



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

# **ANÁLISE DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS ELEMENTARES PARA A OBTENÇÃO DA CARTA DE ENERGIA DO RELEVO DA BACIA DE CAPTAÇÃO DA CACHOEIRA PARAÍSO – PELOTAS/RS**

Cassiely da Roza Pacheco<sup>(a)</sup>, Adriano Luís Heck Simon<sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> Universidade Federal de Pelotas, Email, pachecocassiely@gmail.com

<sup>(b)</sup> Universidade Federal de Pelotas, Email, adriano.simon@ufpel.edu.br

**Eixo: Geoarqueologia, geodiversidade ou patrimônio natural**

## **Resumo**

O presente trabalho tem como objetivo obter e analisar os parâmetros morfométricos elementares (declividade, dissecação vertical e dissecação horizontal) necessários para a elaboração da carta de energia do relevo da bacia de captação da Cachoeira Paraíso, a partir do método automático proposto por Ferreira (2015). A área em estudo possui aproximadamente 15,5 km<sup>2</sup> e está localizada no município de Pelotas/RS. A partir das cartas produzidas foi possível verificar as áreas mais suscetíveis a processos erosivos e também elaborar a combinação preliminar dos parâmetros morfométricos para a obtenção da carta de energia do relevo. Os resultados derivados desta pesquisa pretendem subsidiar estratégias de geoconservação na bacia de captação da cachoeira paraíso, visando a integridade ambiental da cachoeira reconhecida como geopatrimônio do município de Pelotas.

**Palavras chave: geodiversidade, geoconservação, declividade, dissecação vertical, dissecação horizontal.**

## **1.Introdução**

A geodiversidade abrange o conjunto de elementos abióticos da Terra, compreendendo a variedade de ambientes geológicos, geomorfológicos e processos físicos



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

que modelam a crosta terrestre (GRAY,2004 BRILHA,2005). De acordo com Sharples (2002) a geoconservação visa à proteção desses elementos abióticos de reconhecido valor científico, educacional,turístico, econômico ou intrínseco (geopatrimônio), objetivando conservar e assegurar a manutenção da geodiversidade.

O geopatrimônio atrelado a algum elemento da geodiversidade que apresente valores cênicos, turísticos e econômico-culturais, possui interesse geológico-geomorfológico.Segundo Borba (2011), o geopatrimônio consiste no conjunto de geossítios de um determinado território, sendo assim, para que um lugar seja considerado um geossítio, é necessário que o mesmo seja submetido a estratégias de avaliação e inventariação. Tais procedimentos são divididos em inventariação, quantificação, classificação, conservação, divulgação e monitoramento (BRILHA, 2005).

No município de Pelotas há ocorrência de quedas de águas naturais (dentre elas a Cachoeira Paraíso), que se antecipam como um fenômeno oriundo da relação sistêmica de três elementos da geodiversidade (rochas, relevo e água). Estas quedas d'água despertam interesse popular devido aos seus aspectos cênicos, turísticos e econômico-culturais e por estes motivos devem ser compreendidas como parte do geopatrimônio de Pelotas, que precisa ser reconhecido, promovido e conservado.

Compreendendo que os parâmetros morfométricos auxiliam na análise de bacias de drenagem, o objetivo do presente trabalho é obter e analisar os parâmetros morfométricos elementares (declividade, dissecação vertical e dissecação horizontal) necessários para a elaboração da carta de energia do relevo da bacia de captação da Cachoeira Paraíso. A área em estudo possui aproximadamente 15,5 km<sup>2</sup> e está localizada no município de Pelotas (RS) conforme o mapa de localização (Figura 01).

Segundo Ferreira (2015),aenergia do relevo representa o potencial do relevo para o desencadeamento de processos morfogenéticos. Sendo assim, a partir da análise da energia do relevo é possível verificar as áreas mais suscetíveis a processos erosivos, desta forma será



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

possível propor estratégias de geoconservação para as áreas de risco a degradação ambiental na bacia de captação onde ocorre a circulação de água e sedimentos que, constantemente, atuarão para a manutenção da dinâmica da Cachoeira Paraíso.

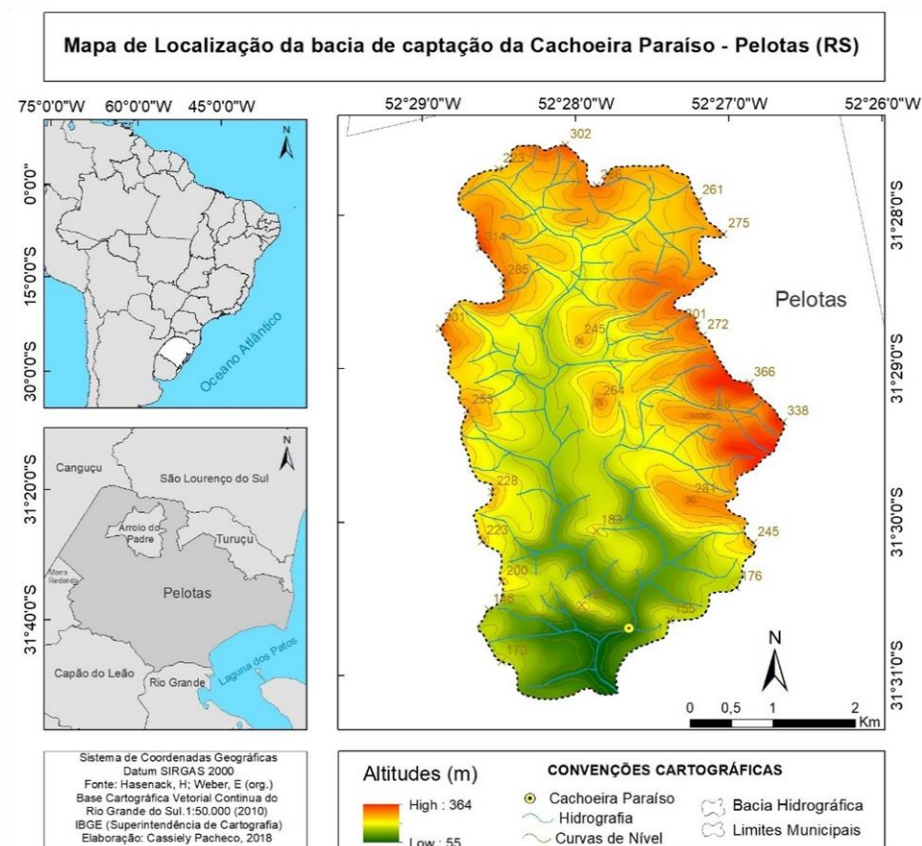


Figura 1 – Mapa de Localização da Bacia de Captação da Cachoeira Paraíso/RS

Fonte: Elaborado pela autora

## 2. Metodologia

Para o desenvolvimento e realização do seguinte trabalho, foi utilizado o *Software ArcGis 10.2*, o qual é licenciado pelo Laboratório de Estudos Aplicados em Geografia Física (LEAGEF/UFPEL). Primeiramente foi realizado um levantamento bibliográfico, na busca de



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

obras voltadas aos temas de Geodiversidade, Geoconservação, Geopatrimônio, Quedas de água, Dissecação Vertical, Dissecação Horizontal e Energia do Relevo.

Posteriormente, a Cachoeira Paraíso foi demarcada utilizando-se o Google Earth. Uma vez reconhecida a localização exata da queda d'água, foi possível realizar a delimitação da sua bacia de captação, por meio da vetorização das reentrâncias das curvas de nível, a partir da base cartográfica do Rio Grande do Sul, disponibilizada por Hasenack; Weber (2010), na escala 1:50000.

Foi realizado ainda o enriquecimento da rede de drenagem a partir da vetorização das concavidades de vertente, utilizando-se o método hierárquico dos cursos d'água proposto por Strahler (1957). Também, a partir da vetorização, foi realizada a delimitação das sub-bacias hidrográficas de cada seguimento de canal fluvial identificado.

Para a aquisição da declividade primeiramente foi necessário obter o Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizando-se a ferramenta *Topo To Raster*, necessitando apenas das curvas de nível e dos pontos cotados da bacia de captação da Cachoeira Paraíso. Após a obtenção do MDE, foi possível obter a declividade em porcentagem utilizando-se a ferramenta *Slope*, que necessita apenas do MDE para a geração da mesma.

O próximo passo foi realizar a reclassificação das classes de declividade a partir da ferramenta *Reclassify*, as classes foram definidas por Ferreira (2015) considerando as orientações da EMBRAPA (1979) conforme a Tabela I:

Tabela I - Classes de Declividade

Classe de Declividade	Tipo de Relevo
< 3 %	Plano
3 - 8 %	Suavemente Ondulado
8 - 20 %	Ondulado
20 - 45 %	Fortemente Ondulado
> 45 %	Montanhoso

Fonte—Adaptado de EMBRAPA (1979)



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS







UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Por fim, foi realizada a conversão do produto obtido em *Raster* para *Vetor* do tipo polígono, através da ferramenta *Raster To Polygon*, para que o mesmo possa ser associado com os dados da dissecação horizontal e dissecação vertical.

A obtenção da dissecação vertical ocorreu a partir da ferramenta criada por Ferreira (2015), desenvolvida na extensão *ArcObjects* do *Software ArcGis*, utilizando-se a linguagem de programação *Python*. Os dados de entrada necessários na interface da ferramenta foram os canais de drenagem, polígonos das sub-bacias, curvas de nível e o modelo digital de elevação (MDE) em formato *raster*. Foi necessário também preencher a equidistância das curvas de nível (20 metros), e o campo de elevação das curvas de nível (CODIGO) e a escala do trabalho 1:50000.

As classes de dissecação vertical foram reconhecidas de acordo com as orientações de Boin et al. (2014), que desenvolveu seu trabalho em escala 1:50.000, semelhante à esta proposta (Tabela II)

Tabela II - Classes de Dissecação Vertical

Nº da Classe	Classe de Dissecação	RGB	
1	< 20 m	22-156-26	
2	20 - 40 m	255-255-0	
3	40 - 60 m	255-170-0	
4	60 - 80 m	255-107-0	
5	80 - 100 m	215-0-0	
6	> 100 m	115-0-0	

Fonte-Adaptado por Boin et al. (2004)

Para a obtenção da dissecação horizontal, também se utilizou o método automático desenvolvido por Ferreira (2015), a partir da programação *Python e ArcObjects*. Na interface da ferramenta foi necessário acrescentar os vetores das sub-bacias e da rede de drenagem, também o modelo digital de elevação (MDE) em formato *raster*. Para o parâmetro de segmentação de drenagem o valor estabelecido foi de 10 metros (conforme orientações



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

do IBGE para a escala de 1:50000), e o parâmetro de agrupamento da drenagem foi de 60 pontos de verificação de cada canal até a borda da sub-bacia. As classes de dissecação horizontal, iniciaram por valores <50 sendo que, posteriormente, o valor das classes consequentes seguem o dobro do valor da classe anterior, conforme a Tabela III:

Tabela III - Classes de Dissecação Horizontal

Nº da Classe	Classe de Dissecação	RGB
1	<50 m	94-36-0
2	50 - 100 m	115-0-0
3	100 - 200 m	215-0-0
4	200 - 400 m	255-107-0
5	> 400 m	255-170-0

Fonte—Adaptado de Ferreira (2015)

### 3. Resultados e Discussões

A partir da análise dos dados obtidos na Carta de Declividade (Figura 02), verificou-se que a classe < 3% possui cerca de 5,17 km<sup>2</sup> (33,20%) da área do total da bacia de captação da Cachoeira Paraíso, representando um relevo plano de acordo com a classificação da EMBRAPA (1979). Esta classe de declividade se encontra principalmente no entorno do canal de drenagem principal e de seus afluentes, caracterizando-se como planícies de inundação, constituindo-se em locais não propícios para ocupações.

A classe de 3-8% possui uma área de aproximadamente 4,86 km<sup>2</sup> (31,21%), caracterizando-se por formas do relevo suavemente onduladas, e abrangendo a maior parte das vertentes da área em estudo. A classe >45% representa aproximadamente 0,41 km<sup>2</sup> (2,63%) da área total, contendo um relevo mantanhoso. As classes de 20 – 45% e > 45% encontram-se principalmente na média e baixa bacia de captação.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

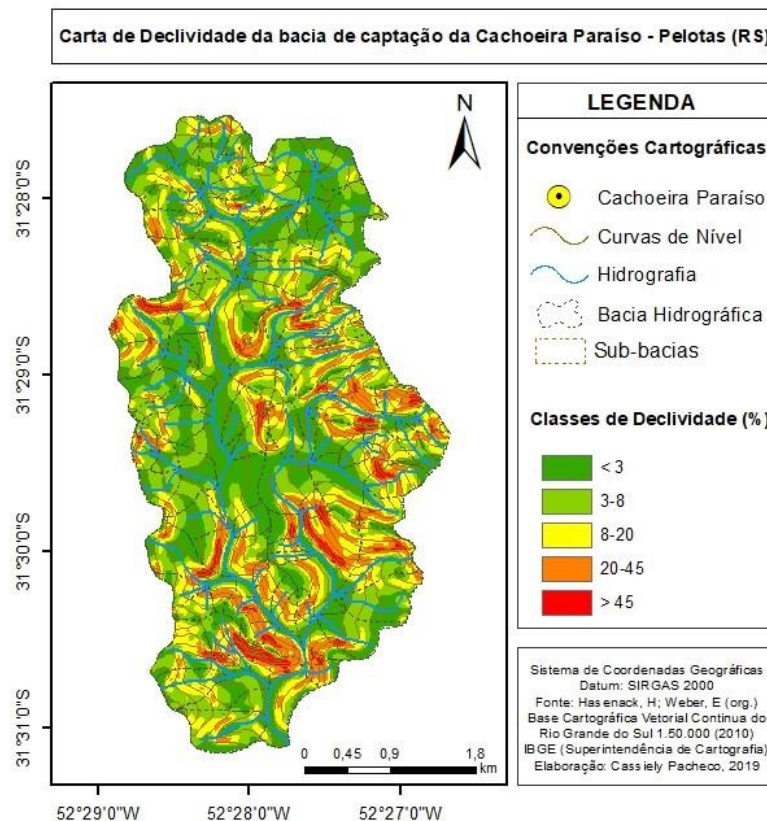


Figura 2 – Carta de Declividade da Bacia de Captação da Cachoeira Paraíso/RS

Fonte: Elaborado pela autora

Segundo Ferreira (2015) a dissecação vertical é a distancia entre o talvegue e os divisores de água dos canais de drenagem de uma bacia hidrográfica. Sendo assim, as classes de dissecação vertical representam o grau do entalhamento do relevo, sendo possível verificar às áreas mais suscetíveis a processos erosivos em decorrência deste fator.

A classe <20m possui cerca de 10,46km<sup>2</sup> (67,18%) da área total da bacia. Aproximadamente 14 sub-bacias apresentam essa classe de dissecação vertical em sua totalidade, como pode-se verificar na Figura 03, evidenciando formas do relevo pouco dissecadas. As classes de maior dissecação são as classe de 80–100m abrangem 0,67 km<sup>2</sup>



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

(1,35%) da área total e a classe >100m ocorre de forma isolada em 0,14 km<sup>2</sup> (0,90%) da área em estudo. Estas duas últimas classes de dissecação vertical estão geralmente associadas à declividades >45%.

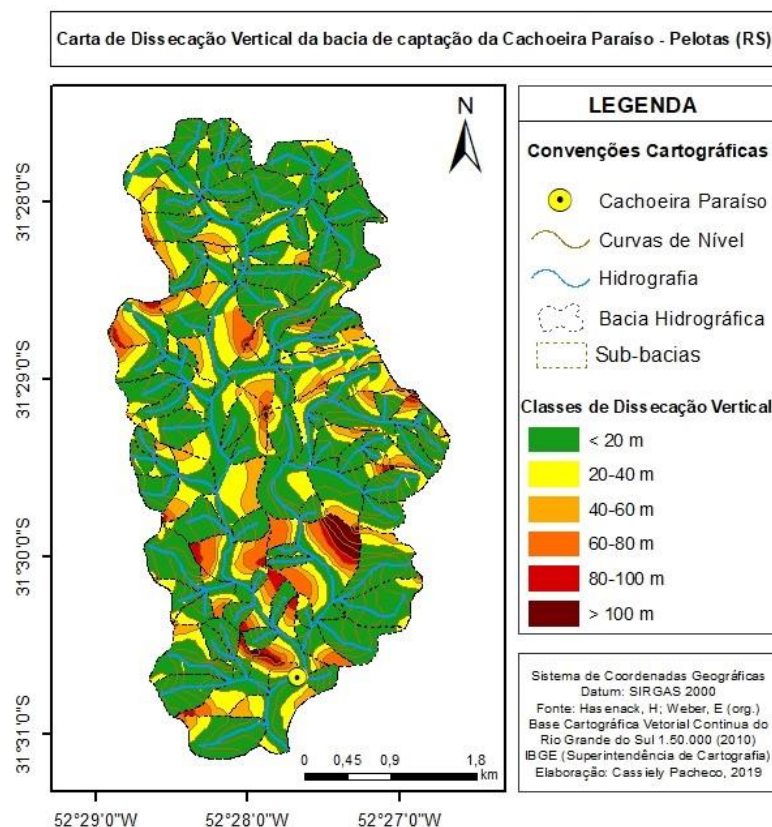


Figura 3 – Carta de Dissecação Horizontal da Bacia de Captação da Cachoeira Paraíso/RS

Fonte: Elaborado pela autora

A dissecação horizontal diz respeito a distância horizontal entre o talvegue e o divisor de águas da sub-bacia (FERREIRA, 2015). Sendo assim, quanto menor for a distância da classe, maior será o seu potencial erosivo. A partir da Figura 04 pode-se verificar que a classe <50m possui cerca de 0,49km<sup>2</sup> (3,15% da área total da bacia), e se encontra na confluência dos principais canais fluviais. A classe de 50–100m corresponde a 2,1km<sup>2</sup> (13,5%) da área total da bacia.





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

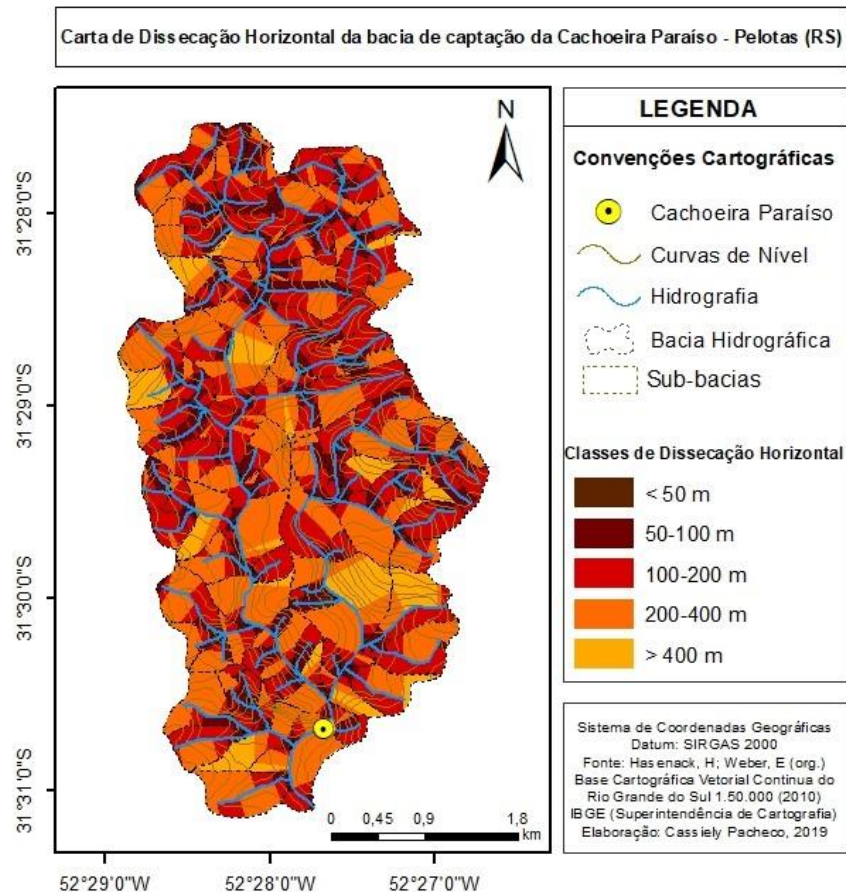


Figura 4 – Carta de Dissecação Horizontal da Bacia de Captação da Cachoeira Paraíso/RS

Fonte: Elaborado pela autora

A obtenção e análise das classes de declividade, dissecação vertical e dissecação horizontal, possibilitou a elaboração da proposta de articulação das informações morfométricas para a obtenção da carta de energia do relevo (Tabela IV).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Tabela IV–Proposta de articulação entre as classes de declividade, dissecação horizontal e dissecação vertical para a obtenção da energia do relevo

Classes de energia do relevo	Declividade (%)	Operador	Dissecação Horizontal (m)	Operador	Dissecação Vertical (m)	Ordem de classificação
Muito Forte	-	-	-	-	> 100	1°
Forte	> 45	OU	< 50	E	80 - 100	2°
Mediamente forte	20 - 45	OU	50 - 100	OU	60 - 80	3°
Média	8 - 20	OU	100 - 200	OU	40 - 60	4°
Fraca	3 - 8	OU	200 - 400	OU	20 - 40	5°
Muito Fraca	< 3	OU	> 400	OU	< 20	6°

Fonte–Adaptado de Ferreira (2015)

A partir da proposta de Cunha e Pinton (2013), reproduzida e adaptada por Ferreira (2015) foi realizada a definição das classes de energia do relevo. O uso do operador “OU” indica que cada uma das variáveis determinaram a energia do relevo e o uso do operador “E” indica que houve uma combinação das variáveis para a determinação da energia. De acordo com Ferreira (2015) quanto maior for a declividade, dissecação horizontal e dissecação vertical, maior será a energia do relevo.

#### 4. Considerações Finais

A partir da análise dos dados morfométricos elementares da bacia de captação da Cachoeira Paraíso foi possível obter as informações necessárias para a geração da carta de energia do relevo, para que assim seja possível verificar as áreas propícias aos eventos erosivos que atuam diretamente na morfodinâmica da bacia de captação e da Cachoeira Paraíso.

Salienta-se que após a confecção da carta de energia do relevo, se faz necessário a criação de um mapa de uso e cobertura das terras, para que as classes de energia de relevo sejam confrontadas com os tipos de uso das terras indicando os locais de conflito entre o uso da terra e as superfícies com maior suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## **Agradecimentos**

Agradeço a Pró Reitoria de Extensão e Cultura da Universidade Federal de Pelotas pela bolsa concedida no período de 04/05/2018 a 15/12/2018 que possibilitou a realização do presente trabalho.

## **Referências**

BOIN, M. N; ZANATTA, F. A. S; CUNHA, C. M. L. **Avaliação da morfometria do relevo da alta bacia hidrográfica do Ribeirão do Areia Dourada, Marabá Paulista (SP). Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.36, v.2, p.5-26, 2014**

BORBA, A. W. **Geodiversidade e geopatrimônio como bases para estratégias de geoconservação: conceitos, abordagens, métodos de avaliação e aplicabilidade no contexto do Estado do Rio Grande do Sul.** Pesquisa em Geociências, Porto Alegre, v. 38, n. 1, p. 3 – 7, 2011.

BRILHA, J. **Patrimônio geológico e geoconservação – a conservação da natureza na sua vertente geológica.** Braga: Palimage, 2005. 190 p.

CUNHA, C. M. L.; PINTON, L. G. **A cartografia do relevo como subsídio para a análise morfogenética de setor cuestasiforme** (the relief's cartography as subsidy for the morphogenetic analysis of cuestasiform sector). Mercator, v. 12, n. 27, p. 149 a 158-149 a 158, 2013



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

FERREIRA, M. V. **Contribuição metodológica ao estudo da dissecação e energia do relevo: proposta e avaliação de técnicas computacionais.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista Rio Claro-SP, 2015

GRAY, Murray. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature.** Wiley, Chichester, 2004, 448p

SHARPLES, C. 2002. **Concepts and Principles of Geoconservation**

STRAHLER, A.N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology.** New Haven: Transactions, American Geophysical Union, 1957