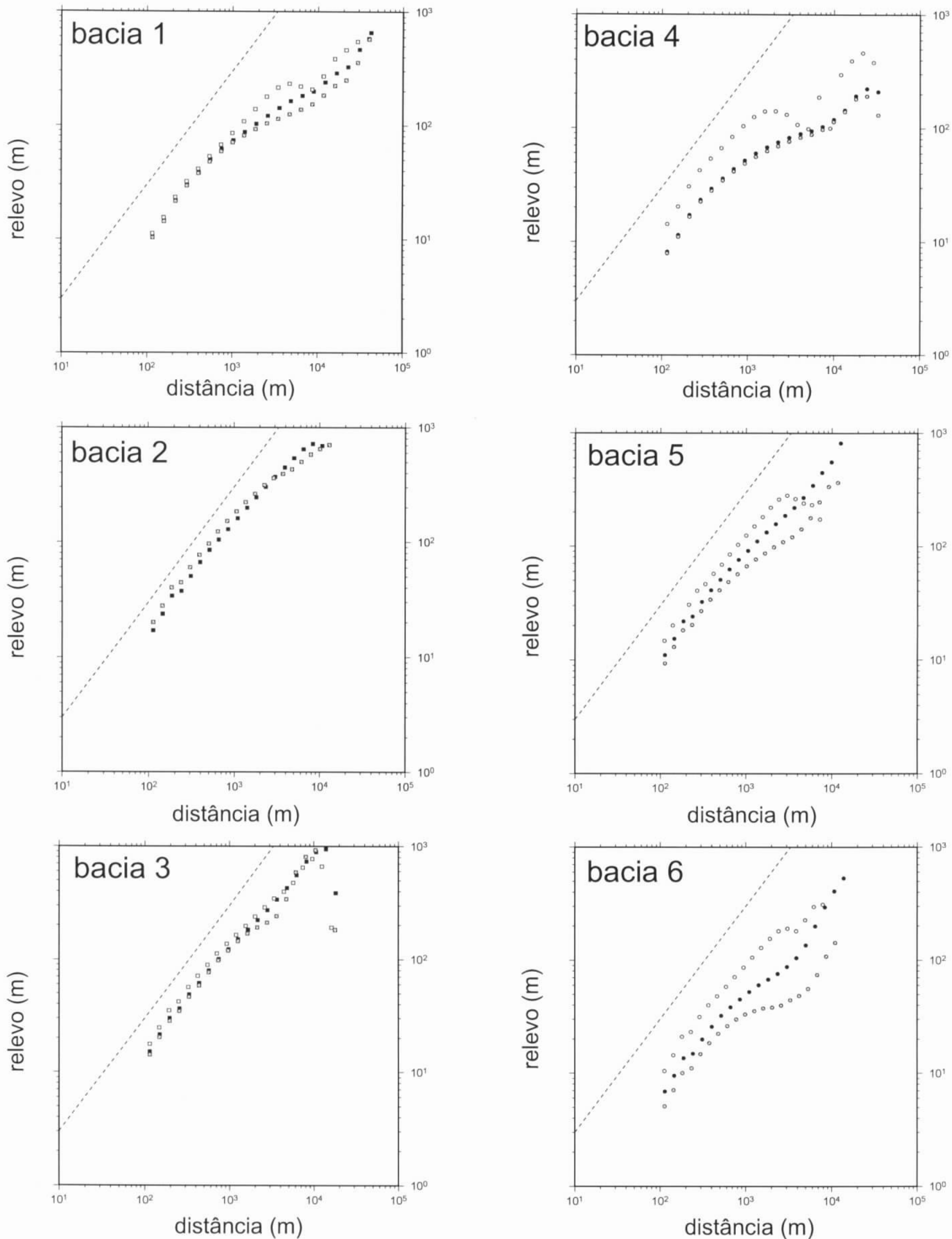


Figura 11. Variogramas distância X relevo das sub-bacias da Bacia do Paraíba. Coordenadas em escala logarítmica. Símbolos cheios: curva global da bacia, símbolos cinzas: curvas referentes a áreas de metassedimentos aflorantes, símbolos vazados: curvas referentes a áreas de granitóides aflorantes.

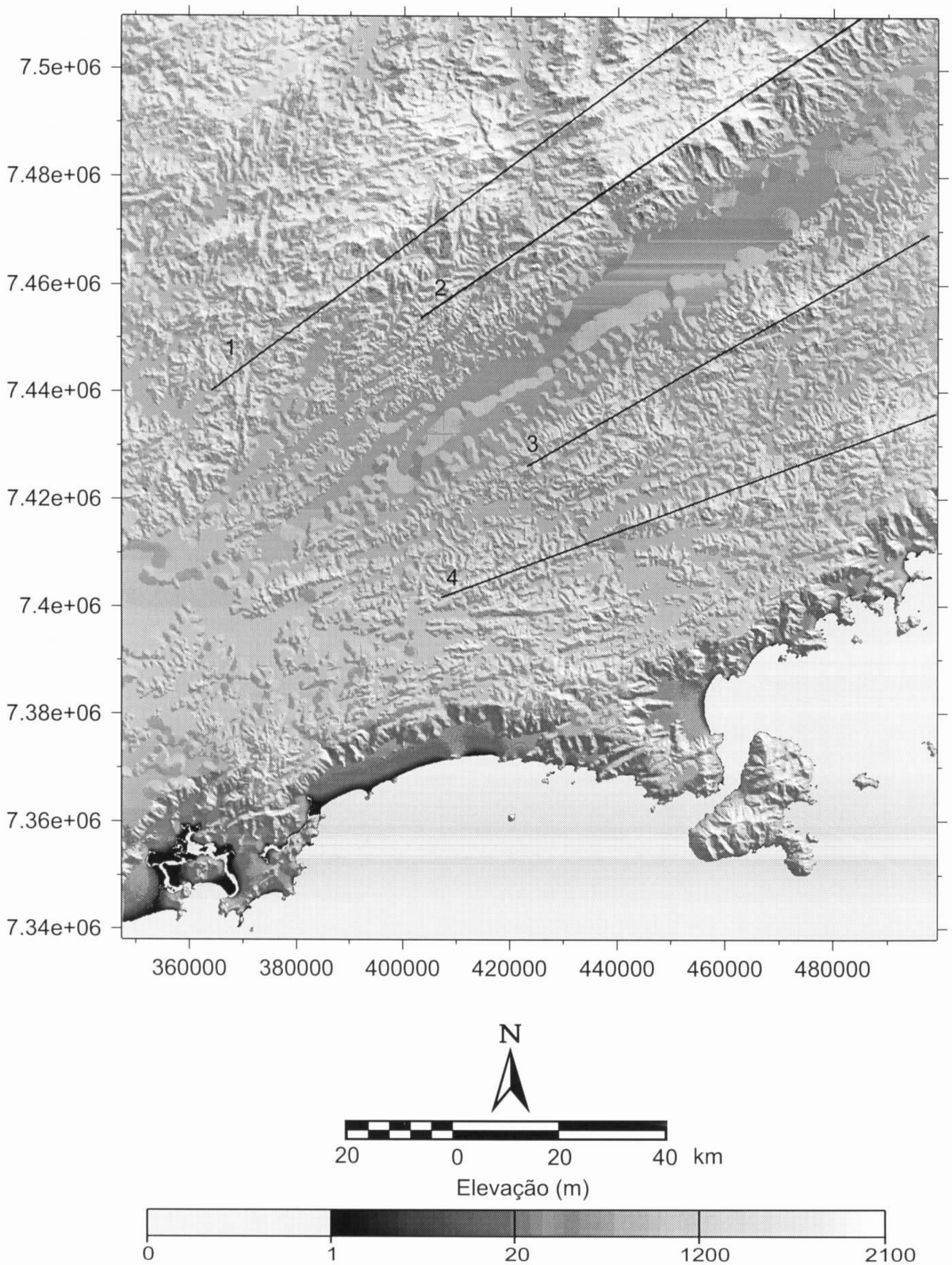


Figura 12a. Modelo Numérico de Terreno da região estudada com relevo sombreado e localização dos perfis paralelos às escarpas das Serras da Mantiqueira e do Mar.

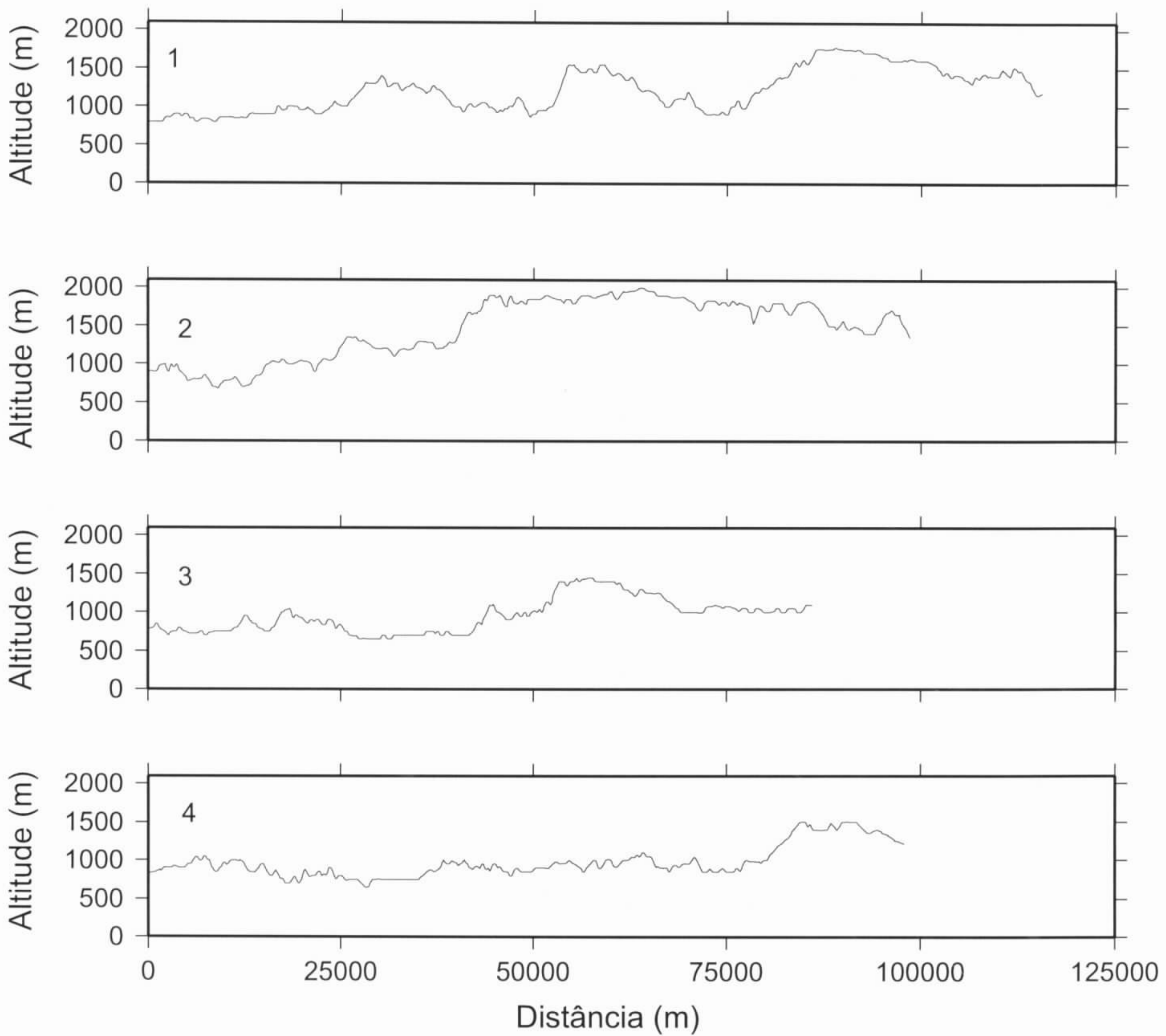


Figura12b. Perfis paralelos às escarpas das Serras do Mar e Mantiqueira. Localização na figura 12a.

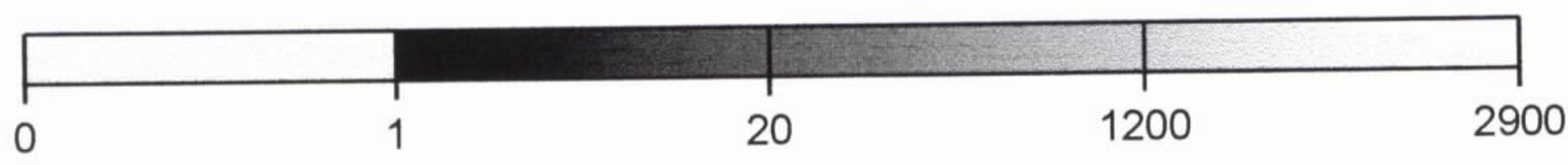
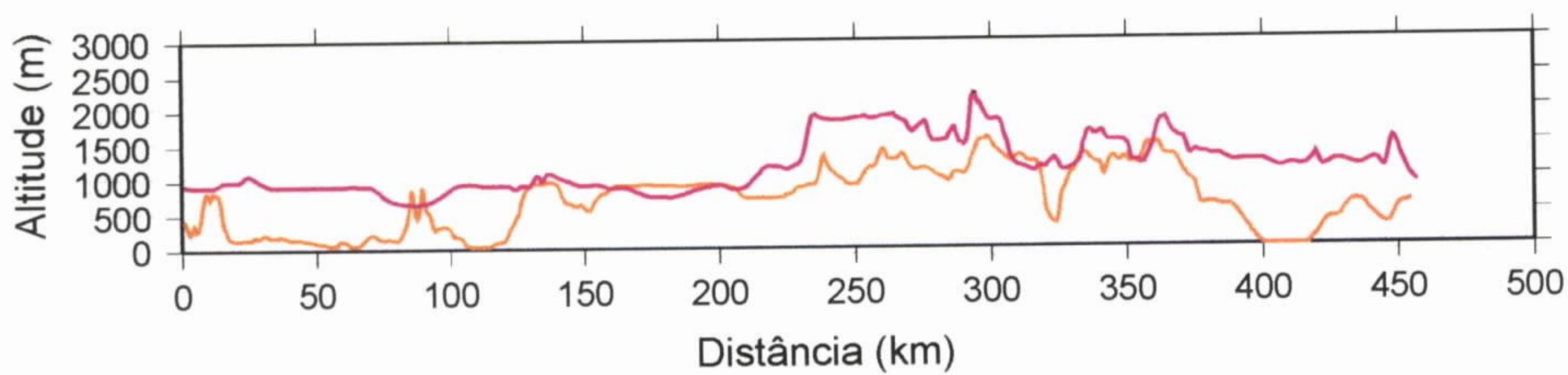
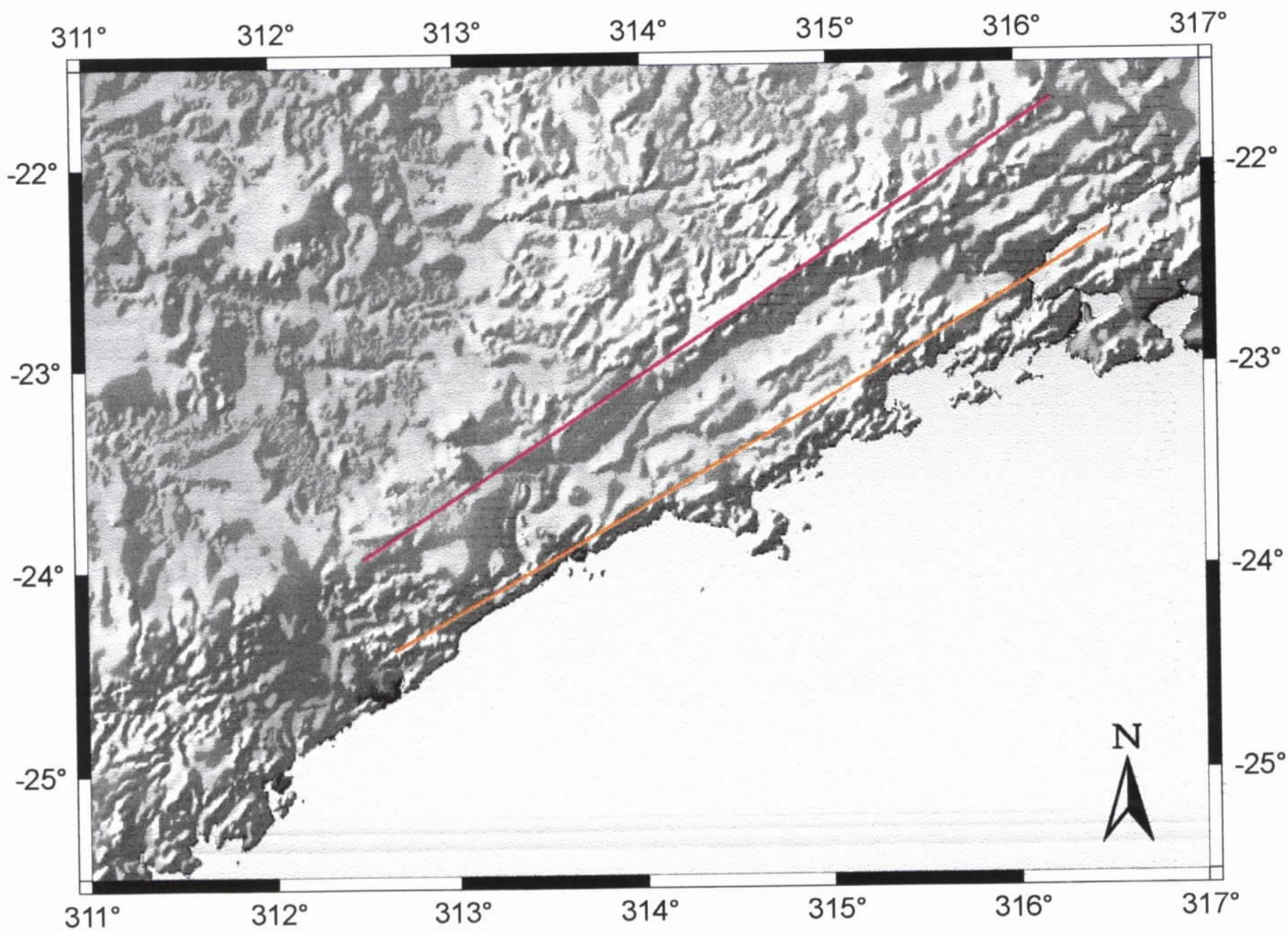


Figura 13. Topografia, com relevo sombreado, da região das Serras do Mar e Mantiqueira, numa área ampliada em relação à área de estudo, trabalhada a partir de dados do USGS, resolução de 30". Perfis paralelos à orientação das escarpas.

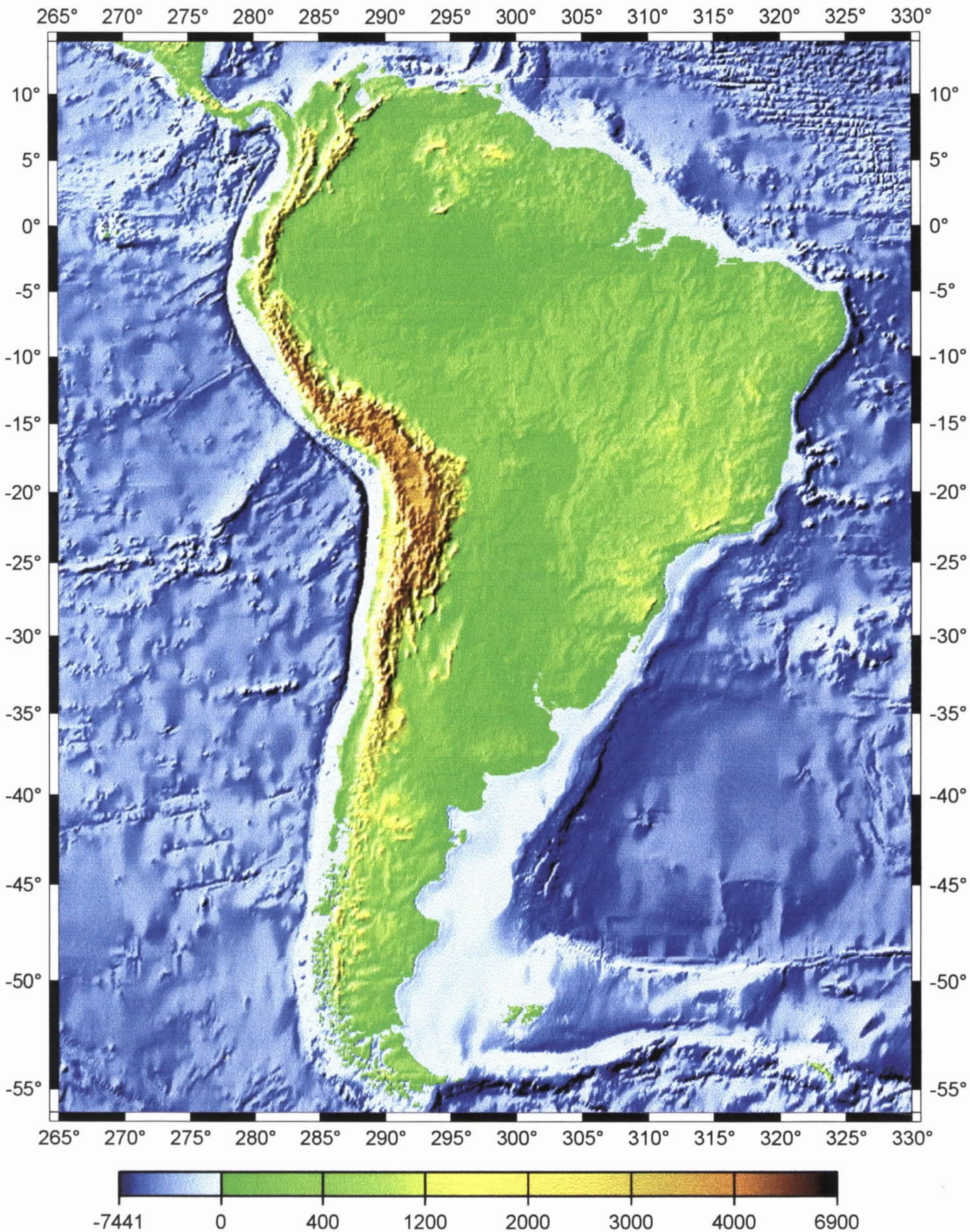


Figura 14. Topografia da América do Sul trabalhada a partir de dados do USGS com resolução de 5 minutos.

VI. PERSPECTIVAS

Publicações: No presente momento estou trabalhando em dois artigos relativos aos temas desenvolvidos e resultados obtidos neste estágio de aperfeiçoamento.

Aplicação dos conhecimentos adquiridos: Em andamento na SUREG-SP, o Projeto Mogi-Pardo, em convênio com a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, já conta com o Modelo Numérico de Terreno da região abrangida preparado para modelagem. Em se tratando de um projeto relativo a unidades administrativas definidas segundo bacias hidrográficas, os já conhecidos comitês de bacias, acreditamos que a aplicação dos conhecimentos adquiridos poderá contribuir significativamente na evolução deste e outros projetos de mesmo cunho.

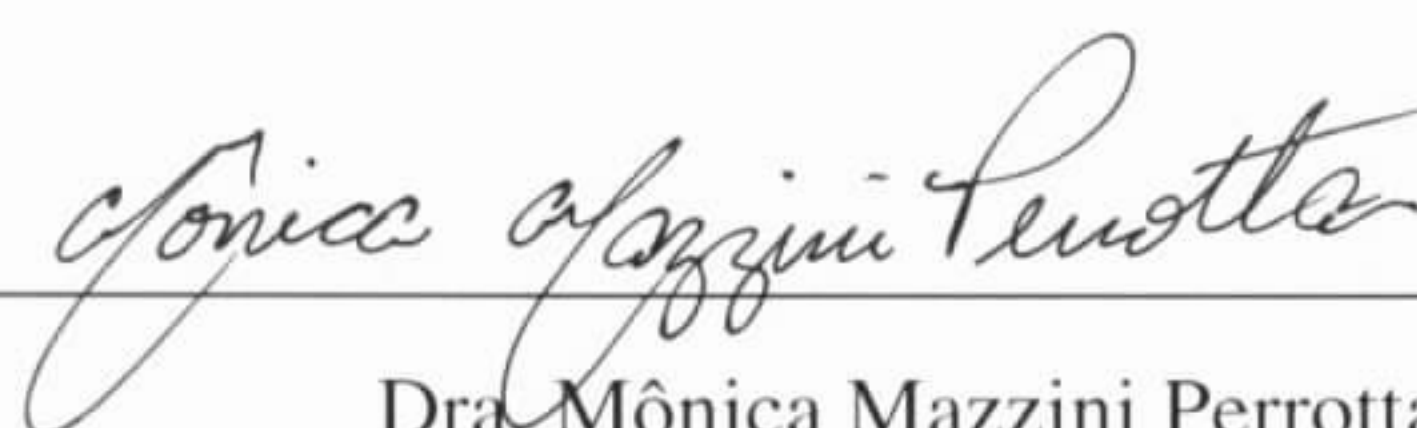
VII. AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Laboratoire de Geophysique et Tectonique do ISTEEM na pessoa do seu chefe Prof. Dr. Marc Daignieres , ao Prof. Dr. Francis Lucazeau, Dr. Jean-Emmanuel Hurtrez, Dr. Jean Braun e Prof. Dr. Renaud Caby pelo aprendizado das técnicas e produtivas discussões, à bibliotecária Françoise Pialoux e ao analista de sistemas Michel Peyret.

Sou muito grata à CPRM -Serviço Geológico do Brasil que possibilitou a realização deste estágio em especial ao Dr. Carlos Oiti Berbert, Dr. Juarez Milman Martins e senhor Samir Nahass, aos colegas Msc. José Carlos Garcia Ferreira (superintendente da SUREG-SP), Msc. Luiz Antonio Chierigati (gerente) pelo empenho na viabilização deste estágio, e aos colegas Msc Silvia Maria Morais, Msc. Paulo César Santarém da Silva e Eng. Ruy Edy Iglesias da Silveira pela cessão e envio de dados.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LUCAZEAU, F. & HURTREZ, J.E. 1997. Length-scale dependence of relief along the south eastern border of Massif Central (France). *Geophys. Res. Lett.*, **24**, 1823-1826.
- RICCOMINI, C. 1989. O Rift Continental do Sudeste do Brasil. *Tese de doutoramento*. Igc-USP. São Paulo. 256p.
- WEISSEL, J.K. 1990. Long-term erosional development of rifted continental margins: Toward a quantitative understanding. *Pacific Rim 90 Congress*, 63-70.
- WEISSEL, J.K., PRATSON, L.F., MALINVERNO, A. 1994. The length-scaling properties of topography. *J. Geophys. Res.*, **99**(B7), 13997-14012.
- SAMBRIDGE, M., BRAUN, J., MCQUEEN, H. 1995. Geophysical parameterization and interpolation of irregular data using natural neighbours. *Geophys. J. Int.*, **122**, 837-857.



Dra. Mônica Mazzini Perrotta