

Manual para utilização do Índice de Conectividade Hidrosedimentológica (IHC) Stand-Alone

Franciele Zanandrea, Artur Nonato Vieira Cereto, Gean Paulo Michel, Silvana
Cristina Paz do Couto, Mariana Torres Machado

Setembro 2024

<https://github.com/artur-cereto/IHC>

Conteúdo

Resumo	3
Abreviações	4
1. Introdução	5
2. Reforço teórico	6
2.1. Índice de Conectividade Hidrossedimentológica (IHC)	6
2.2. Estrutura e formulação do IHC implementado no software	7
3. Aplicação IHC <i>Stand-alone</i>	9
3.1. Requisitos	9
3.2. Cálculo do Índice de Conectividade Hidrossedimentológica	10
4. Possíveis problemas	14
5. Referências	14

Resumo

A conectividade auxilia na compreensão dos processos hidrossedimentológicos (água e sedimentos) que ocorrem na bacia hidrográfica em diferentes escalas espaço-temporais. Este documento apresenta o índice de conectividade hidrossedimentológica (IHC) criado a partir da equação do índice de conectividade (IC) desenvolvida por Borselli et al. (2008) modificada por Cavalli et al. (2013). Esse manual possui uma explicação breve da base teórica da concepção do IHC, seu equacionamento e um guia para aplicação da ferramenta.

Palavras-chave: conectividade, índice, hidrossedimentologia, sedimentos.

Abstract

The connectivity supports understanding the hydrosedimentological (water and sediments) processes that occur in the watershed and influence the water and sediment transfer at different spatial-temporal scales. This document presents the index of hydrosedimentological connectivity (*IHC*) created from the equation of the connectivity index (*IC*) by Borselli et al. (2008) modified by Cavalli et al. (2013). These guidelines provide a brief explanation of the theoretical basis behind the conception of the HCI, its equation, and a guide for applying the tool .

Keywords: connectivity; index; hydrosedimentology; sediments.

Abreviações

A – Área de Drenagem

C - Fator C do USLE/RUSLE

CN - Curve Number

d – Comprimento do caminho de fluxo

D_{dn} – Componente a jusante

D_{up} – Componente a montante

DTM – Modelo Digital de Terreno

GPDEN – Grupo de Pesquisas em Desastres Naturais/ Natural Disaster Research Group

I_a – Abstração Inicial

IC – Índice de Conectividade

IHC - Índice de Conectividade Hidrossedimentológica

I_{max} – Máxima intensidade do evento de precipitação antecedente

IPS – Índice de Precipitação para Sedimentos

n – Coeficiente de Manning

P – Precipitação

Q_{runoff} – Escoamento superficial

RI – Índice de topografia residual

RS – Índice de suavidade relativa

S - Inclinação

Sa – Parâmetro de armazenamento

SCS – Serviço de Conservação de Solo

USLE – Equação universal de perda de solo

RUSLE - Equação universal de perda de solo revisada

TauDEM – Análise de terreno utilizando modelo digital de elevação

V – Precipitação acumulada do evento antecedente

W – Fator de impedância

1. Introdução

A conectividade pode ser descrita como o grau de facilidade com o qual o sistema é capaz de transferir material (i.e., sedimento) entre os compartimentos da paisagem, como encostas e redes fluviais. A conectividade hidrossedimentológica se refere à facilidade com a qual o sedimento é transferido ao longo da paisagem possuindo a água como vetor de transporte.

A conectividade hidrossedimentológica é um importante conceito para compreender os processos que ocorrem em uma bacia hidrográfica e impactam a dinâmica da água e dos sedimentos, além de outros sistemas (e.g. atividades biológicas), em diferentes escalas espaciais ou temporais. A análise da conectividade dos sedimentos frequentemente utiliza índices espaciais que permitem estimativas da contribuição de locais da bacia hidrográfica que funcionam como fonte de sedimentos, além de definir os caminhos associados à transferência do sedimento. Borselli et al. (2008) propuseram o Índice de Conectividade (IC) de sedimentos baseado em uma abordagem geomorfológica na qual os processos hidrológicos não são explicitamente considerados. Cavalli et al. (2013) modificaram esse índice e Crema e Cavalli (2018) desenvolveram o instrumento SedInConnect, uma ferramenta gratuita (de código aberto) e independente para o processamento do IC.

Outra modificação incorporada na formulação da conectividade elaborada por Borselli et al. (2008) foi proposta por Zanandrea et al. (2021), ao integrar na formulação original variáveis relacionadas à precipitação como representativas dos processos hidrológicos — esse novo índice é chamado de Índice de Conectividade Hidrossedimentológica (IHC). O IHC é baseado no conceito de capacidade de transporte de sedimentos e não considera o esgotamento dos sedimentos na bacia hidrográfica. A inserção de componentes funcionais (escoamento superficial e índice de precipitação para sedimentos) permite a consideração da variação temporal da conectividade na bacia, sendo que no índice original essa variação ocorria apenas espacialmente. O IHC permite a análise da variação da conectividade ao longo do tempo considerando diferentes eventos de precipitação, espacializados de acordo com as características de tipo e uso do solo e a precipitação.

Assim, esse manual apresenta a teoria base acerca das modificações incorporadas no IHC; o passo a passo de instalação, assim como as instruções para utilização do IHC, como apresentado por Zanandrea et al. (2021). A ferramenta apresentada aqui é uma aplicação do IHC independente (*stand-alone*), a qual não requer utilização de nenhum software de sistema de informação geográfica.

A estimativa quantitativa da conectividade hidrossedimentológica, que por sua vez utiliza-se dos componentes funcional e estrutural da paisagem, é importante para a identificação de áreas de transferência de sedimentos, caminhos de fluxos e deposição, como deslizamentos de terra, fluxo de detritos e áreas de deposição. O mapa do IHC gerado pode indicar locais importantes associados à maior ou menor conectividade e limiares de precipitação para a ocorrência de (des)conectividade em quaisquer áreas. Dessa forma, as informações desse mapa podem ser úteis para o manejo de bacias hidrográficas.

2. Reforço teórico

O IHC foi proposto por Zanandrea et al. (2021) com base na inserção de variáveis de precipitação e escoamento superficial como componentes funcionais do IC proposto por Borselli et al. (2008) modificado por Cavalli et al. (2013). O objetivo principal é avaliar a variação espaço-temporal da conectividade hidrossedimentológica na bacia hidrográfica, considerando a geração de escoamento superficial e as características dos eventos de precipitação antecedentes.

A ferramenta apresentada faz o cálculo do Índice de Conectividade Hidrossedimentológica, que por sua vez representa a ligação entre diferentes partes da bacia hidrográfica com base nos caminhos de fluxo (e.g., como a potencial conexão de sedimentos entre as encostas e o exutório da bacia ou rede de drenagem), estimando a conectividade hidrossedimentológica.

A aplicação *stand-alone* é baseada em um script Python (3.12.4), que realiza o processamento de dados geográficos para gerar o mapa do índice de conectividade hidrossedimentológica. Esse procedimento usa funcionalidades e algoritmos disponíveis na ferramenta TauDEM 5.3.7 (Tarboton, 1997; Tarboton, 2021), além das seguintes bibliotecas: os, sys, subprocess, gdal 3.6.2, rasterio 1.3.10, numpy 1.26.4, tkinter 8.6.14.

2.1. Índice de Conectividade Hidrossedimentológica

O IHC é uma modificação do IC desenvolvido por Borselli et al. (2008), sendo consideradas as sugestões incorporadas Cavalli et al. (2013). O IC determina, a uma escala pixel, o grau de conectividade em um dado ponto, incorporando as características da área de contribuição (componente a montante – *Dup*), assim como as características do caminho de fluxo a ser percorrido pelo sedimento até o ponto de interesse (componente a jusante – *Ddn*). Os valores do IC estão inseridos no intervalo de $[-\infty, +\infty]$ e a Figura 1 apresenta uma representação do IC.

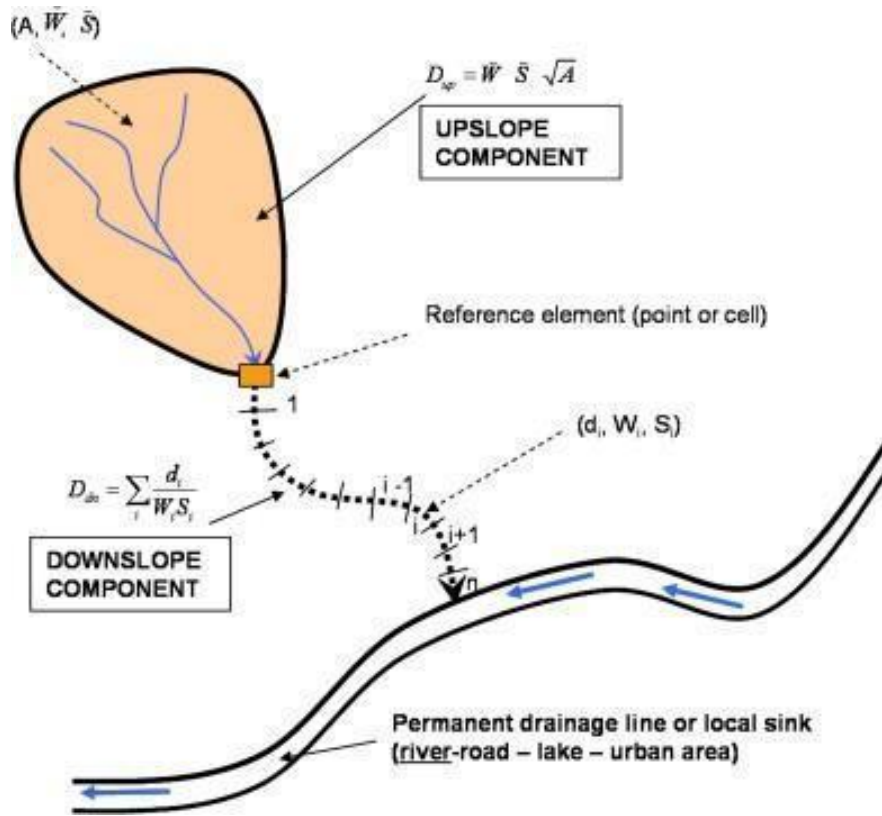


Figura 1. Definição dos componentes das partes superior e inferior da encosta no índice de conectividade (IC) (Borselli et al., 2008).

W é o fator de impedância; S é a inclinação (m/m); A é a área de contribuição (m^2); d é o comprimento do caminho de fluxo para cada pixel (m); IC é o índice de conectividade (adimensional).

Cavalli et al. (2013) modificou o IC em três aspectos: (i) computação do fator de inclinação, (ii) cálculo da área de contribuição e (iii) escolha do fator de impedância (W). Essas alterações são incorporadas na caixa de ferramentas desenvolvida por Crema e Cavalli (2018), assim como no software do IHC.

2.2. Estrutura e formulação do IHC implementado no software

A modificação do índice é baseada na inserção de variáveis (índice de precipitação para sedimentos – *IPS* e escoamento superficial - *Qrunoff*) relativas à conectividade funcional, levando em consideração a influência da água na conectividade dos sedimentos. A conectividade funcional está relacionada com as características da precipitação, das condições antecedentes (Turnbull and Wainwright, 2019) e da (des)continuidade do fluxo ao longo da bacia hidrográfica, o que confere um aspecto temporal à conectividade. Considerando a magnitude dos eventos de precipitação atual e antecedente, o *IHC* é definido como:

$$IHC = \log_{10} \left(\frac{W \times S \times Ips \times \sum Q_{runoff}}{\sum \frac{d_i}{W_i \times S_i}} \right) \quad (1)$$

onde Ips é o índice de precipitação para sedimentos (adimensional); Q_{runoff} é o escoamento superficial (m) da área de drenagem a montante do pixel calculado, o qual depende do tamanho do pixel.

O escoamento superficial (mm) é calculado, para cada evento, em uma escala de pixel pelo método *SCS Curve Number* (NRCS, 1972):

$$Q_{runoff} = \frac{(P-Ia)^2}{(P-Ia+Sa)} \text{ when } P > Ia, \text{ or } Q_{runoff} = 0 \quad (2)$$

$$Sa = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3)$$

$$Ia = 0,2 \cdot Sa \quad (4)$$

onde P é a precipitação total do evento (mm); Sa é o parâmetro de armazenamento (mm); e Ia é a abstração inicial (mm). O valor de Sa varia espacialmente em função das características do tipo e uso do solo ao longo da bacia hidrográfica por meio do valor de CN .

A inclusão do Ips no componente de montante para o cálculo da conectividade agrega como um fator de peso associado à quantidade de sedimentos disponível para o evento estudado devido a um evento antecedente. O Ips pode ser calculado para qualquer evento antecedente de precipitação:

$$Ips = \frac{Imax_{m-j}}{\sum_{i=1}^j \frac{V_{m-i}}{\Delta t_{m-i}}} \quad (5)$$

onde m relaciona-se ao evento de precipitação atual; j representa o número de eventos de precipitação entre o evento atual e o evento antecedente para o qual Ips está sendo calculado; $Imax_{m-j}$ é a intensidade máxima do evento de precipitação antecedente $m-j$ (mm.d-1); V_{m-i} é a precipitação acumulada do evento antecedente $m-i$ (mm); e Δt_{m-i} é a duração do evento antecedente $m-i$ (d). Por meio da utilização do Ips , podem ser consideradas as condições anteriores da bacia hidrográfica, além de ser possível comparar eventos de precipitação distintos.

O IHC mantém a aplicação original, considerando três novas informações: precipitação, uso do solo e características do solo. O fator de impedância (W) representa a resistência que a superfície do solo impõe ao fluxo de água e sedimentos. O IC original

utiliza o fator C relativo ao USLE/RUSLE, como proposto por Wischmeier e Smith (1978) e Renard et al. (1997), como fator de impedância. Cavalli et al. (2013) adaptaram o fator de impedância para uma abordagem exclusivamente geomorfológica, utilizando o índice de topografia residual (RI) e otimizando a aplicação do IC em regiões montanhosas, onde as condições de impedância são melhores representadas pela rugosidade da superfície (Cavalli and Marchi, 2008). Para ser utilizado como W , o valor de RI deve ser normalizado.

O procedimento de normalização pode ser realizado seguindo a abordagem de Cavalli et al. (2013) ou Trevisani and Cavalli (2016). As metodologias que aplicam o RI foram desenvolvidas para utilização com Modelos Digitais de Terreno (MDT) de alta resolução. Além disso, o RI pode ser impreciso para superfícies vegetadas porque a rugosidade hidráulica não depende apenas das características do terreno. Assim, para avaliação da impedância em áreas florestadas, recomenda-se utilizar valores de W baseado no uso do solo, uma vez que a rugosidade da superfície e retenção de sedimentos são fortemente influenciados pela cobertura vegetal, o que pode diminuir o acoplamento entre unidades de paisagem. Zanandrea et al. (2020) propuseram o índice de Suavidade Relativa (RS), que é um fator de impedância baseado no coeficiente de Manning, que por sua vez preserva a adimensionalidade do índice:

$$RS = \frac{n_{min}}{n} \quad (6)$$

onde n_{min} é o valor tabelado mínimo do coeficiente de Manning; e n é o coeficiente de Manning local. O valor adotado como n_{min} no trabalho de Zanandrea et al. (2020) foi 0.01, mesmo valor utilizado por Chow (1959). A utilização do RS se mostrou vantajosa em regiões cobertas por florestas densas.

3. Aplicação do IHC *Stand-alone*

3.1. Requisitos

Os requisitos são semelhantes aos apresentados por Cavalli et al. (2014). O software exige a instalação das ferramentas TauDEM, uma vez que diversas funções hidrológicas são computadas por meio desse instrumento (Figura 2). O passo a passo para instalação do TauDEM são especificados abaixo:

(<https://hydrology.usu.edu/taudem/taudem5/downloads.html>).

Para o download das ferramentas TauDEM 5.3.7, o link é:

(https://github.com/dtarb/TauDEM/releases/download/v5.3.7/TauDEM537_setup.exe)

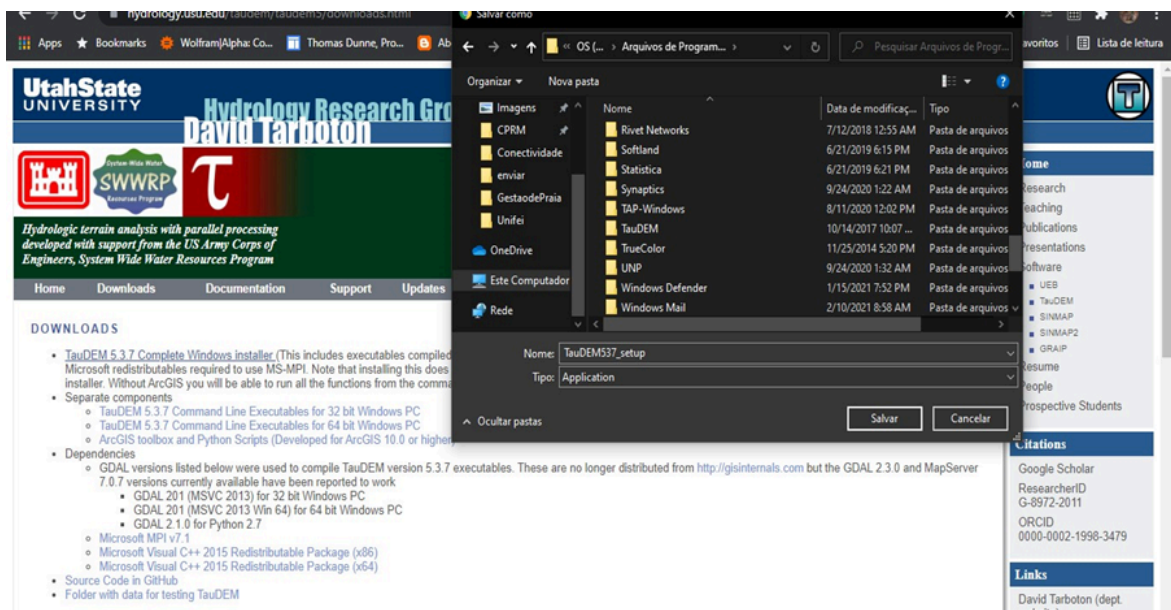


Figura 2. Download das ferramentas TauDEM 5.3.7

Além disso, é necessário ter o Anaconda (disponível para download em <https://www.anaconda.com/download/success>) instalado em seu sistema. Isso permitirá a criação e o gerenciamento do ambiente virtual, a partir do arquivo .yml, necessário para rodar o script corretamente. Tanto o script quanto o arquivo.yml estão disponíveis no seguinte endereço: <https://github.com/artur-cereto/IHC>

3.2. Cálculo do Índice de Conectividade Hidrossedimentológica

O fluxograma do software IHC *stand-alone* em relação ao exutório da bacia hidrográfica é apresentado na Figura 3 abaixo, onde é possível analisar a sequência utilizada no script Python e as operações do TauDEM.

Todos os arquivos de entrada rasters devem estar no formato GeoTIFF, uma vez que é o único formato compatível com as operações realizadas pelos algoritmos do TauDEM. Além disso, todos os arquivos devem apresentar as mesmas propriedades, como extensão, origem, tamanho, número de linhas e colunas.

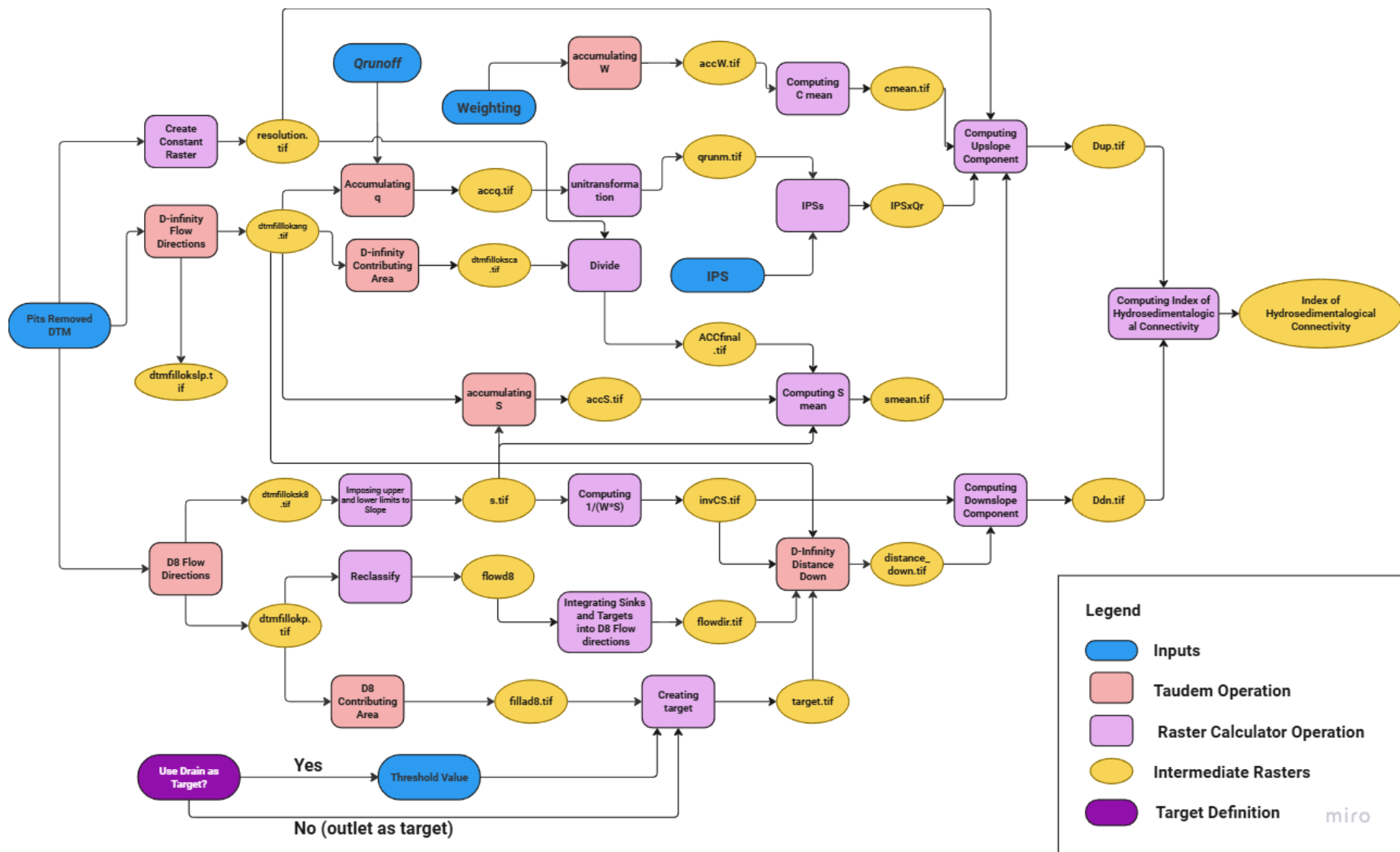


Figura 3. Fluxograma da implementação do Índice de Conectividade Hidrossedimentológica.

3.3. Download and add to workspace

Para baixar e usar o IHC definem-se os seguintes passos:

Baixe e instale o software IHC *standalone* neste endereço:
<https://github.com/artur-cereto/IHC>

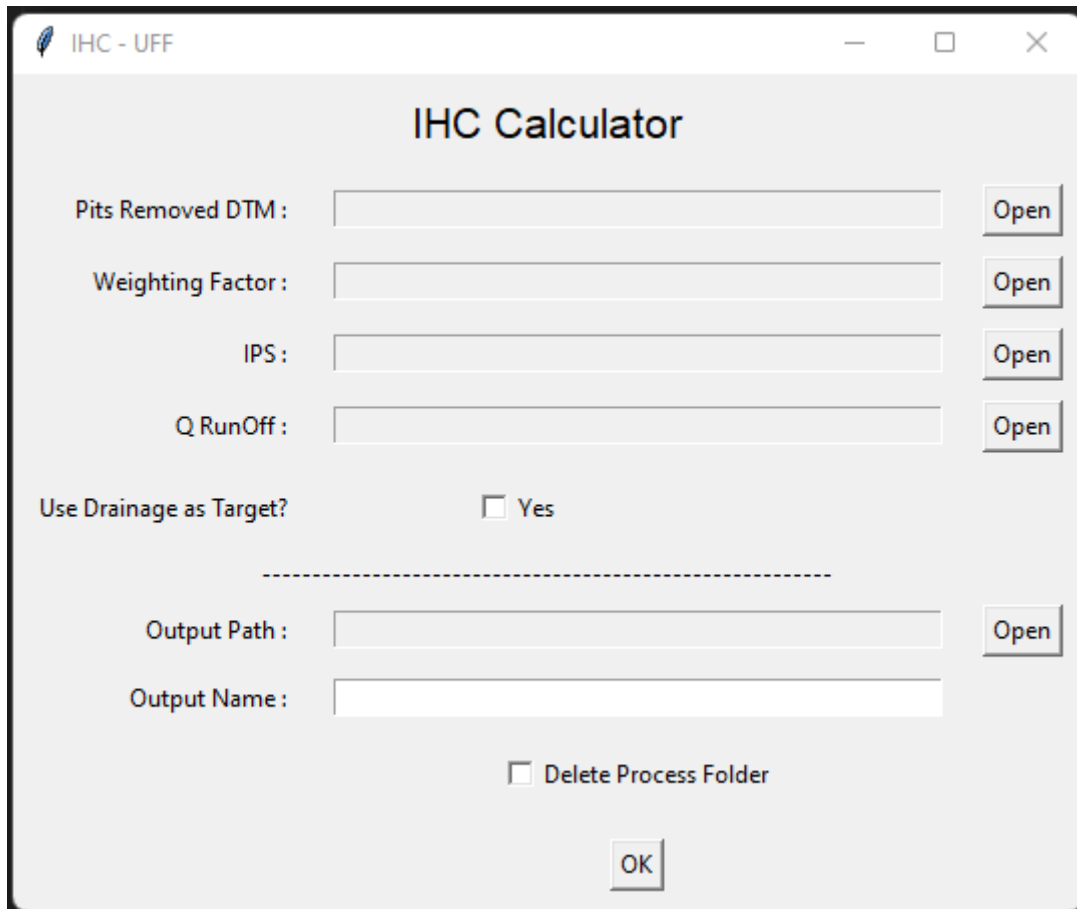


Figura 4. Janela do Software *stand-alone* para submissão dos dados de entrada

A Figura 4 acima apresenta a janela do software *stand-alone* onde é possível inserir os seguintes dados de entrada necessários para o cálculo do IHC:

Os dados de entrada são:

- 1) **Pits Removed DTM:** Com o intuito de evitar erros durante o processamento, recomenda-se realizar o pré-processamento do DTM utilizando o algoritmo breach depressions disponível nas ferramentas WhiteBox, pelo qual é possível gerar o DTM com as depressões removidas, sendo esse o dado de entrada necessário.

Para selecionar o arquivo .tif correspondente, clique no botão “Open” e selecione o arquivo. O caminho para o DTM processado será então exibido na caixa de texto. O tamanho do pixel utilizado nos cálculos será automaticamente definido por esse dado de entrada.

- 2) **Weighting Factor:** Nessa etapa o raster relativo ao fator de impedância (Weighting Factor) deve ser selecionado clicando no botão “Open” e indicando o arquivo .tif correspondente.

O fator de impedância deve ser definido de acordo com as características da bacia hidrográfica e, com a análise necessária, o próprio usuário definirá qual fator de impedância é o mais adequado para sua pesquisa. Se o usuário optar por utilizar o *RI* como fator de impedância, o arquivo pode ser gerado utilizando a ferramenta Surface Roughness desenvolvida por Crema e Cavalli (2018). Por outro lado, se o fator de impedância escolhido for *RS*, um arquivo raster de *RS* deve ser gerado utilizando a Equação (6) para obter seus valores espacialmente distribuídos de acordo com o uso do solo. Nesse caso o mapa de *RS* .tif pode ser selecionado diretamente como o dado de entrada “Weighting Factor”.

- 3) **IPS:** Nessa etapa o mapa do *IPS* deve ser indicado como dado de entrada, sendo que o mapa deve ter sido gerado no formato raster. Os valores de *IPS* são calculados para cada pluviômetro analisado de acordo com a Equação (5), sendo esses valores espacialmente distribuídos respeitando a área de influência relativa a cada pluviômetro obtida por métodos de interpolação (e.g., Polígonos de Thiessen, Kriging, etc.). O tamanho do pixel do raster *IPS* deve ser o mesmo dos demais dados de entrada. Os mapas de *IPS* devem ser gerados para cada evento de precipitação, assim como o mapa de *IHC* resultante.

- 4) **Q_{runoff} :** Nesse passo, o dado de entrada relativa ao mapa de escoamento superficial deve ser definido. Os valores de Q_{runoff} são calculados para cada pluviômetro analisado, sendo considerados os diferentes tipos e usos do solo presentes na bacia. Assim, os valores de escoamento superficial podem ser calculados seguindo as equações (2), (3) e (4). Os valores de Q_{runoff} são espacialmente distribuídos respeitando a área de influência relativa a cada pluviômetro obtida por métodos de interpolação (e.g., Polígonos de Thiessen, Kriging) e são calculados para cada pixel, sendo que o mapa resultante deve ter valores de escoamento superficial em milímetros. A conversão do

escoamento superficial de milímetros para metros, efetuado para cada pixel, é necessário para manter adimensionalidade do índice e é realizada automaticamente no programa. O tamanho do pixel do raster *Qrunoff* deve ser o mesmo em relação aos demais dados de entrada. Além disso, os rasters de *Qrunoff* devem ser gerados para cada evento de precipitação.

5) **Use Drain as Target:** Se essa opção for selecionada, deverá ser indicado o valor mínimo da área de contribuição específica (*Threshold*) que será utilizado para delimitar a linha de drenagem. Todos os pixels com valores superiores ao limiar estabelecido irão compor a linha de drenagem. Caso essa opção não seja selecionada, o pixel com maior valor será considerado como o alvo para qual o índice será calculado. Isto é, neste caso o índice será calculado em relação ao exutório da bacia hidrográfica.

6) **Output Path:** Deve ser indicada a pasta para salvar o arquivo de saída relativo ao mapa de IHC gerado.

7) **Output Name:** Por fim, deve ser indicado o nome do arquivo de saída com o qual o mapa de IHC final será salvo. Destaca-se novamente que um mapa de IHC deve ser calculado para cada evento de precipitação estudado. Recomenda-se utilizar esse campo para atribuir nomes para os rasters gerados que favoreçam a organização, como por exemplo o nome *ihc_evento1*.

8) **Delete Process Folder:** Ao longo das operações necessárias para obter o índice, são gerados rasters intermediários. Estes arquivos podem ser úteis para outras aplicações ou extração de informações (e.g., direção de fluxo D8 e Dinf, acumulação de fluxo etc.), além de possibilitar a identificação de possíveis problemas que podem ter ocorrido durante o processamento. Caso a opção não seja marcada, esses arquivos serão armazenados numa pasta de nome *process_of_<output_name>*, sendo no caso do exemplo anterior *process_of_ihc_evento1*. Esta pasta será salva no mesmo local indicado no *Output Path* (item 6). No caso dessa opção ser marcada, esta pasta será automaticamente deletada ao final do cálculo do índice.

4. Possíveis Problemas

Antes de utilizar o programa, verifique se todos os arquivos de entrada possuem a mesma extensão, estão no mesmo sistema de coordenadas e apresentam o mesmo tamanho de

pixel. Inconsistências nesses aspectos podem causar erros de processamento, fazendo com que o programa não seja executado corretamente.

Com o intuito de evitar erros durante o processamento, recomenda-se realizar o pré-processamento do DTM utilizando o algoritmo *breach depressions* disponível nas ferramentas *WhiteBox*, pelo qual é possível gerar o DTM com as depressões removidas, sendo esse o dado de entrada necessário.

Para alguns casos isolados, foi constatada a ocorrência de contaminação de borda a partir do passo de acúmulo do escoamento superficial, resultando em valores de *NoData* em regiões no interior do raster final IHC. A fim de verificar se esse problema ocorreu, acesse o arquivo intermediário “*accq.tif*” para identificar se há contaminação de borda. Para evitar esse problema, recomenda-se a utilização de uma área maior que a bacia, com um buffer ao redor da área de estudo, em todos os rasters de entrada do IHC.

Esse documento é baseado no manual de *Sediment Connectivity* elaborado por Cavalli et al. (2014).

Para maiores esclarecimentos sobre o software *stand-alone* do Índice de Conectividade Hidrossedimentológica, por favor escreva à Dra. Franciele Zanandrea (francielez@id.uff.br) ou ao desenvolvedor desse script Artur Cereto (arturcereto@id.uff.br).

5. References

Borselli, L., Cassi, P., Torri, D. 2008. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment. *CATENA* 75: 268–277. DOI: 10.1016/j.catena.2008.07.006.

Cavalli, M., Crema, S., Marchi, L. 2014. Guidelines on the Sediment Connectivity ArcGis 10.1 and 10.2 Toolbox. CNR-IRPI Padova (PP4), Release: 1.1, 25p. [online] Available from: <http://www.sedalp.eu/download/tools.shtml>.

Cavalli, M., Marchi, L. 2008. Characterisation of the surface morphology of an alpine alluvial fan using airborne LiDAR. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 8: 323–333. DOI: 10.5194/nhess-8-323-2008.

Cavalli, M., Trevisani, S., Comiti, F., Marchi, L. 2013. Geomorphometric assessment of spatial sediment connectivity in small Alpine catchments. *Geomorphology* 188: 31–41. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.05.007.

Chow, V.T. 1959. *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill, New York.

Crema, S., Cavalli, M. 2018. SedInConnect: a stand-alone, free and open source tool for the assessment of sediment connectivity. *Computers & Geosciences*. 111: 39-45. DOI: 10.1016/j.cageo.2017.10.009.

LINDSAY, J. 2014. WhiteboxTools User Manual. Disponível em: https://www.whiteboxgeo.com/manual/wbt_book/available_tools/hydrological_analysis.html#BreachDepressions. Acesso em: 25 set. 2024.

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C. 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). No 703: xix + 384 pp.

Tarboton, D.G. 1997. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. *Water Resources Research* 33: 309–319. DOI: 10.1029/96WR03137.

Tarboton, D.G. 2021. Taudem 5.3, Terrain Analysis Using Digital Elevation Models [online] Available from: <http://hydrology.usu.edu/taudem/taudem5/>.

Trevisani, S., Cavalli, M. 2016. Topography-based flow-directional roughness: potential and challenges. *Earth Surf. Dyn.* 4: 343 - 358. DOI: 10.5194/esurf-4-343-2016.

Turnbull, L., Wainwright, J. 2019. From structure to function: understanding shrub encroachment in drylands using hydrological and sediment connectivity. *Ecol. Indic.* 98: 608–618. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.11.039.

Wischmeier, W.H., Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture.

Zanandrea, F., Michel, G.P., Kobiyama, M. 2020. Impedance influence on the index of sediment connectivity in a forested mountainous catchment. *Geomorphology* 351. DOI: 10.1016/j.geomorph.2019.106962.

Zanandrea, F., Michel, G.P., Kobiyama, M., Censi, G., Abatti, B.H. 2021. Spatial-temporal assessment of water and sediment connectivity through a modified connectivity index in a subtropical mountainous catchment. *CATENA* 204: 105380. DOI: 10.1016/j.catena.2021.105380.