

## ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICOS, MORFOLÓGICOS E MORFOMÉTRICOS PARA AVALIAÇÃO DE INFLUÊNCIA NEOTECTÔNICA NAS BACIAS DOS RIACHOS TIMBÓ E MARMELADA, AFLUENTES DO RIO ITAPOROROCA – PB

Ivanildo Costa da SILVA<sup>1</sup>  
Max FURRIER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Licenciado em Geografia. Mestrando em Geografia Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba - PPGG/UFPB. E-mail: ivan13silva@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Geógrafo. Prof. Adjunto do Depto. de Geociências – UFPB. E-mail: max.furrier@hotmail.com

**RESUMO.** Este artigo objetiva avaliar a provável influência de atividades neotectônicas nas bacias dos riachos Timbó e Marmelada, afluentes do rio Itapororoca - PB. A área de estudo localiza-se na carta topográfica Araçagi (Folha SB.25-Y-A-V-3-NE) na escala 1:25.000. A metodologia empregada para obtenção dos dados foi baseada na elaboração de cartas temáticas (clinográfica e hipsométrica) e no Modelo Numérico do Terreno (MNT), confeccionados a partir da carta topográfica Araçagi no software SPRING 5.2. Foram efetuados os cálculos da área das bacias, densidade de rios e de drenagem e amplitude altimétrica. Foram aplicados ainda os índices de Relação Declividade/Extensão (RDE) e Razão Fundo/Altura de Vale (RFAV). Os resultados mostram diversos indicadores de atividade neotectônica nas bacias estudadas, a exemplo dos valores elevados no RDE que alcançam índices superiores a 10, sugerindo anomalias de primeira ordem, e valores de RFAV inferiores a 1, também indicando anomalias neotectônicas nas redes de drenagem.

**Palavras-chave:** Análise Morfométrica; Neotectônica; Riacho Timbó/PB; Riacho Marmelada/PB.

**ABSTRACT.** *Analysis of physical, morfological and morfometric parametrers for assessment of neotectonical influence in watersheds of Timbó and Marmelada streams, tributaries of the Itapororoca river - PB.* This article intends to evaluate, the influence of neotectonical activities in watersheds from Timbó and Marmelada streams tributaries of Itapororoca river - PB. The area of study is situated on Araçagi topographic chart (sheet SB.25-Y-A-V-3-NE) on scale 1:25.000. The methodology employed to obtain of the datas was based on the elaboration of thematic charts (steepness and hypsometric) and of the numerical model of the terrain (MNT) from Araçaji topographic chart generated on software SPRING 5.2. They were applied calculations of the watersheds area, density of rivers and of drainage and altimetrical amplitude. Were still applied the indexes of Relationship Slop/Extension (RDE) and Ratio Background/Height of valley (RFAV). The results show several indicators of neotectonic activity in the basins studied, the example of high values in RDE who achieve higher indexes 10, suggesting anomalies of first order, and values of RFAV below 1, indicating also neotectonics anomalies in drainage networks.

**Key Words:** *Morfometric Analysis; Neotectonical; Timbó Stream; Marmelada Stream.*

### INTRODUÇÃO

A avaliação geomorfológica pautada na análise de parâmetros morfológicos e morfométricos facilita a obtenção de informações relevantes sobre as implicações da dinâmica interna da terra na caracterização morfológica de uma dada área.

Neste sentido, esta pesquisa tem como objetivo revelar, informações sobre a morfologia e morfometria das bacias dos riachos Timbó e Marmelada, localizados na Depressão Sub-litorânea, no estado da Paraíba, para avaliar as possíveis contribuições da tectônica recente no seu modelado.

Um dos elementos que melhor reflete a atuação da tectônica recente é o padrão da rede de drenagem. Isso se dá porque a análise da rede hidrográfica pode levar à compreensão e à

elucidação de inúmeras questões geomorfológicas, visto que os cursos de água constituem processos morfogenéticos dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Os principais critérios utilizados para escolha das bacias consideradas neste estudo foram o padrão de canal retilíneo dos rios e as inflexões em seus cursos, que podem estar associadas a influências tectônicas (ASSUMPÇÃO; MARÇAL, 2006; MAIA; BEZERRA, 2001; ANDRADES FILHO, 2010) e a amplitude altimétrica, que pode estar associada a soerguimentos, sobretudo na bacia do riacho Timbó.

O entendimento do modelado do relevo na área em estudo baseia-se em critérios qualitativos e quantitativos. Os qualitativos são relacionados, segundo Andrades Filho (2010), à densidade de drenagem e à sua geometria, entre outros; e os

quantitativos referem-se aos parâmetros morfométricos como a Relação Declividade/Extensão (RDE) e Razão Fundo/Altura de Vale (RFAV). Estes índices podem auxiliar na identificação de terrenos com efeito tectônico, embora outras causas possam também estar envolvidas (ANDRADES FILHO, 2010).

Leopold e Maddock Jr. (1953) corroboram com a aplicação de análises quantitativas quando afirmam que a aproximação qualitativa para a geomorfologia realmente tem sido construtivo, mas seria desejável analisar alguns dos conceitos quantitativamente. Marques (2008) afirma que os trabalhos de Robert Elmer Horton e Arthur Newell Strahler em direção à morfometria abriram novos horizontes para geomorfologia.

Os principais parâmetros utilizados nesta pesquisa foram o Índice de Relação Declividade/Extensão (RDE), proposto por John Hack em 1973, conhecido como índice *SL* (*Relação Slope vs. Length*) e o Índice Razão Fundo/Altura de Vale (RFAV). Martinez (2005) salienta que o índice proposto por Hack, permite a normalização dos valores de gradiente e a identificação de valores anômalos do rio em cada trecho do seu curso. Segundo Andrades Filho (2010), os valores altos de RFAV são atribuídos, geralmente, a vales em forma de "U" e os baixos referem-se a vales em forma de "V", sendo utilizados para quantificar a morfologia do canal.

Além destes, também foram efetuados outros cálculos com o objetivo de melhor compreender a

morfologia da rede de drenagem e adjacências, como o cálculo da área da carta topográfica Araçaji, sua amplitude altimétrica e caracterização de seu padrão de declividade. Nas bacias estudadas foram executados cálculos de densidade de rios e de drenagem, e o ordenamento dos canais (pelo sistema de Strahler elaborado em 1952).

## A ÁREA DE ESTUDO

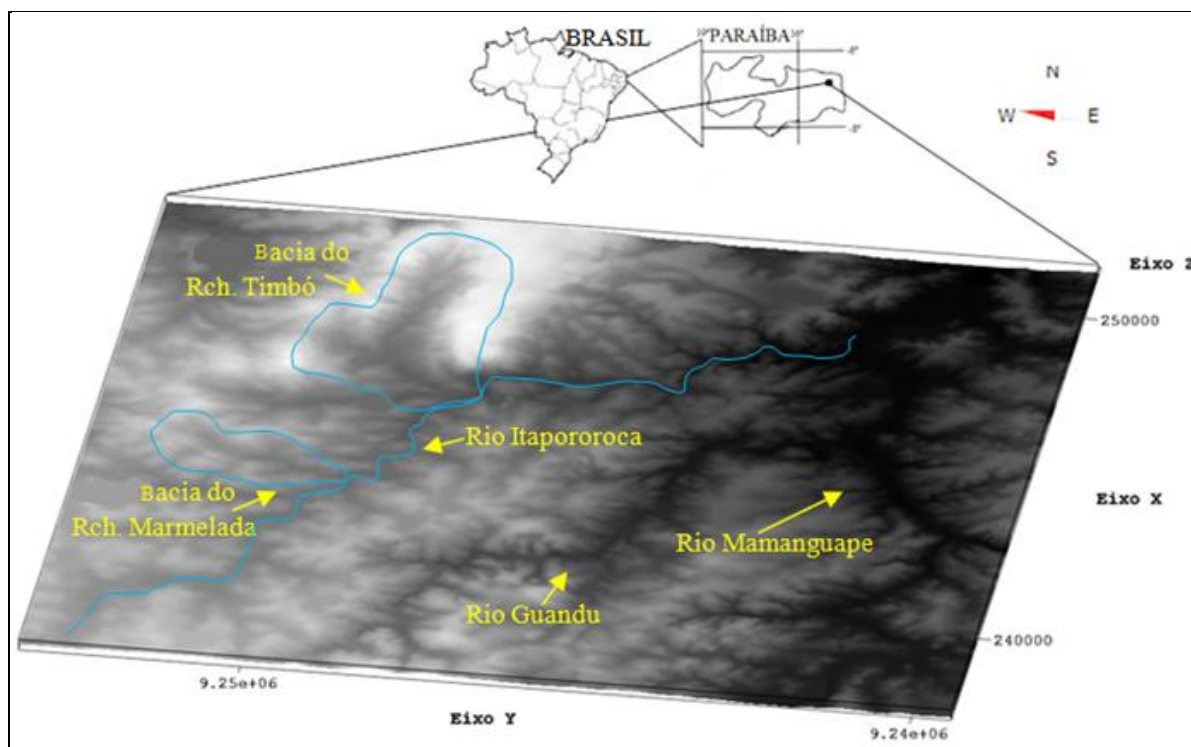
As bacias dos riachos Timbó e Marmelada estão inseridas em sua totalidade na carta topográfica Araçaji 1:25.000 (Figura 1). Esta carta abrange parte dos municípios de

Itapororoca, Araçaji, Cuité de Mamanguape, Duas Estradas, Sertãozinho e Curral de Cima, todos localizados no estado da Paraíba.

A carta é delimitada ao norte pelo paralelo 6°45'00"S e ao sul pelo paralelo 6°52'30"S. Seu limite oeste está situado no meridiano 35°22'30"W e o limite leste no meridiano 35°15'00"W.

A área de estudo é carente de pesquisas científicas que enfatizem o meio físico e não existem até o momento estudos publicados sobre a área incorporada por este trabalho que caracterize as feições geomorfológicas no nível de detalhe que esta pesquisa se dispõe, dando à mesma um caráter pioneiro na divulgação de tais informações.

**Figura 1.** Visualização 3D da área da Carta Topográfica Araçaji 1:25.000 com destaque para as bacias dos riachos Timbó e Marmelada, estado da Paraíba.



### Contexto geológico-geomorfológico da área

Geologicamente, a área está inserida no terreno Alto Pajeú (TAP), ao sul do Lineamento Patos (LP). As unidades geológicas que compõem a área da carta Araçagi estão distribuídas cronologicamente entre as eras geológicas Proterozóica (Paleoproterozóico) e Mesozóica (Cretáceo) (BRASIL, 2002).

No trabalho de BRASIL (2002) observa-se que as unidades geológicas componentes da região são, em ordem geocronológica a Metanortosito Boqueirão, composta por metanortosito e subordinadamente metadiorito e metagabro do Paleo/mesoproterozóico; e o Complexo Gnáissico-Migmatítico, formado por ortognaisse de composição granítica a tonalítica, incluindo fácies monzonítica, monzodiorítica e diorítica, e migmatito com mesossoma gnáissico e leucossoma granítico e pegmatítico, além de calcissilicática (cs), pertencente ao Paleoproterozóico; Metagranitóides tipo Riacho do Forno, formada por Granada-biotita-muscovita metagranito e migmatito de composição sieno à monzogranítica, de fonte crustal metassedimentar, pertencente ao Mesoproterozóico e a Vulcânica Félsica Itapororoca (Ki?), atribuída ao Cretáceo (BRASIL, 2002).

Brito Neves et al. (2008) afirma que na área da Vulcânica Félsica Itapororoca, localizada a norte de Itapororoca, ocorre peculiaridades de diversas ordens. Em termos litológicos, é observado um conjunto de rochas com aspecto (localmente) magmático, pseudometamorfizadas por sílica, ou com intensa silicificação de rochas preexistentes - maioria praticamente não identificáveis em amostra de mão e ao microscópico, estas rochas têm aspecto maciço. A este conjunto complexo, Brito Neves et al. (2008) deram o nome informalmente e provisoriamente de *Unidade (Para) - Estratigráfica Piriri do Vigário* = UEPV.

Os mesmos autores relatam que a expressão geomorfológica desta unidade é um platô elevado de até 100 m acima das cotas regionais do embasamento circunvizinho peneplanizado.

A carta topográfica estudada está geomorfológicamente situada na área de transição entre os Tabuleiros Litorâneos e a Depressão Sublitorânea. A superfície dissecada da Depressão Sublitorânea, modelada em rochas gnáissicas e xistos, apresenta-se como uma depressão semi-colinosa, de topos semi-arredondados, e vertentes, no geral, convexas, numa feição que se assemelha às áreas mamelonares (CARVALHO, 1982).

A autora salienta que os vales da Depressão Sublitorânea são abertos e poucos profundos, percorridos por rios temporários. Dessa forma, entende-se que feições de vales e elevações topográficas que apresente morfologia e morfometria diferenciadas das expostas pela fonte anteriormente citada, podem representar

indícios de influência de atividades tectônicas ou neotectônicas na elaboração do relevo. Porém, deve-se sempre estar atento a possíveis diferenciações litológicas, que também podem influenciar na variação da erosão por resistências litológicas distintas e conseqüentemente podem impor variações nos valores dos índices aplicados.

### MATERIAIS E MÉTODOS

A fase inicial desta pesquisa consistiu na consulta de material bibliográfico adequado para fortalecer as bases conceituais sobre o tema e a obtenção de dados digitais que possibilitaram as operações necessárias em *softwares* para a aplicação dos índices e geração do material cartográfico.

O segundo passo consistiu na digitalização, através de *scanner* da carta topográfica Araçagi 1:25.000, para obtenção das curvas de nível e elaboração do Modelo Numérico do Terreno (MNT). A princípio, a elaboração de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) consiste no armazenamento de cotas altimétricas em arquivo digital estruturado em linhas e colunas (VALERIANO, 2008).

As curvas de nível da carta digitalizada foram obtidas a partir de vetorização manual, assim como os outros elementos, a exemplo dos pontos cotados, rede hidrográfica, rodovias e estradas. Barbosa e Furrier (2012) relatam que, com a vetorização manual, o operador tem total controle sobre o traçado estabelecido com o *mouse*, possibilitando a obtenção de dados mais precisos. Esta operação permitiu a transformação do arquivo raster digitalizado, em vetor, que foram inseridos no *software* SPRING 5.2, para confecção das cartas temáticas hipsométrica (altimetria) e clinográfica (declividade) (Figura 2a e 2b). A carta hipsométrica foi elaborada com intervalo inicial de 10 metros para melhor identificar os canais de drenagem da porção menos elevada da área estudada e, posteriormente em intervalos de 20 metros, para análise das formas do relevo com elevação mais acentuada. A carta clinográfica está representada em porcentagem, onde cada classe está fundamentada, além de outros parâmetros, em leis vigentes no Brasil que estabelecem os usos mais adequados para cada classe de declividade expressa no relevo. O tratamento das cartas produzidas se deu através da análise de fatores qualitativos e quantitativos da morfologia. O estudo da morfologia engloba a morfografia, que é a descrição qualitativa das formas de relevo, e a morfometria, que é a caracterização do relevo por meio de variáveis quantitativas, também denominadas de índices morfométricos (FLORENZANO, 2008).

Foram calculadas, a partir dos dados elaborados no *software* SPRING 5.2, a área de cada classe de declividade (estabelecida como indicado por Herz e De Biasi, 1989). Também foram estabelecidos em porcentagem os valores das cotas altimétricas da área da carta. Nas bacias estudadas verificou-se a densidade de rios e de drenagem e o ordenamento dos canais (pelo sistema de Strahler elaborado em 1952), para identificar possíveis anomalias de drenagem, como canais de primeira ordem extensos que não possuem tributários, que podem estar associados ao ajuste destes canais a planos de falhas ou fraturas.

Os índices morfométricos aplicados para análise quantitativa foram o Índice de Relação Declividade/Extensão (RDE), que pode ser aplicado tanto para toda extensão de rio, caracterizando o  $RDE_{(total)}$ , como para seguimentos de maior interesse ou  $RDE_{(trecho)}$ .

Para o cálculo de ambos utilizam-se, respectivamente, as fórmulas:

$$RDE_{(total)}: (\Delta H/LnL)$$

$$RDE_{(trecho)}: (\Delta H/\Delta L) \times L$$

onde  $\Delta H$  é a diferença altimétrica entre dois pontos selecionados do curso de água,  $\Delta L$  é o comprimento do trecho analisado e  $L$  corresponde à extensão total do canal da nascente até o ponto final do trecho para onde o índice RDE está sendo calculado (MARTINEZ, 2005). E o Índice Razão Fundo/Altura de Vale (RFAV) que segundo Andrades Filho (2010) representa a razão entre a largura do fundo e a elevação do vale. Para o cálculo do RFAV é utilizada a fórmula:

$$Vf = 2 Vfw I [(Eld - Esc) + (Erd - Esc)]$$

em que  $Vfw$  diz respeito ao valor da largura do fundo de vale;  $Eld$  é a elevação da linha de interflúvio na porção esquerda do vale;  $Erd$  corresponde à elevação na linha de interflúvio da porção direita do vale; e  $Esc$  é o valor da média de elevação do fundo do vale (BULL; McFADDEN, 1977, citado por ANDRADES FILHO, 2011).

Os valores numéricos utilizados na obtenção dos índices, a exemplo das cotas de cabeceira e desembocadura dos rios para o RDE e os pontos mais elevados dos divisores de água, para o RFAV, foram extraídos do Modelo Numérico do Terreno (MNT), com a utilização do *Software* SPRING 5.2.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A carta Araçagi 1:25.000 abrange uma área de aproximadamente 191 km<sup>2</sup> e é composta por partes de sete municípios, como citado anteriormente. Os principais canais de drenagem da carta são o baixo curso do rio Mamanguape, que recebe quase que a totalidade das águas dos canais fluviais que compõem a área e os canais

dos rios Itapororoca e Guandu. As bacias estudadas nesta pesquisa estão inseridas na bacia hidrográfica do rio Itapororoca.

### Análise qualitativa da Carta Araçagi 1:25.000 e das bacias dos riachos Timbó e Marmelada

Através da carta hipsométrica (Figura 2a) observa-se que a carta Araçagi 1:25.000 apresenta uma elevação máxima de 198 metros localizada na área da unidade geológica Vulcânicas Félsicas Itapororoca. Porém, o predomínio altimétrico do relevo dá área, situa-se em níveis que não ultrapassam os 120 metros de altitude.

Para Mantovani et al. (2008), em termos geomorfológicos, esta unidade apresenta claramente uma anomalia topográfica, fato este, que estaria expresso na alta diferenciação de cotas altimétricas da área da carta estudada. A tabela 1 mostra a distribuição em porcentagem das classes altimétricas da área da carta.

**Tabela 1.** Distribuição da área das cotas altimétricas da Carta Araçagi 1:25.000.

Cotas altimétricas (m)	Valor em área (%)
10-20	0,05
20-40	9,27
40-60	13,87
60-80	17,20
80-100	18,52
100-120	22,86
120-140	13,04
140-160	2,84
160-180	2,03
180-200	0,27

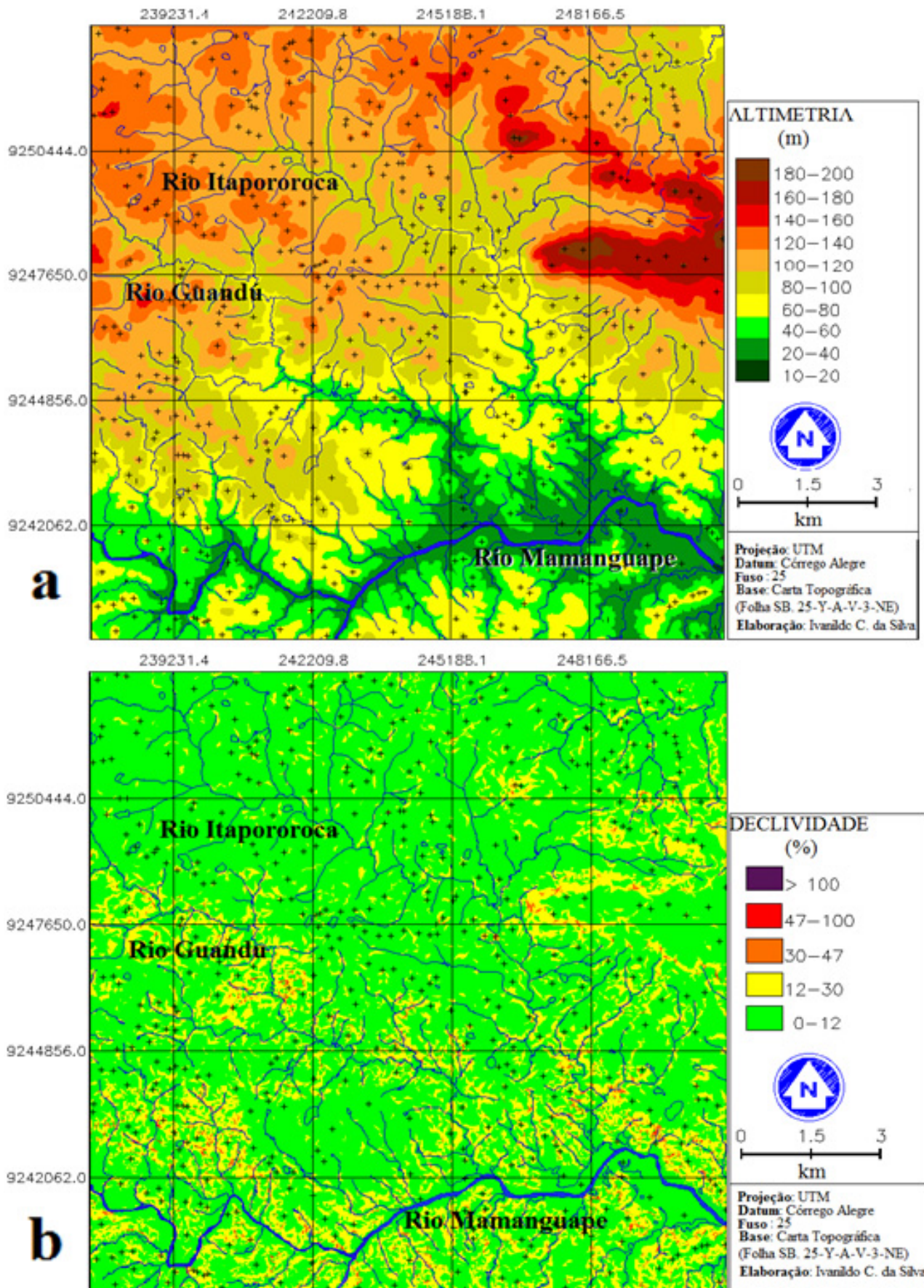
A carta apresenta uma topografia relativamente plana com predomínio de declividade que varia de 0-12%, como pode ser observado na carta clinográfica (Figura 2b). Os níveis mais elevados de declividade foram apresentados nas porções onde estão localizadas as vertentes da estrutura formada pela unidade geológica apresentada por BRASIL (2002) como Vulcânica Félsica Itapororoca, e nas regiões próximas aos vales dos rios Mamanguape, Guandu, Itapororoca. A tabela 2 mostra a distribuição da declividade por classes de intensidade.

**Tabela 2.** Distribuição das classes de declividade da Carta Araçagi 1:25.000.

Classes de declividade (%)	Valor em área (%)
0-12	79,01
12-30	18,94
30-47	0,90
47-100	0,10
>100	Não encontrada



Figura 2. Carta Altimétrica (a) e Carta de Declividade (b) referentes à carta topográfica Araçaji 1:25.000.



Os fluxos dos principais canais que compõem a área da carta seguem em sentidos diversificados. Os canais dos rios Itapororoca e Guandu fluem na direção NO-SE, sendo que, o rio Itapororoca sofre forte inflexão ao se aproximar da área elevada pela unidade geológica denominada de Vulcânica Félsica Itapororoca, mudando seu curso para N-S e apresentando outras inflexões até desembocar no rio Mamanguape. Isto pode indicar controle tectônico por lineamentos ou desvio dos cursos pelo soerguimento da unidade Vulcânica Félsica.

A bacia do riacho Timbó (Figura 1) tem uma área de 9.11 Km<sup>2</sup> e é composta por canais que fluem em sentido L-O com uma inflexão no seu baixo curso mudando seu direcionamento de fluxo para o sentido NE-SO. Essa direção principal do riacho Timbó (L-O) ocorre de forma inversa ao fluxo principal dos outros rios que compõem área da carta (canais consequentes). Christofolletti (1980) classifica esse tipo de direção de fluxo de obsequente. Essa direção de drenagem é influenciada pela unidade geológica da Vulcânica Félsica Itapororoca.

A bacia do riacho Marmelada (Figura 1) ocupa uma área de 2.64 Km<sup>2</sup> e segue em sentido N-S, com pequena inclinação para NE-SO. A bacia apresenta assimetria de drenagem e um baixo número de canais com morfologia representada por pequena sinuosidade (canal principal) e canais com aspectos retilíneos (tributários) com baixo fluxo de água o que sugere o ajuste de seu curso por falhas, muito comum na área de estudo.

### Caracterização morfométrica das bacias

Os cálculos da amplitude altimétrica, densidade de rios e de drenagem e o ordenamento dos canais (pelo sistema de Strahler elaborado em 1952) foram elaborados considerando as orientações de Christofolletti (1980). A tabela 3 mostra os resultados obtidos com a aplicação desses índices na área das bacias.

**Tabela 3.** Variáveis morfométricas apresentadas nas bacias dos riachos Timbó e Marmelada.

	Bacia do riacho Timbó			Bacia do riacho Marmelada		
Amplitude Altimétrica	121,7			56		
Densidade Drenagem	1,41 km/km <sup>2</sup>			1,53 km/km <sup>2</sup>		
Densidade de Rios	0,76 km/km <sup>2</sup>			1,13 km/km <sup>2</sup>		
Ordenamento dos canais	1ª ordem	7	Nº de canais	1ª ordem	3	Nº de canais
	2ª ordem	1	8	2ª ordem	1	4
	ordem			ordem		

Considerando a área reduzida das bacias estudadas, pode-se afirmar que a amplitude altimétrica (diferença de cotas entre a desembo-

cadura e o ponto mais elevado da bacia) que as mesmas apresentam, representa um valor consideravelmente alto. Lima (2000) afirma que, um desnível de 100 m de altura em estudos hidrográficos realizados no estado da Bahia, mostra que os rios ainda não tiveram tempo de escavar seus leitos, representando assim, a possibilidade (além de outras) de um soerguimento recente ou atividade neotectônica.

As densidades de drenagem e de rios relacionam a rede de drenagem com a área total da bacia e são calculadas, respectivamente pelas fórmulas:

$$Dd = L_t / A$$

em que Dd significa densidade de drenagem; L<sub>t</sub> é o comprimento total dos canais, e A é a área da bacia.

$$Dr = N / A$$

em que Dr é a densidade de rios; N é o número total de rios, e A é a área da bacia considerada.

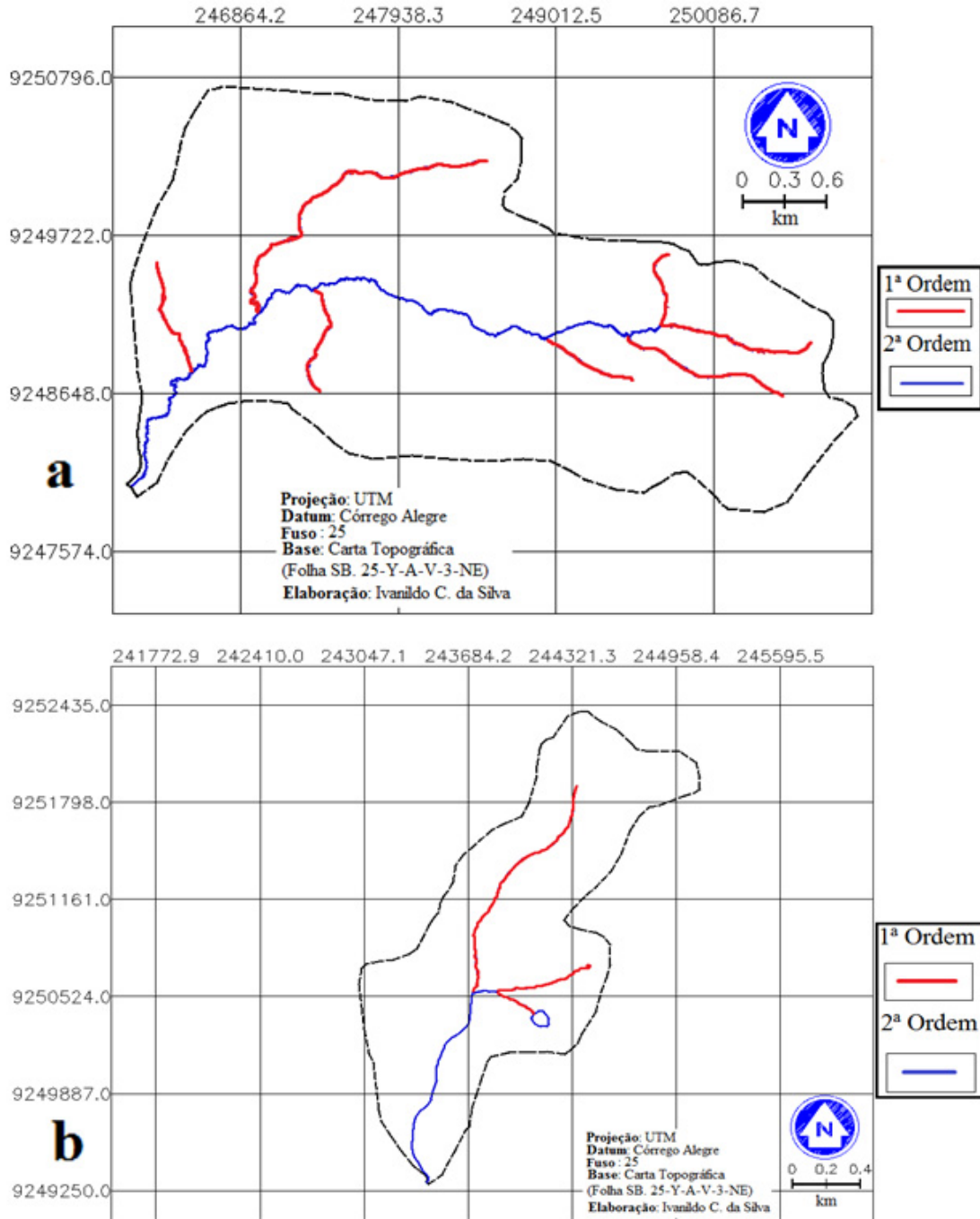
Christofolletti (1980) afirma que à medida que a densidade de drenagem aumenta há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem e que o cálculo da densidade de rios é importante porque representa o comportamento hidrográfico de determinada área em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos de água.

Dessa forma, o baixo valor obtido com o índice de densidade de drenagem na bacia do riacho Timbó, explicaria os tamanhos relativamente avantajados de seus tributários em relação ao canal principal. E a baixa densidade de rios da bacia do riacho Marmelada, estaria relacionada sua ineficiência em aumentar sua rede de drenagem, por influência litológica, climática ou por sua área reduzida.

Ao analisar o ordenamento dos canais das bacias estudadas, verifica-se que ambas as bacias são de 2ª ordem e apresentam um número reduzido de canais, principalmente a bacia do riacho Marmelada e um número elevado de canais de 1ª ordem, considerando o total de canais que compõem as bacias. Assumpção e Marçal (2006) afirmam que as drenagens de primeira ordem são as modificações mais recentes no relevo e se tornam importantes na análise de atividades tectônicas recentes. Dessa forma, considerando o exposto na citação anterior, ocorre à possibilidade de os canais retilíneos de 1ª ordem presentes na bacia do riacho Marmelada e o elevado número de canais dessa ordem na bacia do riacho Timbó (Figura 3), podem representar, respectivamente, controle estrutural dos canais e uma idade relativamente jovem dessas bacias.



**Figura 3.** Bacias hidrográficas dos riachos Timbó (a) e Marmelada (b), com o ordenamento dos canais fluviais segundo os parâmetros de classificação propostos por Strahler (1952).



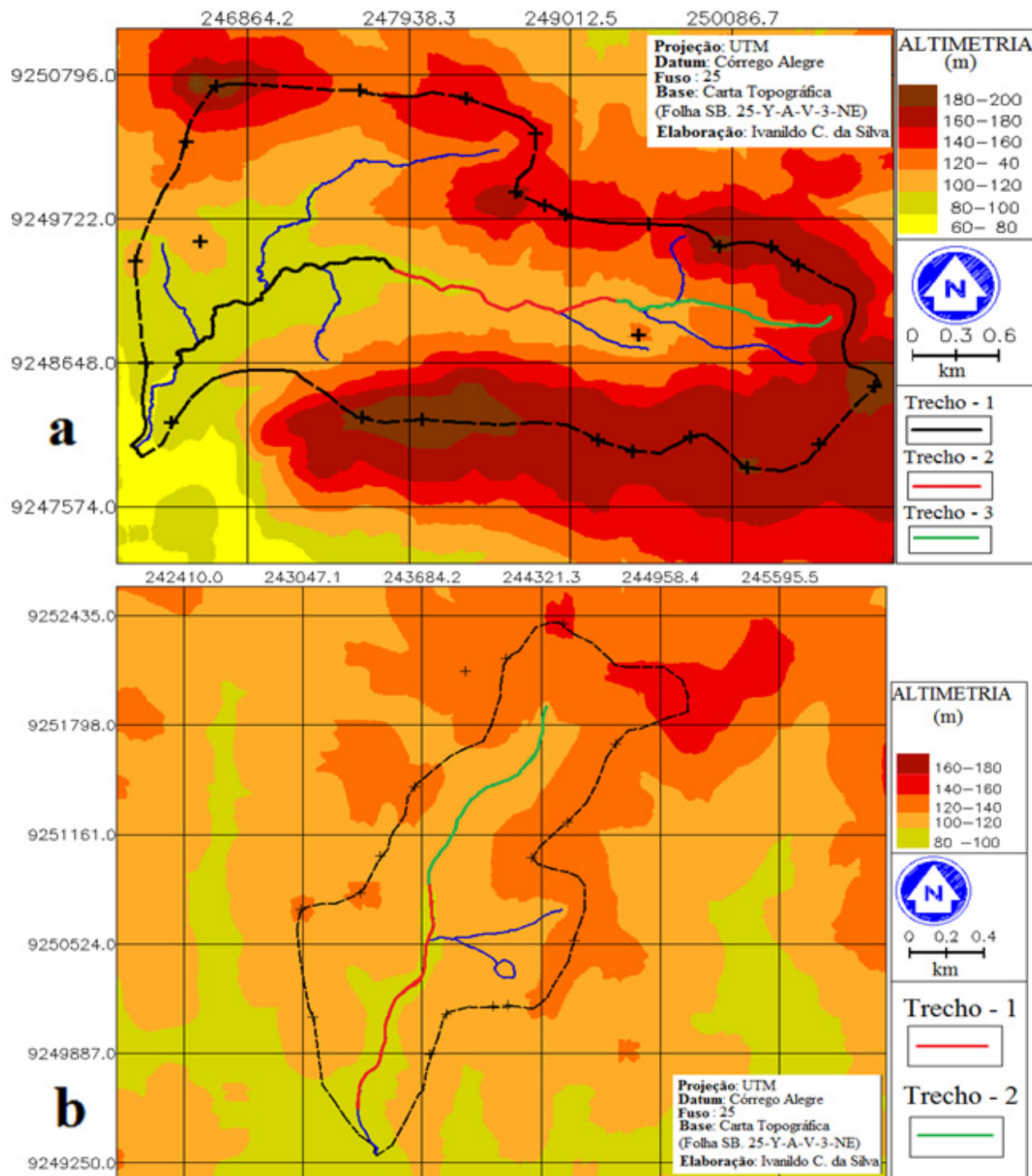
### Índice RDE

O índice RDE foi aplicado na extensão total dos riachos Timbó e Marmelada ( $RDE_{(total)}$ ) e em segmentos selecionados em seus cursos ( $RDE_{(trecho)}$ ), sendo três no riacho Timbó e dois no riacho Marmelada, devido sua reduzida extensão (Figura 4a e 4b). A escolha dos trechos para aplicar o  $RDE_{(trecho)}$  foi elaborada de forma subjetiva e aleatória como sugere McKeown *et al.* (1988). Para avaliação da intensidade de anomalias verificadas a partir da aplicação dos  $RDE_{(total)}$  e  $RDE_{(trecho)}$  nos cursos selecionados, foram considerados os parâmetros apresentados

por Andrades Filho (2010) que considera  $RDE_{(total)}$  e  $RDE_{(trecho)} = 2$  como o limiar inferior da faixa de anomalias e Sebeer e Gornitz (1983) que determinam categorias de intensidade de anomalias onde: as anomalias de 1ª ordem (de intensidade maior) referem-se aos valores iguais ou superiores a 10, e as de 2ª ordem (de menor intensidade) referem-se aos índices que apresentam valores de 2 a 10.

As tabelas 4 e 5 apresentam, respectivamente, os valores obtidos com a aplicação do Índice Relação Declividade/Extensão nos riachos Timbó e Marmelada.

**Figura 4.** Bacias hidrográficas dos rios Timbó (a) e Marmelada (b), com os trechos selecionados para o cálculo do Índice de Relação Declividade/Extensão (RDE).



**Tabela 4.** Variáveis morfométricas e índices RDE obtidos na bacia do riacho Timbó.

Trechos dos canais	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Diferença Altimétrica (m)	Extensão do Trecho (m)	Extensão Total (m)	RDE trecho	RDE total	RDE Real
Principal	155.5	76.3	79.2	-	6.237	-	9.07	<b>9,07</b>
Trecho 1	95	80	15	2281	5459	35.39	9.07	<b>3.95</b>
Trecho 2	110	95	15	1627	3178	29.29	9.07	<b>3.23</b>
Trecho 3	155	110	45	1.551	1.551	45	9.07	<b>18.29</b>



**Tabela 5.** Variáveis morfométricas e índices RDE obtidos na bacia do riacho Marmelada.

Trechos	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Diferença Altimétrica (m)	Extensão do Trecho (m)	Extensão Total (m)	RDE trecho	RDE total	RDE Real
Principal	120.1	90	30.1	-	3.003	-	3.74	<b>3.74</b>
Trecho 1	100	90	10	1403	2.694	19.20	3.74	<b>5.13</b>
Trecho 2	120	100	20	1.291	1.291	20	3.74	<b>5.34</b>

Como pode ser observado nas tabelas, todos os valores obtidos apontam para anomalias nos canais estudados, tanto em sua totalidade como em seguimentos específicos.

O destaque maior é dado ao alto valor obtido no trecho 3, a montante do riacho Timbó, que pode ser classificado como anomalia de 1ª ordem. Esse trecho está inserido na área elevada da unidade geológica Vulcânica Félsica Itapororoca, portanto, por está inserida numa área de litologia homogenia este valor pode ser relacionado à influência tectônica recente, como sugere Andrades Filho (2010).

Os trechos 2 e 1 que estão localizados mais a jusante do riacho Timbó apresentam valores anômalos de 2ª ordem. Etchebehere *et al.* (2004) também notaram em estudos efetuados na bacia do rio do Peixe (SP) que os índices de RDE diminuem em direção a jusante.

Todos os valores obtidos no riacho Marmelada estão inseridos na categoria de anomalia de 2ª ordem. Os valores anômalos desse riacho podem estar relacionados à diferenciação litológica, visto que, o canal estudado está inserido entre as unidades geológicas denominadas por Brasil (2002) de Metagranitóides tipo Riacho do Forno, a jusante, composta por granada-biotita-muscovita metagranito e migmatito; e o Complexo Gnáissico – Migmatítico, a montante, composto por ortognaisse e migmatitos.

Porém, os canais retilíneos de 1ª ordem que deságuam em seu leito e a assimetria evidenciada pela presença de canais tributários presentes apenas no lado esquerdo do canal principal, podem ser um indicativo de atividade tectônica recente na configuração dessa bacia.

### **Índice RFAV**

Foram aplicados três perfis no canal do riacho Timbó e dois no riacho Marmelada, distribuídos próximos a montante, à parte mediana e a desembocadura destes canais para melhor representar estes cursos (Figura 5a e 5b).

A intensidade dos valores alcançados com aplicação do índice de Razão Fundo/Altura de Vale (RFAV) serão baseados nas observações

de El Hamdouni *et. al.* (2008) e Silva, *et al.* (2003) citados por Barbosa e Furrier (2012).

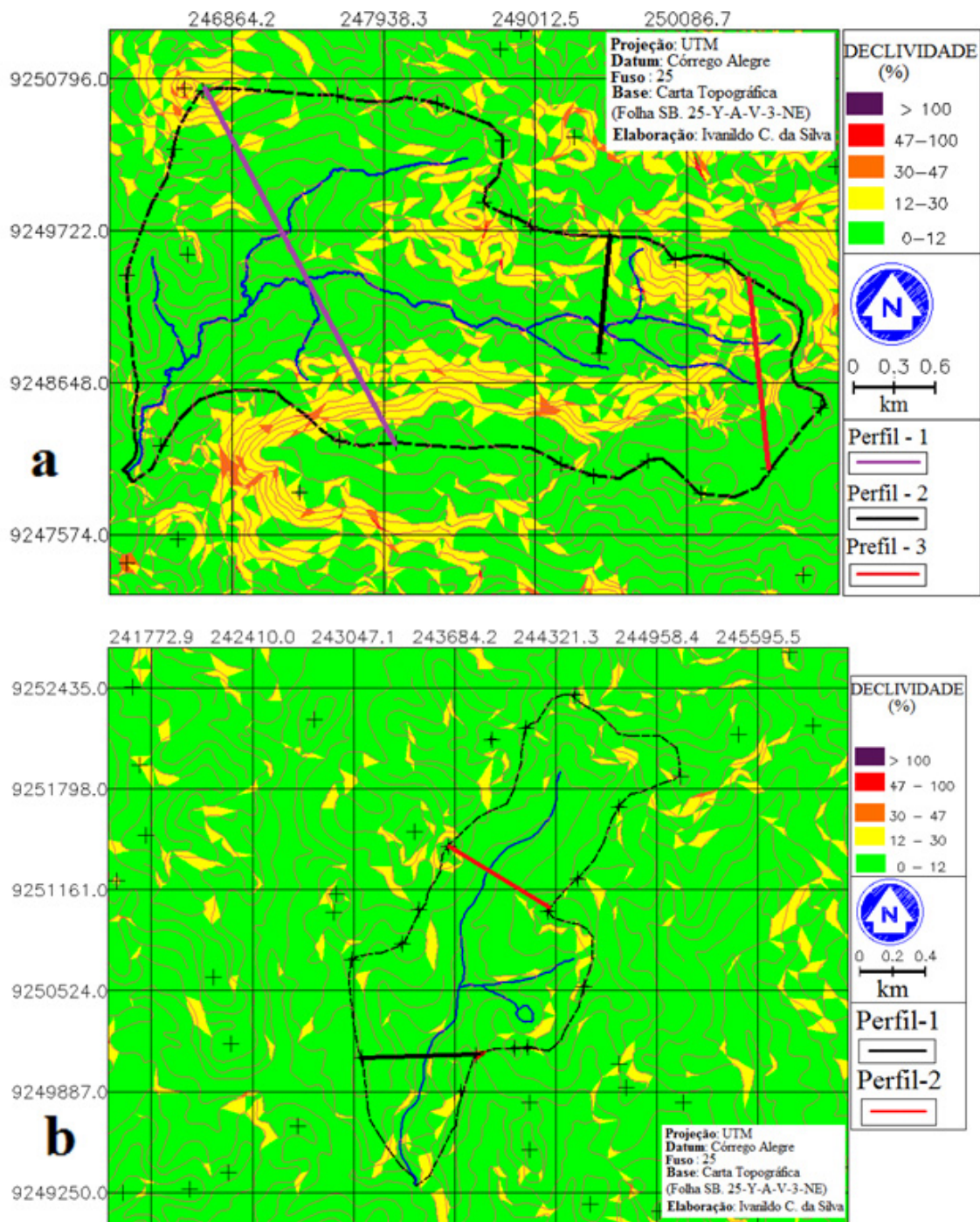
El Hamdouni *et. al.* (2008) consideram que vales abertos em forma de "U" possuem valores de RFAV elevados, enquanto que os mais fechados, em forma de "V" possuem valores relativamente baixos, indicando nesse último caso, maiores taxas de soerguimento e incisão. É importante nestes estudos, verificar a litologia da área estudada, pois, a mesma também pode influenciar no processo erosivo, devido sua maior ou menor resistência da rocha a este processo. Silva *et al.* (2003) sugerem que os valores de RFAV menores que 1 sejam indicadores de tectônica ativa, e os maiores que 1 indicam estabilidade tectônica. Os resultados obtidos serão apresentados a seguir nas tabelas 6 e 7.

Os valores de RFAV extremamente baixos encontrados nos perfis traçados no vale do riacho Timbó, sugerem atuação de processos neotectônico na sua formação morfológica. É importante salientar que a área em questão não apresenta diferenciação litológica que daria subsídio a uma possível erosão diferencial.

Considerando que diversos trabalhos produzidos em regiões mais próximas do litoral do estado da Paraíba e na porção central da bacia do rio Paraíba (BARBOSA E FURRIER, 2011, BARBOSA E FURRIER, 2012; ANDRADES FILHO, 2010) não atingiram índices tão reduzidos de RFAV, entende-se que a bacia do riacho Timbó ocupa uma posição de destaque no campo da Geomorfologia e deve ser estudada por outros ramos das Geociências, para assim serem obtidas outras informações sobre a sua gênese e evolução.

Em contrapartida, os valores obtidos nos dois perfis traçados em litologia lateral homogenia no vale do riacho Marmelada não podem ser considerados como indicadores de tectônica ativa, visto que, tais valores são superiores a 1. Porém, como já citado, existem outras evidências de atuação de tectônica recente em sua morfologia e morfometria.

**Figura 5.** Bacias hidrográficas dos rios Timbó (a) e Marmelada (b), com os trechos selecionados para o cálculo do Índice de Razão Fundo/Altura de Vale (RFAV).



**Tabela 6.** Variáveis morfométricas e índices RFAV obtidos na bacia do rio Timbó.

Perfis	Vwf	Eld	Erd	Esc	RFAV
1	29.5	196	180.3	100	<b>0.33</b>
2	62.9	124.1	183.2	115.3	<b>1.64</b>
3	10.7	177.4	180.7	142.3	<b>0.29</b>

**Tabela 7.** Variáveis morfométricas e índices RFAV obtidos na bacia do rio Marmelada.

Perfis	Vwf	Eld	Erd	Esc	RFAV
1	63.3	116.8	115	95.3	<b>3.07</b>
2	127.9	137.2	132.1	110.2	<b>5.25</b>

## CONCLUSÕES

Entende-se que o presente estudo efetuado na área da Carta Araçagi 1:25.000, com destaque para as bacias dos riachos Timbó e Marmelada é de grande importância, pois contribui em diversos aspectos para as Geociências.

Um dos componentes que atribui importância a esta pesquisa é o material cartográfico produzido, que pode ser utilizado para diversos fins por outras ciências e/ou para fins de planejamento ambiental e territorial.

Por fim, diante das observações qualitativas e dos valores obtidos com a aplicação dos índices morfométrico, entende-se que existem indícios de atividades tectônicas recentes (neotectônica) na configuração morfológica e morfométrica da área da carta Araçagi 1:25.000, e conseqüentemente, das bacias dos riachos Timbó e Marmelada.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADES FILHO, C. O. **Análise morfoestrutural da porção central da bacia Paraíba (PB) a partir de dados MDE-SRTM e ALOS-PALSAR FBD**. 2010. 150 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, São José dos Campos, 2010.
- ASSUMPÇÃO, A. P.; MARÇAL, M. S. Anomalias de drenagem na sub-bacia hidrográfica do Rio Sana (RJ). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006. Goiás/GO. **Anais... Goiás 2006**. p. 1-10.
- BARBOSA, M. E. F.; FURRIER, M. Influência neotectônica identificada através de dados morfométricos e de produtos cartográficos na bacia hidrográfica do Rio Gurujá (PB), Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n.1, p. 215-228, 2011.
- BARBOSA, T. S.; FURRIER, M. Avaliação morfológica e morfométrica da bacia hidrográfica do rio Marés – PB, para verificação de influência neotectônica. **Cadernos de Geociências**, v. 9, n. 2, p. 215-228, 2012.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. CPRM. **Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba**. Recife: CPRM, 2002, 142 p. il. 2 mapas. Escala 1:500.000.
- BRITO NEVES, B. B. de; MANTOVANI, M. S. M.; MORAES, C. F. de; SIGOLO, J. B. As anomalias geológicas e geofísicas da área norte de Itapororoca-PB, Folha Guarabira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n.1, p. 1-23, 2008.
- CARVALHO, M. G. R. F. de. **Estado da Paraíba: classificação geomorfológica**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 1982. 72p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 1980. 188p
- ETCHEBEHERE, M. L.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J. Aplicação do Índice Relação Declividade-Extensão - RDE na bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neotectônicas. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, v. 4, n. 2, p. 43-56, 2004.
- FLORENZANO, T.G. Introdução a geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G (Org.). **Geomorfologia conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 11-30.
- HACK, J. T. Stream-Profile analysis and Stream-Gradient Index. **Journal Research U.S. Geol. Survey**. v.1, n.4, p. 421-429, 1973.
- LEOPOLD, L. B.; MADDOCK JR, T. The Hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. **Geological Survey Professional Paper**, n.252, p.1-56, 1953.
- LIMA, C. C. U. de. Neotectonismo na costa do sudeste e do nordeste brasileiro. **Revista de Ciência e Tecnologia**. n.15, p. 91-102, 2000.
- MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Neotectônica, geomorfologia e sistemas fluviais: uma análise preliminar do contexto nordestino. **Rev. Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, p. 37- 46, 2011.
- MANTOVANI, M. S. M.; SHUKOWSKY, W.; BRITO NEVES, B. B. de; RUGENSKI, A. Gravimetric study of a potential mineral deposit in the Itapororoca region, Brazil. **Geophysical Prospecting**. p. 1-10, 2008.
- MARQUES, J. S. Ciência geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases conceituais**. 10 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 23-50.
- MARTINEZ, M. **Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do Rio Pirapó: o perfil longitudinal**. 2005. 96f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Depto. de Geografia, Centro de Ci. Humanas, Letras e Artes, Univ. Estadual de Maringá, Maringá, 2005.
- McKEOWN, F. A.; JONES-CECIL, M.; ASKEWcB, L.; McGRATH, M. B. Analysis of Stream-Profile data and inferred tectonic activity, eastern Ozark Mountains region. **U.S. Geological Survey bulletin**, n.1807, p. 1-39, 1988.
- SEEBER, L.; GORNITZ, V. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. **Tectonophysics**, v. 92, p. 335 – 367, 1983.
- VALERIANO, M. M. Dados topográficos. In: FLORENZANO, T. G (Org.). **Geomorfologia conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 73-10.