

Criando um mapa base “geológico-estrutural” de exploração com QGIS e plugin SACP

© ⓘ CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Dados podem ser baixados em <https://gdatasystems.com/learn.php>

1 – Classificação Geológica em banda única a partir de imagens Multispectrais

Mapas geológicos podem ser gerados automaticamente utilizando um conjunto de imagens de satélite multispectrais, como as provenientes dos sensores Landsat, ASTER e Sentinel-2. Neste material, abordaremos a criação de um mapa por meio de duas abordagens distintas: uma não supervisionada, utilizando o algoritmo de agrupamento K-Means, e outra supervisionada, utilizando o método Spectral Angle Mapper (SAM). Trabalharemos com uma área de 1 por 1 grau, mas o mesmo processo pode ser aplicado a áreas menores.

O objetivo dessas técnicas é distinguir diferentes assinaturas espectrais de rochas e, conseqüentemente, os tipos de rochas para gerar uma imagem o mais próxima possível de um mapa geológico.

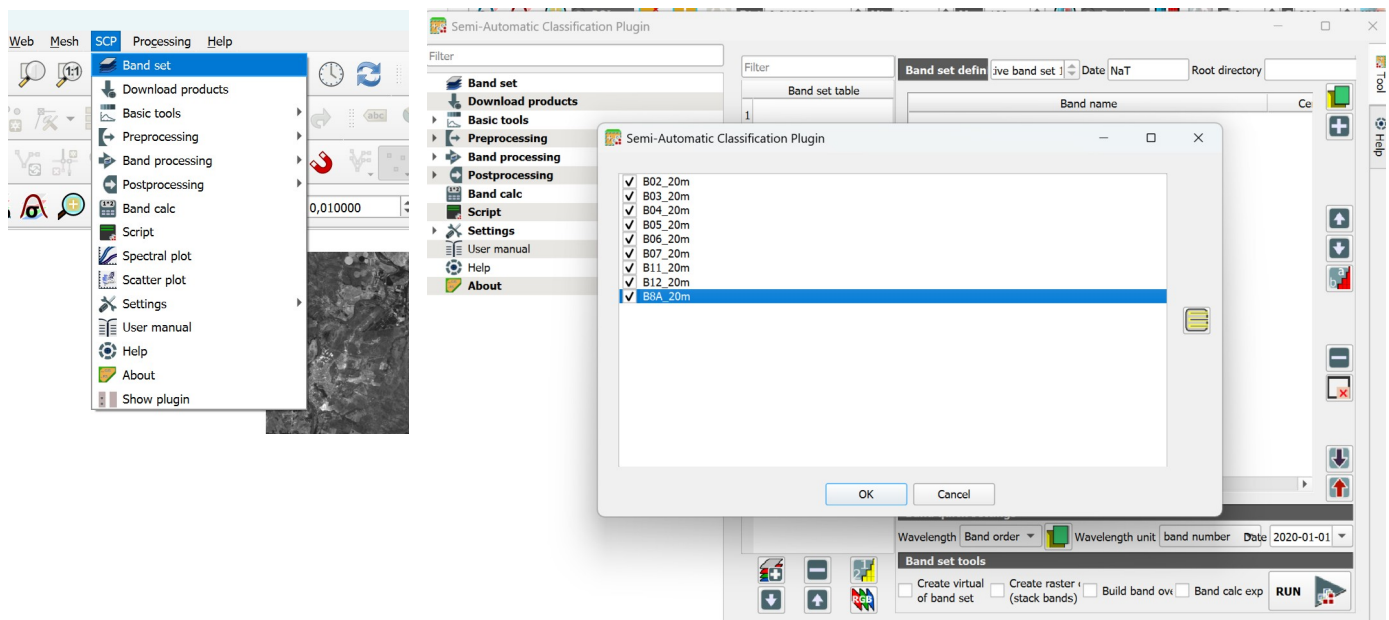
Baixe os arquivos de apoio e salve-os em um local de sua preferência no seu computador.

Instale o SACP (Semi-Automatic Classification Plugin).

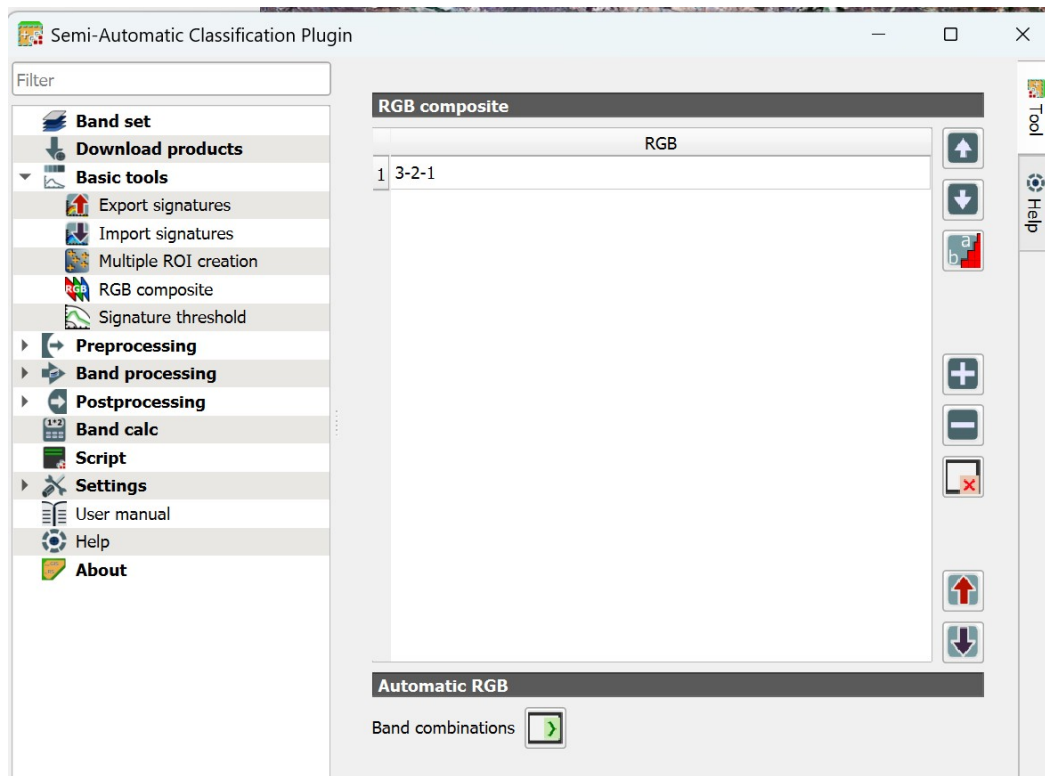
Passo 1 – Checando a imagem nos comprimentos de onda do visível

As bandas 2, 3 e 4 do Sentinel-2 são combinadas em uma composição de cor verdadeira (TCC, na sigla em inglês) ou faixa espectral visível. Neste caso, utilizaremos as bandas com resolução de 20 m, de modo que todas as bandas empregadas (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8A, 11 e 12) apresentem a mesma resolução espacial. A cena completa é utilizada aqui e, devido ao seu tamanho, alguns processos podem levar alguns minutos para serem concluídos, dependendo da capacidade do seu sistema.

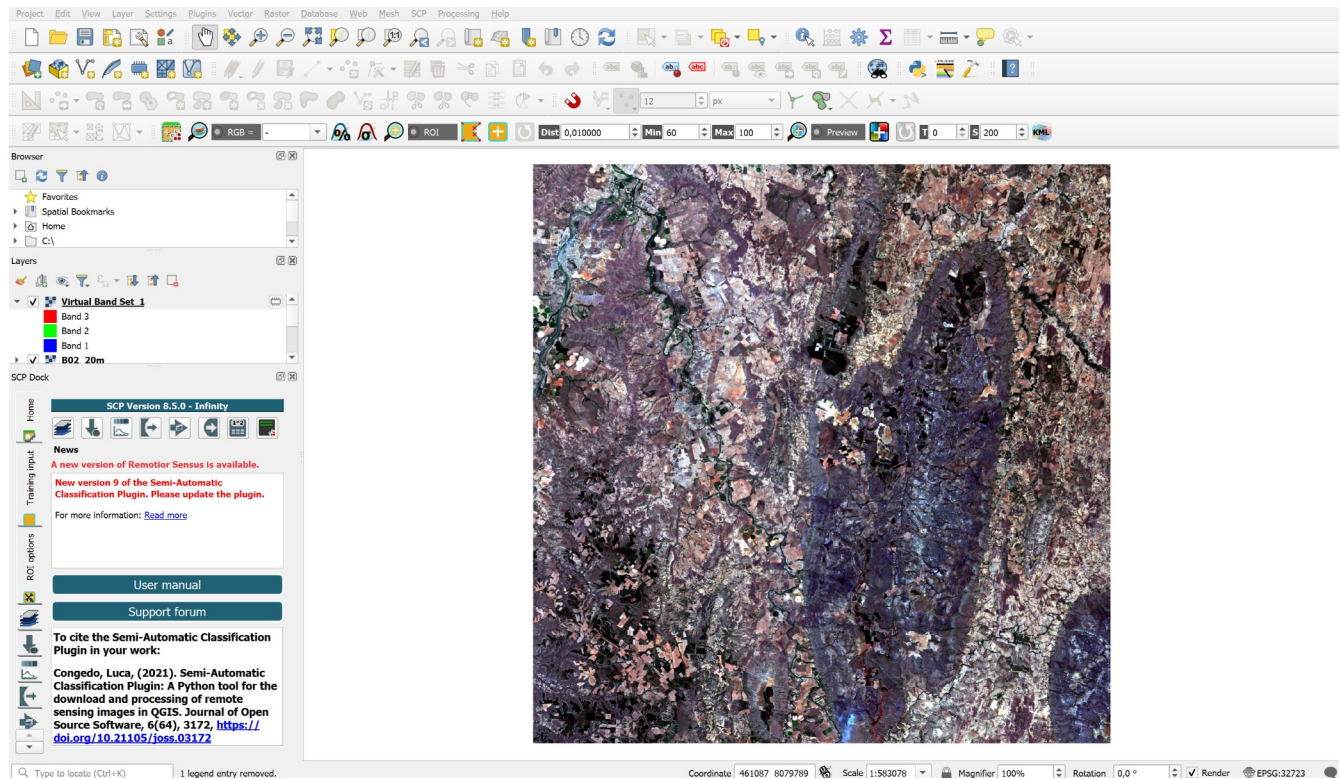
Abra as 9 bandas espectrais do SENTINEL 2 e carregue elas no band set do SCP



No Item Basic Tools selecione RGB Composite e remova da lista as composições 4-3-2 e 7-3-2 mantendo 3-2-1 que correspondem às bandas 4, 3 e 2 do bandset do Sentinel 2.



Uma banda virtual das bandas do visível é gerada.



Na composição do visível podemos observar uma grande área com solo e rocha expostos. Sempre escolha imagens do período mais seco para um melhor resultado.

Mesmo assim ainda temos zonas com cobertura vegetal mais densa e áreas cobertas com corpos de água. Termos que excluir essas áreas e no próximo passo veremos como isso é feito.

Passo 2 – Criando uma máscara para as zonas com respostas espectrais não desejadas

Áreas com vegetação densa e saudável, bem como corpos hídricos, anularão a resposta espectral do solo, gerando uma assinatura indesejada. Essas áreas podem ser removidas (mascaradas) da nossa cena utilizando os seguintes índices:

SAVI - Soil Adjusted Vegetation Index

$$SAVI = [(NIR - Red) / (NIR + Red + L)] \times (1 + L)$$

Onde:

NIR = reflectância do infravermelho próximo

Red = reflectância do vermelho

L = Fator de ajuste do solo (0 a 1 um alto valor L coloca mais peso no ajuste de solo quando a densidade de vegetação é baixa ou muito esparsa).

MNDWI - Modified Normalized Difference Water Index

$$MNDWI = [(GREEN - SWIR1) / (GREEN + SWIR1)]$$

Onde:

GREEN = reflectância do verde

SWIR1 = primeira banda do infravermelho de ondas curtas

NDTI - Normalized Difference Tillage Index

$$MNDWI = [(SWIR1 - SWIR2) / (SWIR1 + SWIR2)]$$

Onde:

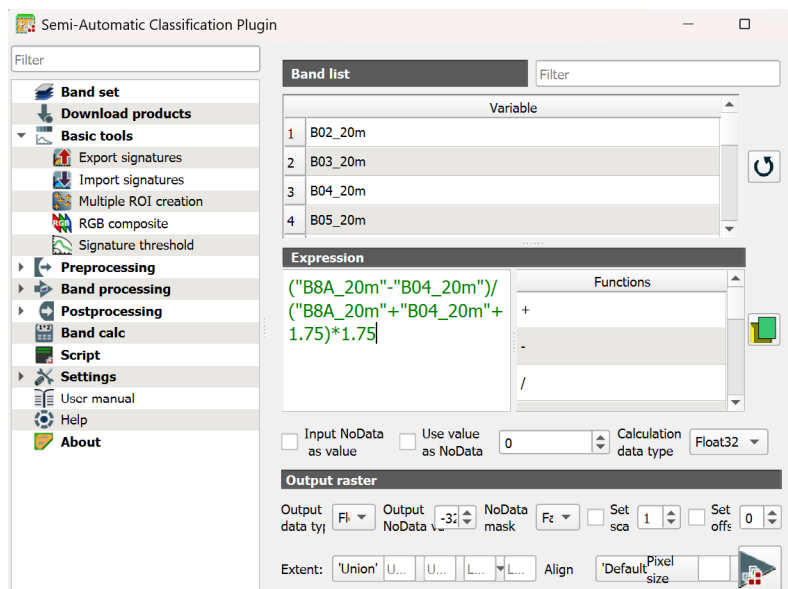
SWIR1 = primeira banda do infravermelho de ondas curtas

SWIR2 = segunda banda do infravermelho de ondas curtas

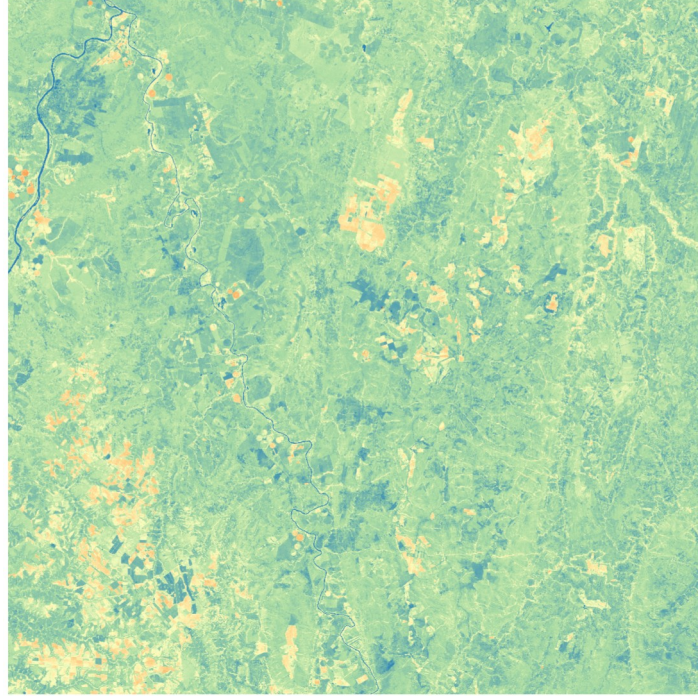
Use o Band calc para criar estes três índices.

Expressão para o SAVI

$$("B8A_20m" - "B04_20m") / ("B8A_20m" + "B04_20m" + 1.75) * 1.75$$



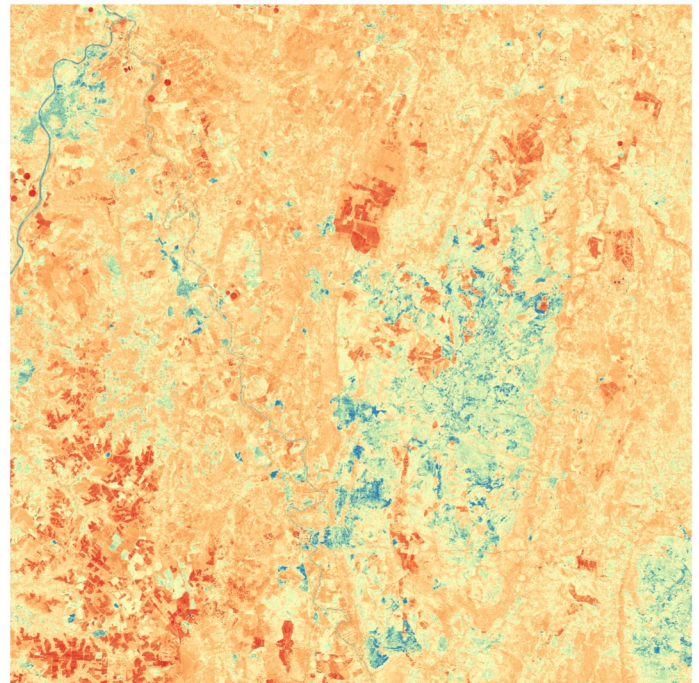
Grave o arquivo como SAVI.tif e a imagem resultante após aplicar uma falsa cor com valores entre 0 e 1.55 será:



Repita using $(\text{"B03_20m"} - \text{"B11_20m"}) / (\text{"B03_20m"} + \text{"B11_20m"})$ para MNDWI e $(\text{"B11_20m"} - \text{"B12_20m"}) / (\text{"B11_20m"} + \text{"B12_20m"})$ para NDTI.

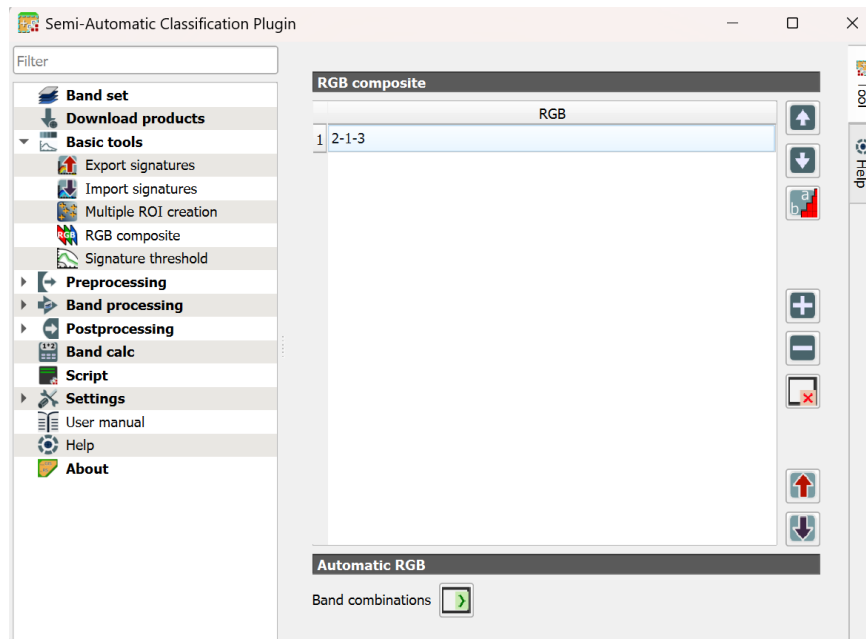


MNDWI faixa de valores positivos

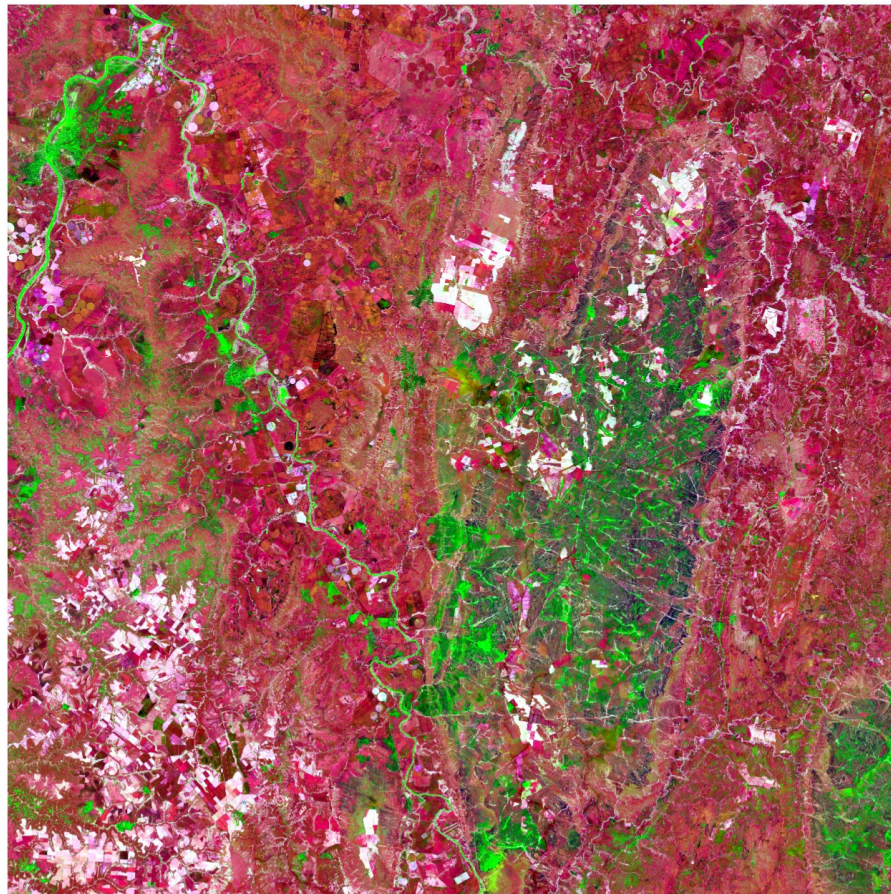


NDTI faixa de 0 a 0.25

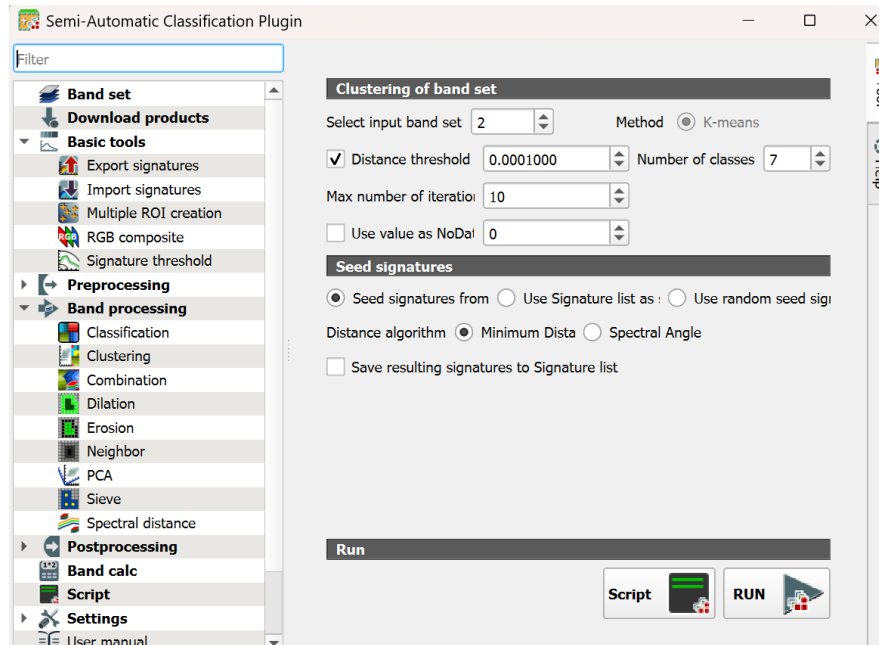
O próximo passo é criar uma imagem RGB composto usando os índices NDTI, MNDWI e SAVI carregados em um novo data set.



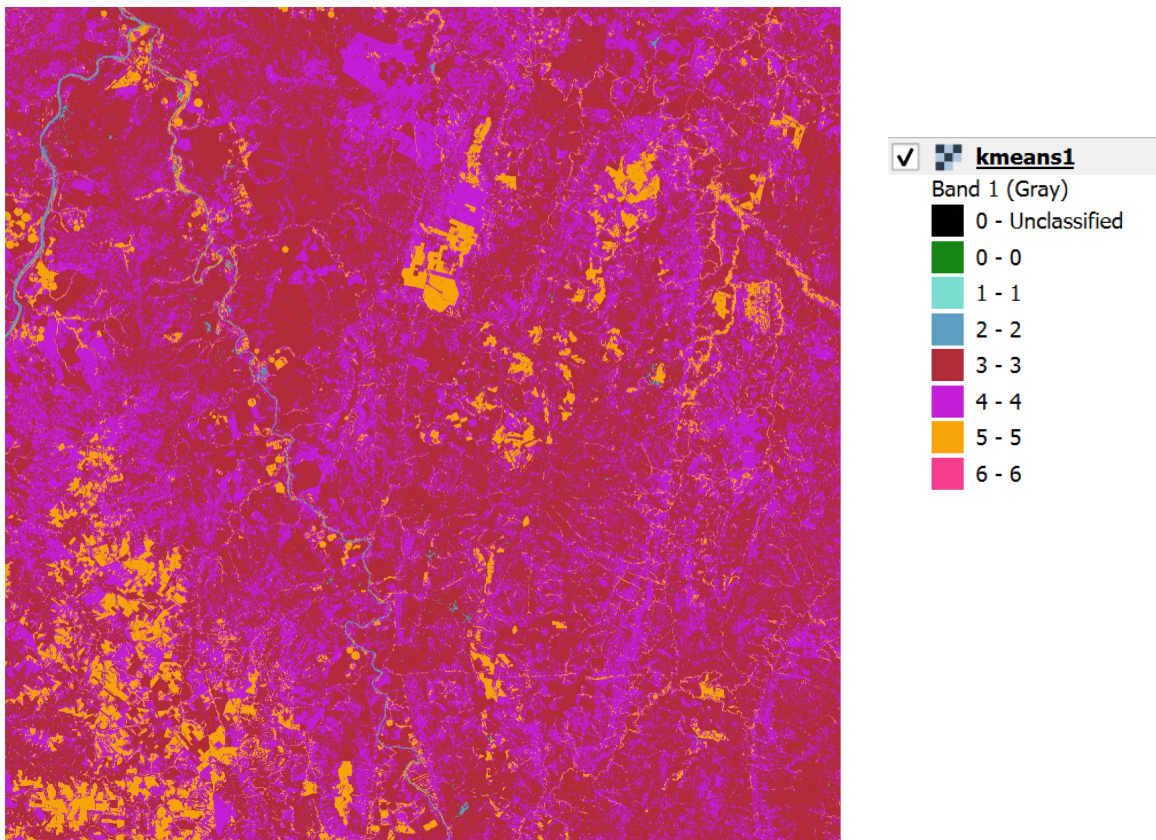
Grave o resultado como INDEXES.tif:



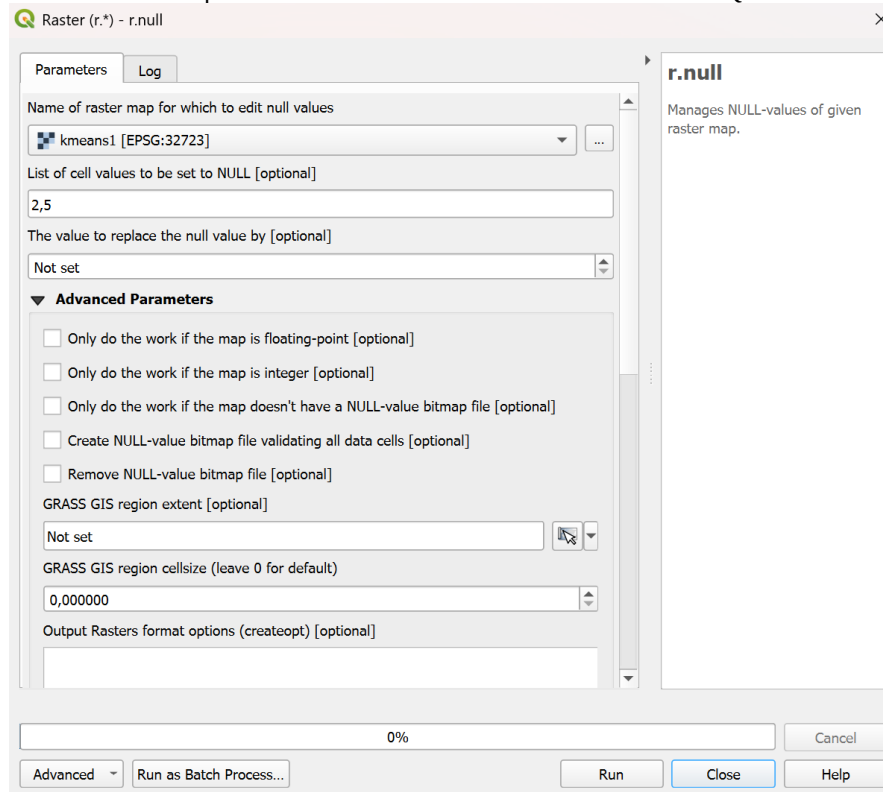
Aplicamos o k-means no band set dos índices usando os parâmetros abaixo.



As classes 1 e 7 estão associadas com corpos de água e vegetação densa respectivamente.



Vamos mudar o valor das classes 2 e 5 para nulo usando a ferramenta GRASS r.null no QGIS



Parameters Log

Name of raster map for which to edit null values
kmeans1 [EPSG:32723]

List of cell values to be set to NULL [optional]
2,5

The value to replace the null value by [optional]
Not set

Advanced Parameters

- ☐ Only do the work if the map is floating-point [optional]
- ☐ Only do the work if the map is integer [optional]
- ☐ Only do the work if the map doesn't have a NULL-value bitmap file [optional]
- ☐ Create NULL-value bitmap file validating all data cells [optional]
- ☐ Remove NULL-value bitmap file [optional]

GRASS GIS region extent [optional]
Not set

GRASS GIS region cellsize (leave 0 for default)
0,000000

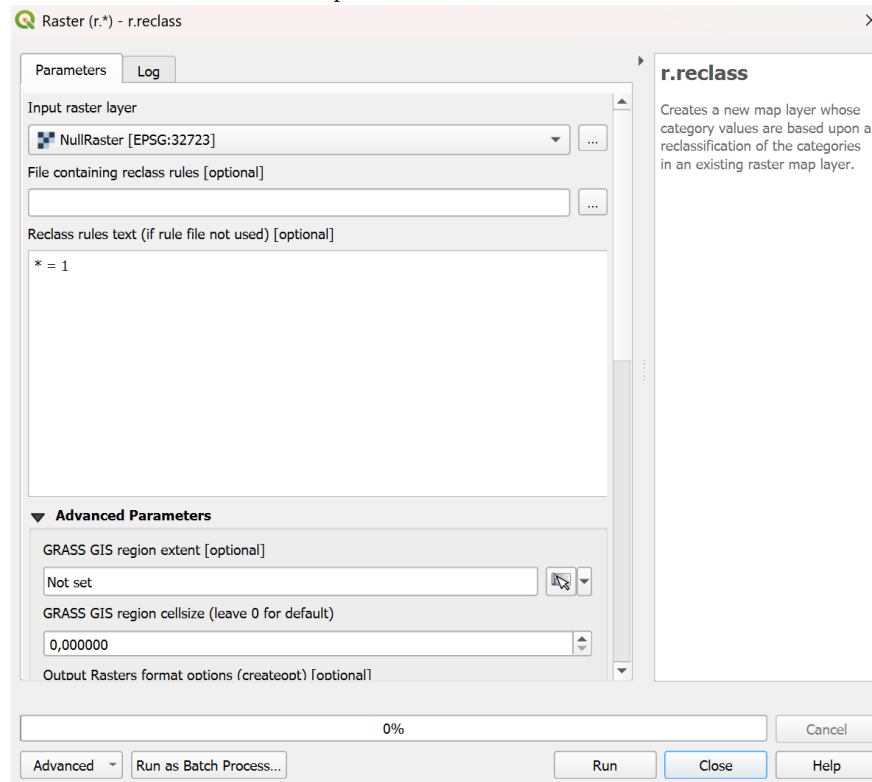
Output Rasters format options (createopt) [optional]

0%

Advanced Run as Batch Process... Run Close Help

r.null
Manages NULL-values of given raster map.

Agora usando os valores 0, 1, 3, 4, 6 e substituindo por 1 usando a ferramenta GRASS r.reclass.



Parameters Log

Input raster layer
NullRaster [EPSG:32723]

File containing reclass rules [optional]

Reclass rules text (if rule file not used) [optional]
* = 1

Advanced Parameters

GRASS GIS region extent [optional]
Not set

GRASS GIS region cellsize (leave 0 for default)
0,000000

Output Rasters format options (createopt) [optional]

0%

Advanced Run as Batch Process... Run Close Help

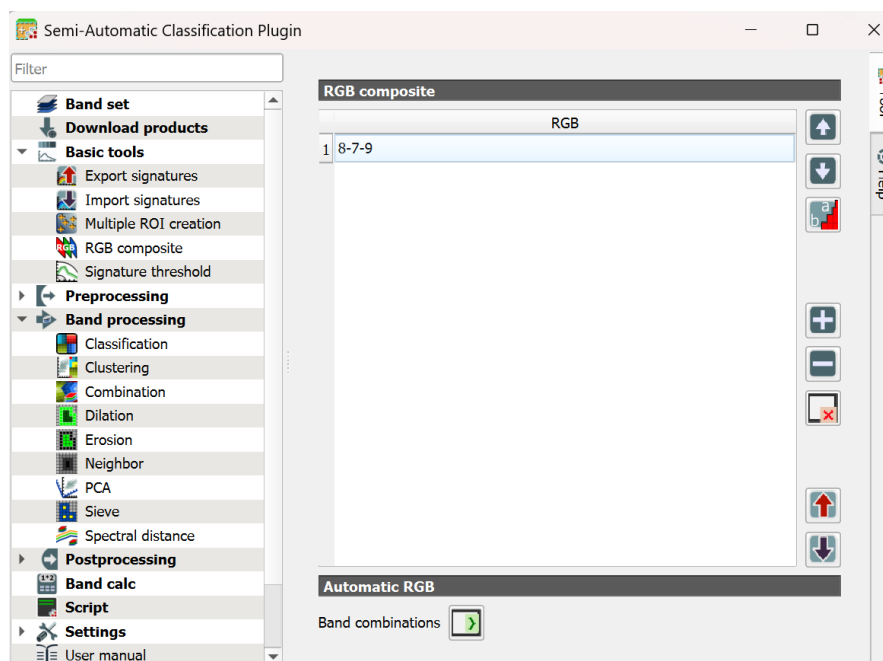
r.reclass
Creates a new map layer whose category values are based upon a reclassification of the categories in an existing raster map layer.

Salve a imagem virtual reclassificada abaixo como MASK.tif.

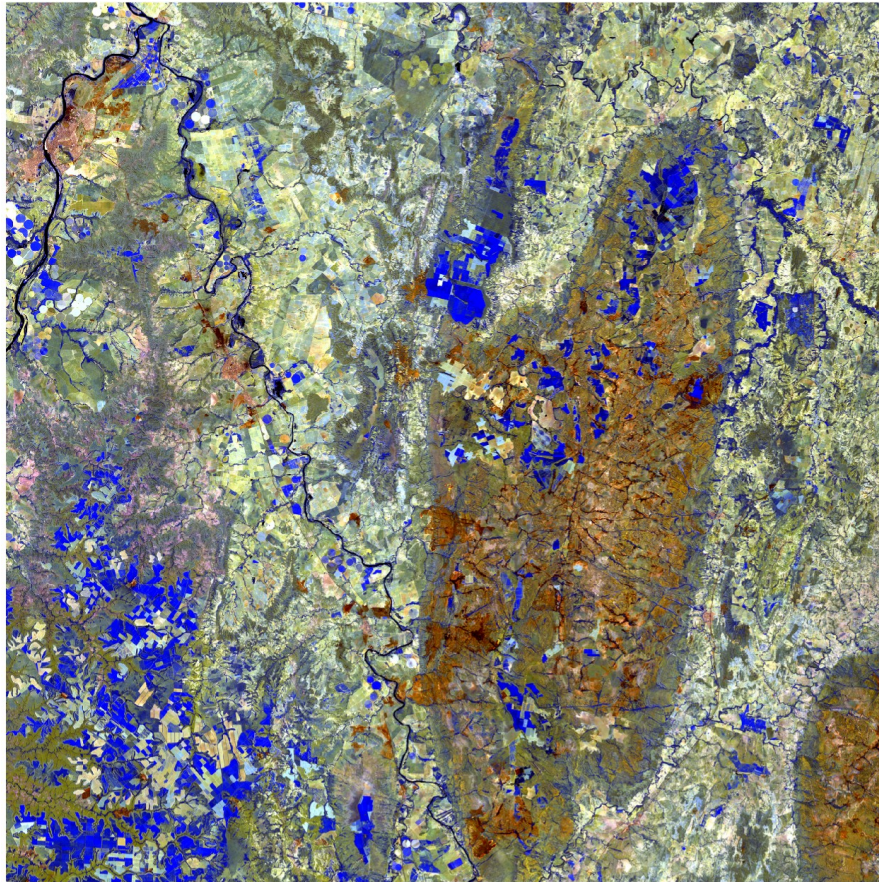


Passo 3 – Criando duas cenas compostas usando metodologias distintas

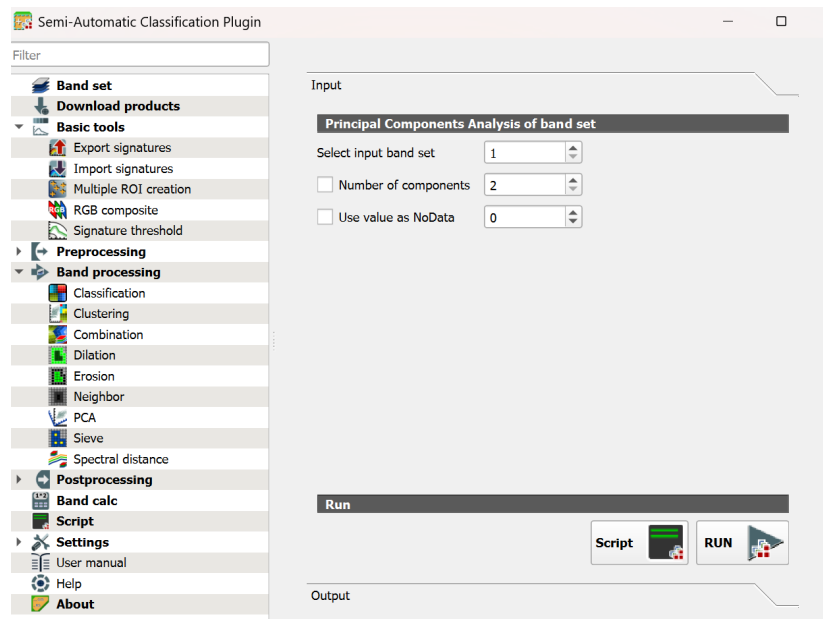
Selecionando o band set 1 vamos criar uma imagem RGB usando os parâmetros abaixo:



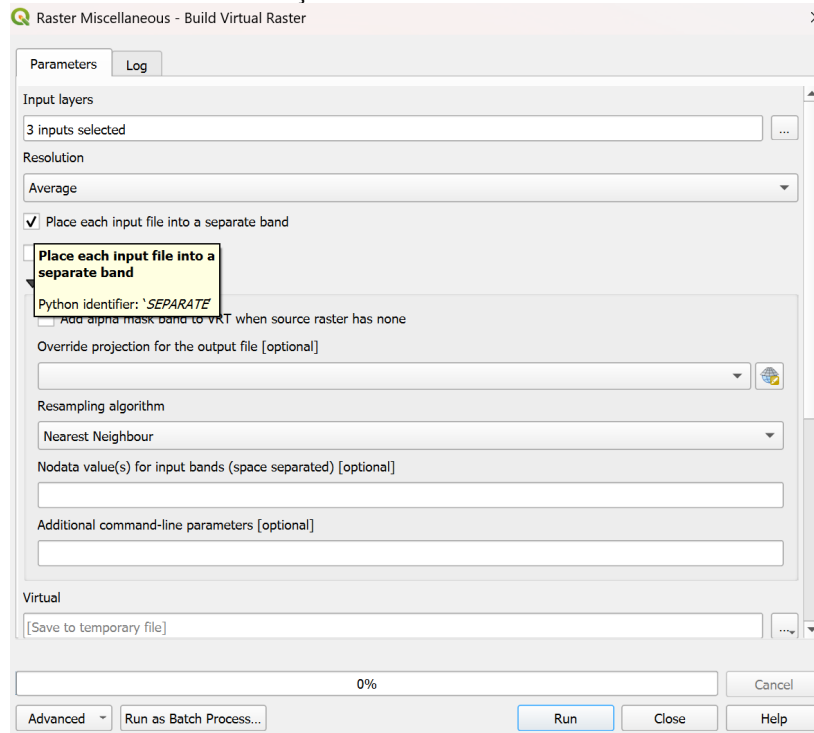
A imagem resultante é mostrada abaixo, salve ela com **SSN.tif** (SWIR-SWIR-NIR).



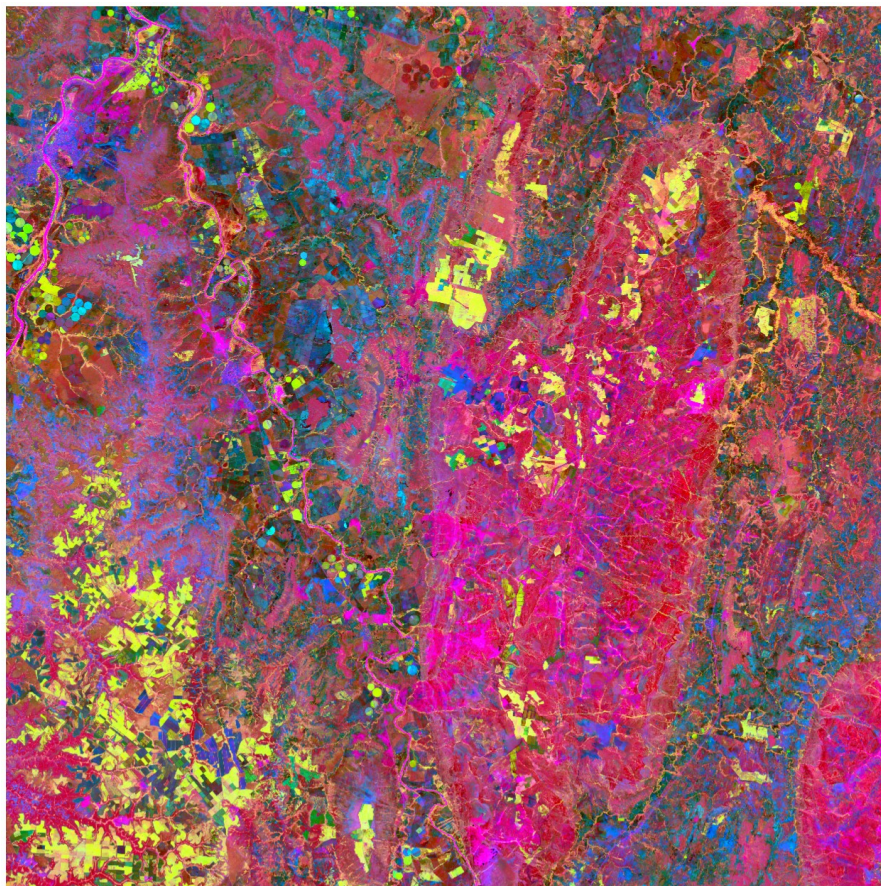
Agora use a ferramenta de processamento PCA conforme parametros abaixo:



Após o processamento use a ferramenta de construção de um raster virtual selecionando as camadas PCA 1, 2 e 3.

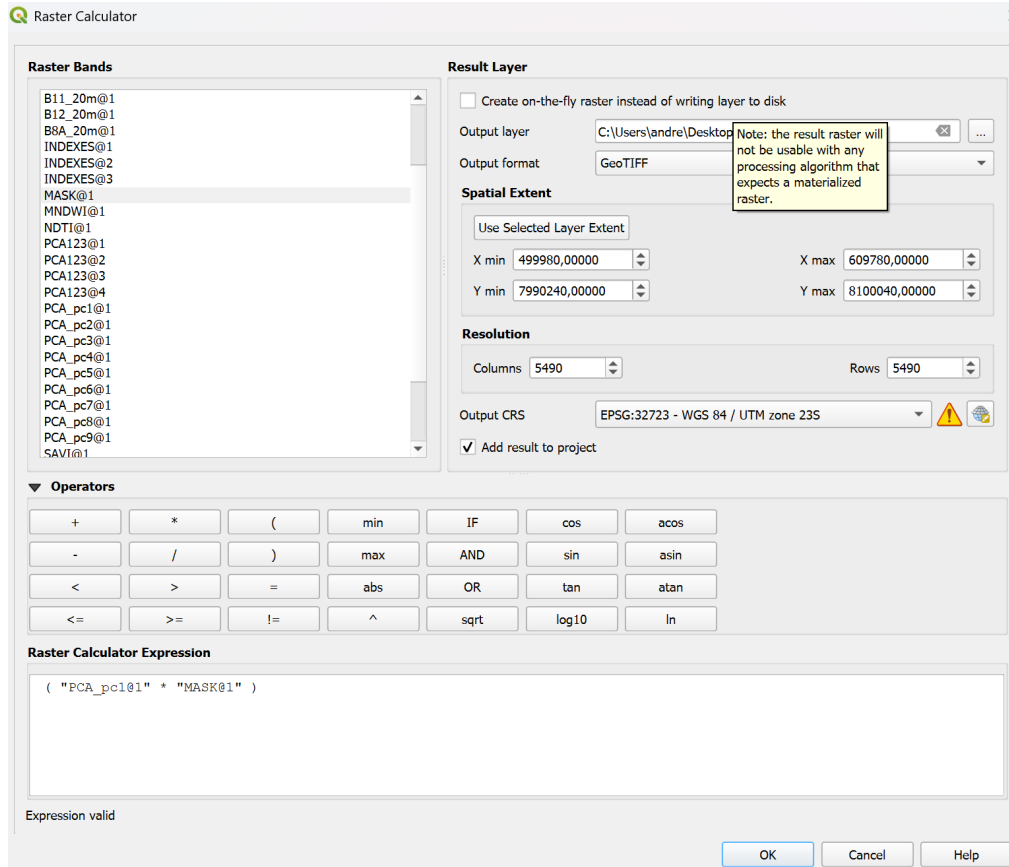


A imagem resultante é mostrada abaixo, salve ela com **PCA123.tif**.



Vamos agora aplicar a mascara de cada banda das imagens originais do PCA123 e SSN usando a calculadora de raster.

$("PCA_pc1@1" * "MASK@1") = PCA1m$
 $("PCA_pc2@1" * "MASK@1") = PCA2m$
 $("PCA_pc3@1" * "MASK@1") = PCA3m$
 $("B12_20m@1" * "MASK@1") = SSN1m$
 $("B11_20m@1" * "MASK@1") = SSN2m$
 $("B8A_20m@1" * "MASK@1") = SSN3m$



Geramos então as camadas PCA1m, PCA2m, PCA3m, SSN1m, SSN2m e SSN3m.

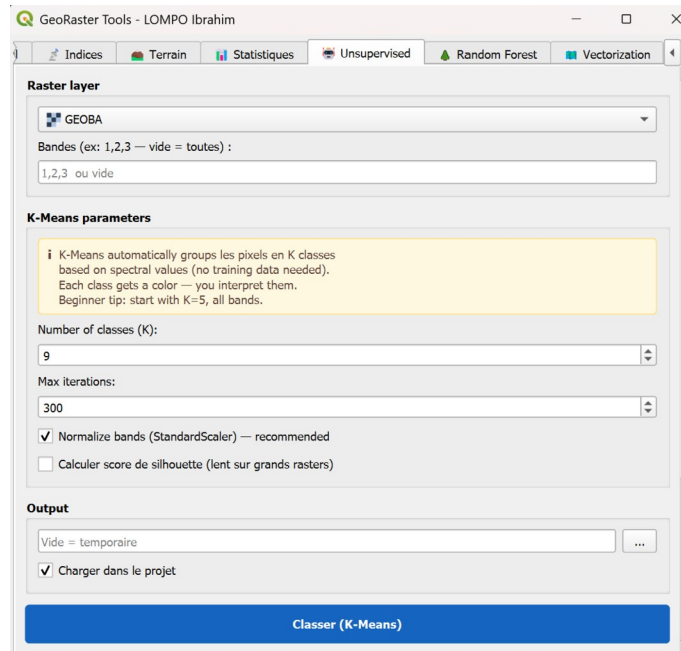
O próximo procedimento agora é multiplicarmos usando a calculadora raster:

$("PCA1m@1" / "SSN1m@1") = GEOBASE1$
 $("PCA2m@1" / "SSN2m@1") = GEOBASE2$
 $("PCA3m@1" / "SSN3m@1") = GEOBASE3$

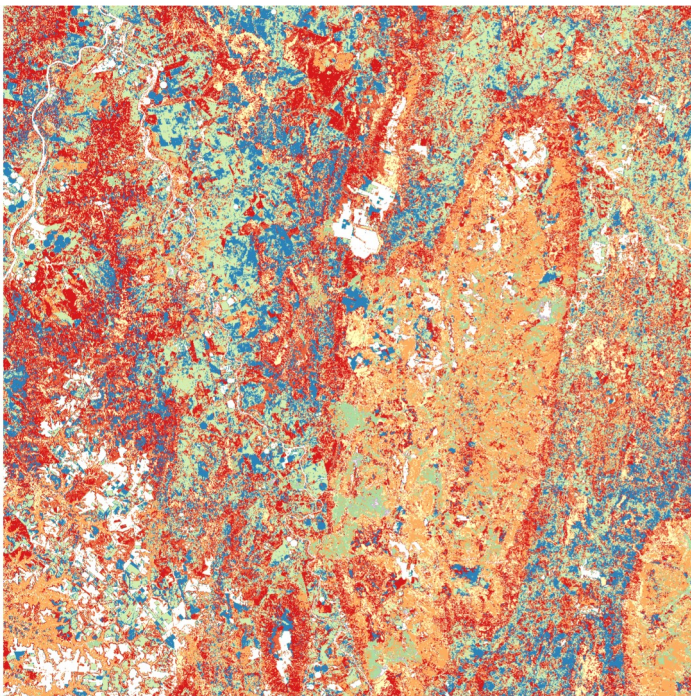
Crie um raster RGB virtual usando GEOBASE 1, 2 e 3 e grave como GEOBA.tif

Passo 4 – Processo não supervisionado

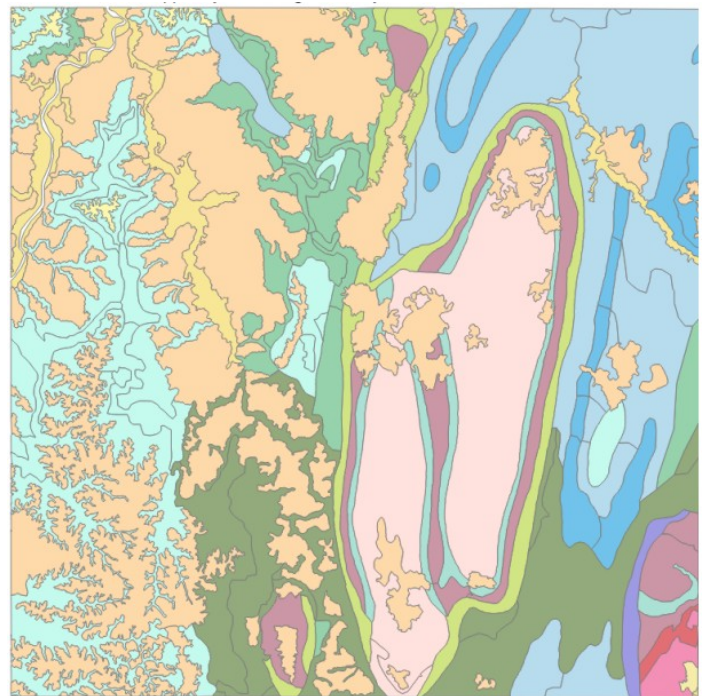
Usando o plugin GeoRaster rodamos o k-means de 9 classes no raster GEOBA.tif que resultará no nosso primeiro “MAPA GEOLÓGICO”. Gravaremos com o nome UNSUPERVISIONED.



O resultado obtido em banda única se correlaciona muito bem com os dados de mapeamento geológico da área efetuado pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB).

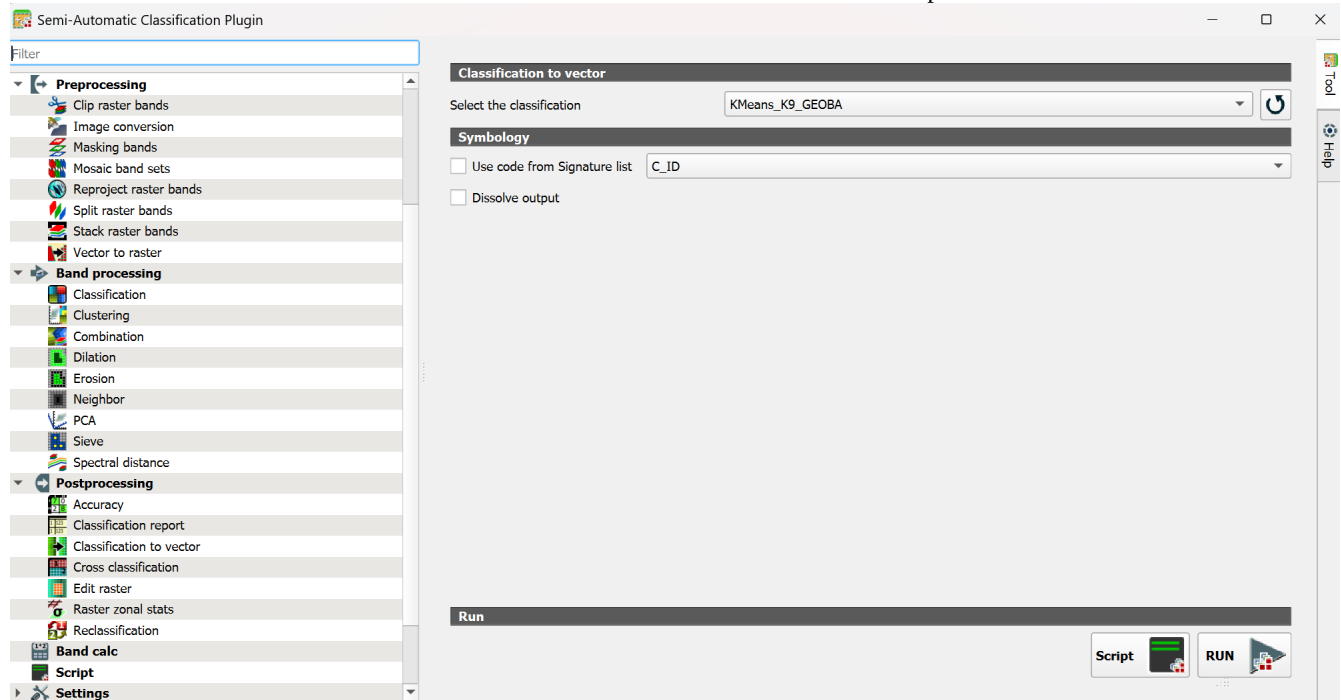


Resultado K-means 9 classes em falsa cor.

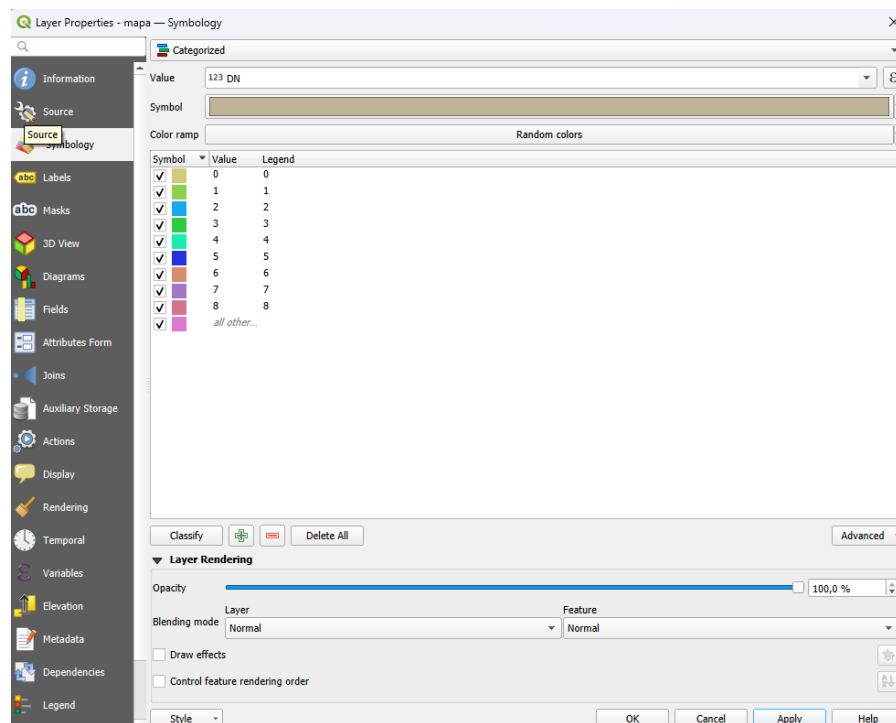


Mapa Geológico do SGB

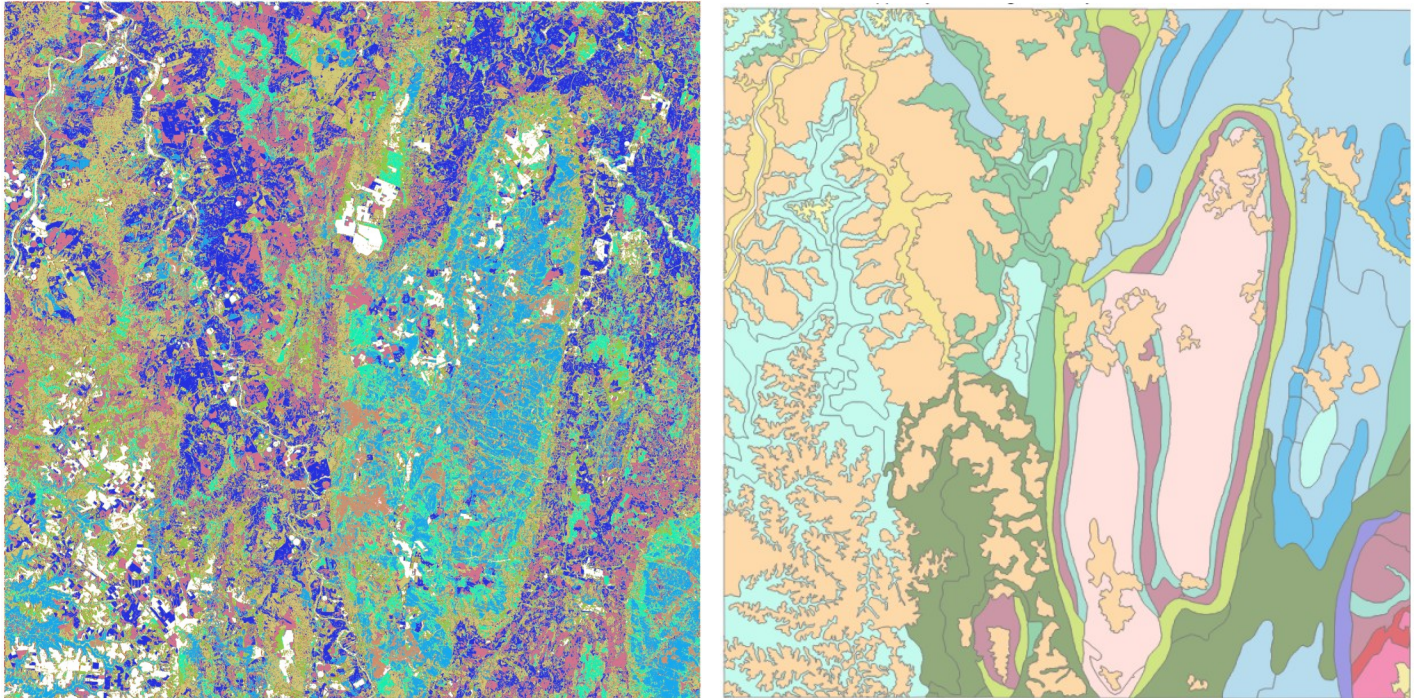
Vamos agora usar esta etapa opcional de converter o nosso raster de banda única (UNSUPERVISIONED.tif) em um mapa vetorial. Para isso vamos usar a ferramenta Classification to vector do SCP usando os parâmetros abaixo:



Ajustamos a camada vetorial usando as configurações de camada conforme abaixo:



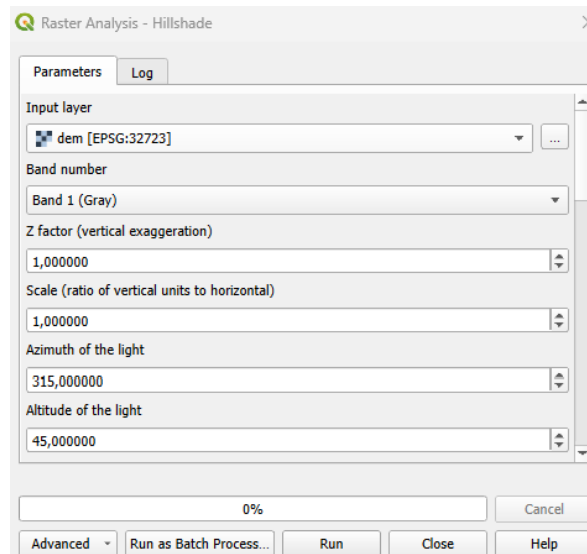
Resultado da camada vetorial comparado com o mapeamento do SGB apresentando a alta correlação.



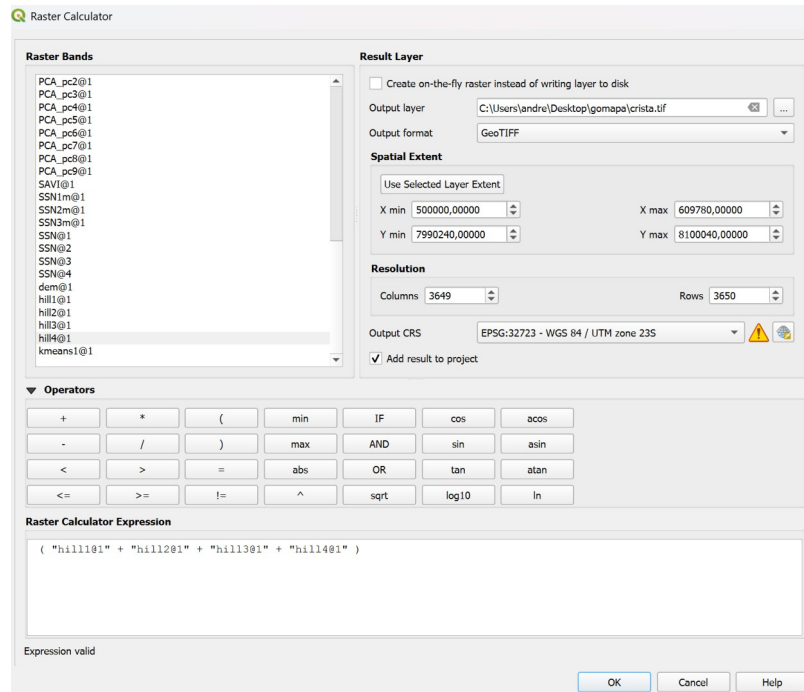
Passo 5 – Informações Estruturais

Os dados de estrutura geológica ajudam bastante na complementação de um mapa geológico e veremos agora como extrair estes dados a partir do modelo digital de elevação.

A primeira tarefa será gerar uma camada com cristas topográficas. Fazemos isso usando a ferramenta raster → hillshade usando azimuth de luz a 45, 135, 225 e 315 graus. Gravar cada camada com hill1, hill2, hill3 e hill4.



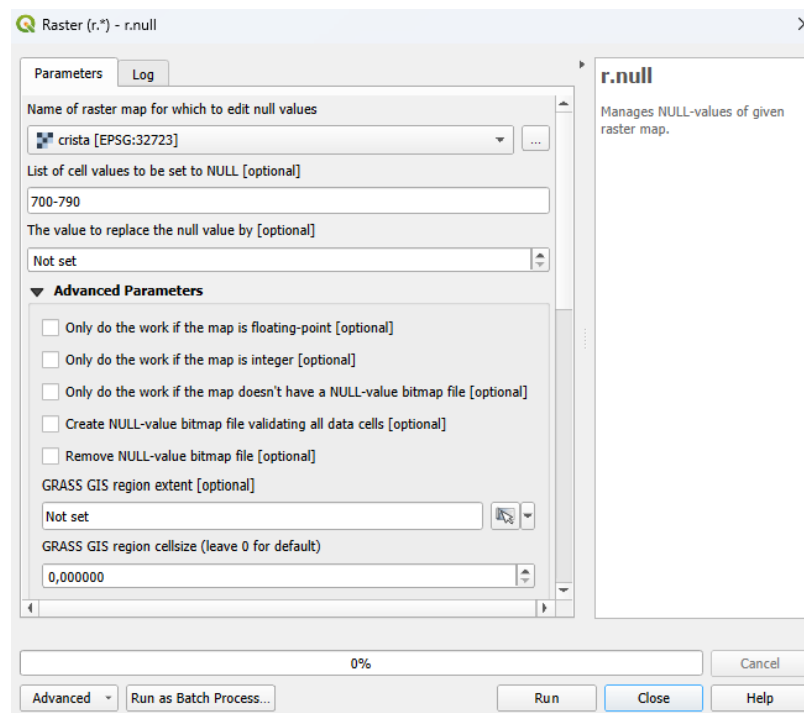
Com a Raster Calculator some as quatro hillshades geradas e grave como crista.tif .



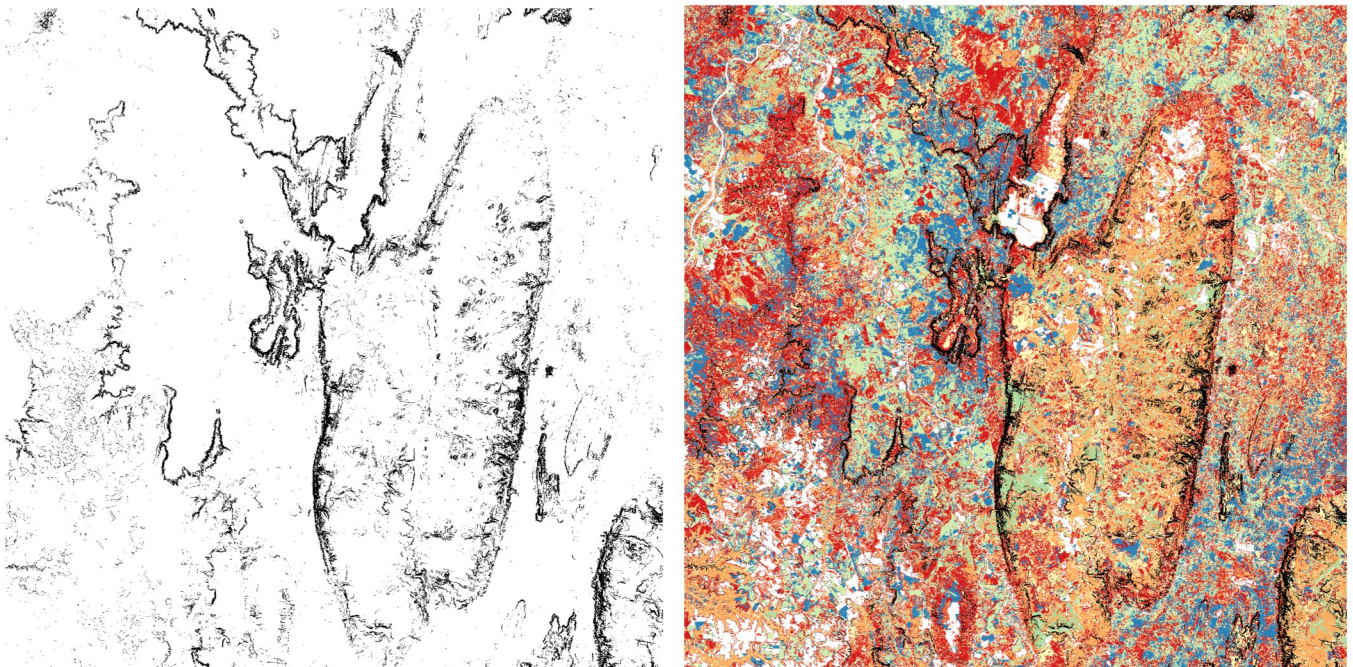
A Camada crista.tif resultante é mostrada abaixo:



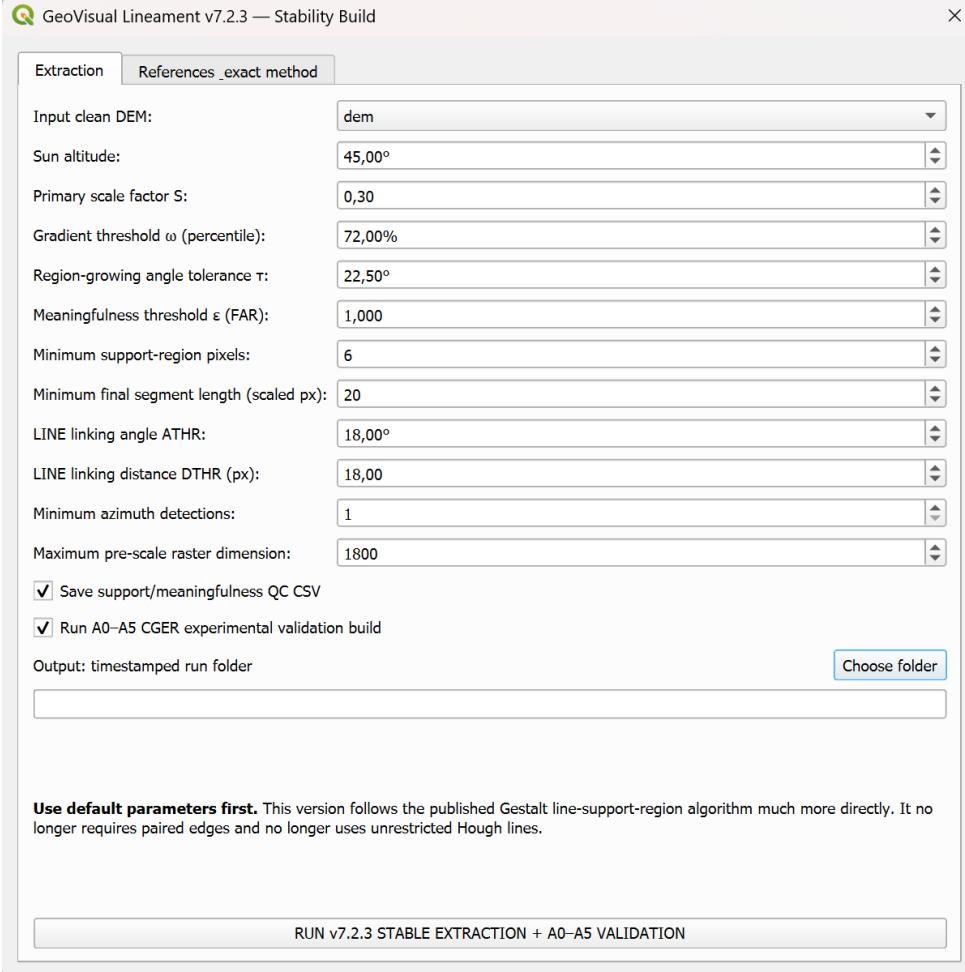
Execute a ferramenta GRASS r.null na camada crista.tif transformando em nulo os valores acima de 700. Salve a camada como CREST.tif .



Camada CREST resultante e sobreposição com o resultado do K-means (UNSUPERVISED).



A extração de lineamentos pode ser feita de forma preliminar usando o plugin GeoVisual Lineament a partir do modelo digital de elevação. Basta escolher o diretório para grava os vetores lineares resultantes e executa usando os parâmetros abaixo:



GeoVisual Lineament v7.2.3 — Stability Build

Extraction References _exact method

Input clean DEM: dem

Sun altitude: 45,00°

Primary scale factor S: 0,30

Gradient threshold ω (percentile): 72,00%

Region-growing angle tolerance τ : 22,50°

Meaningfulness threshold ϵ (FAR): 1,000

Minimum support-region pixels: 6

Minimum final segment length (scaled px): 20

LINE linking angle ATHR: 18,00°

LINE linking distance DTHR (px): 18,00

Minimum azimuth detections: 1

Maximum pre-scale raster dimension: 1800

☒ Save support/meaningfulness QC CSV

☒ Run A0–A5 CGER experimental validation build

Output: timestamped run folder [Choose folder](#)

Use default parameters first. This version follows the published Gestalt line-support-region algorithm much more directly. It no longer requires paired edges and no longer uses unrestricted Hough lines.

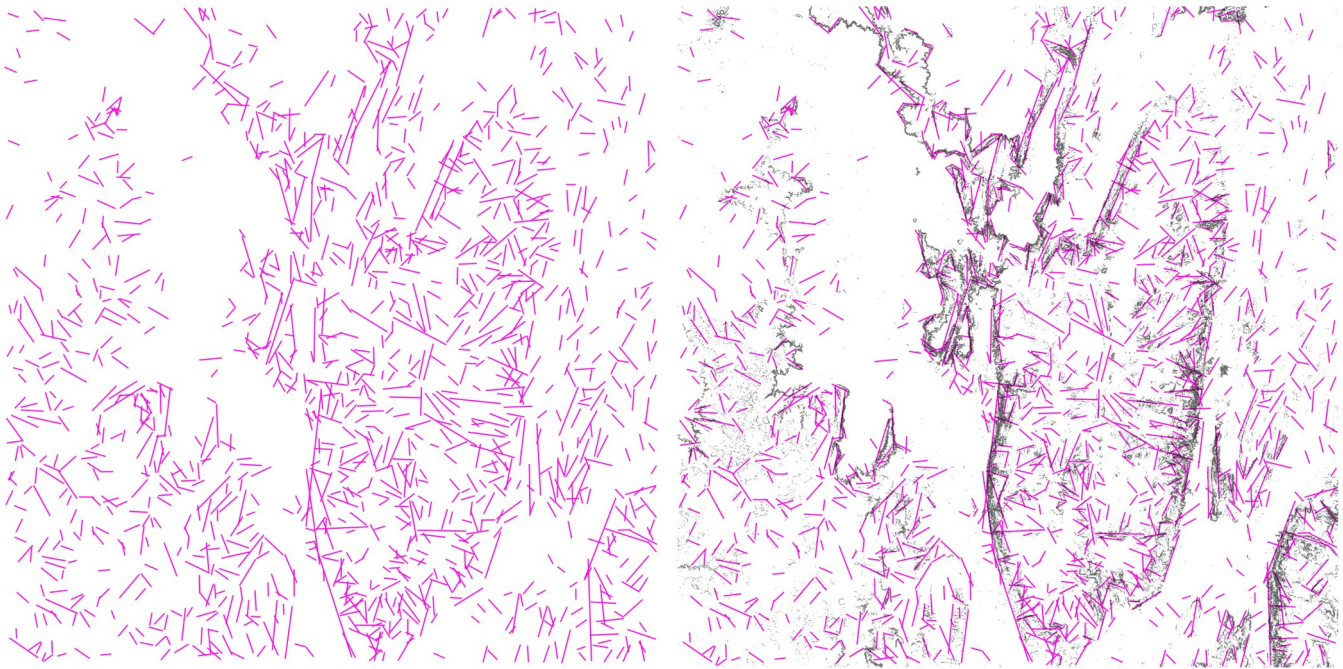
RUN v7.2.3 STABLE EXTRACTION + A0–A5 VALIDATION

O resultado serão 4 vetores de linhas:

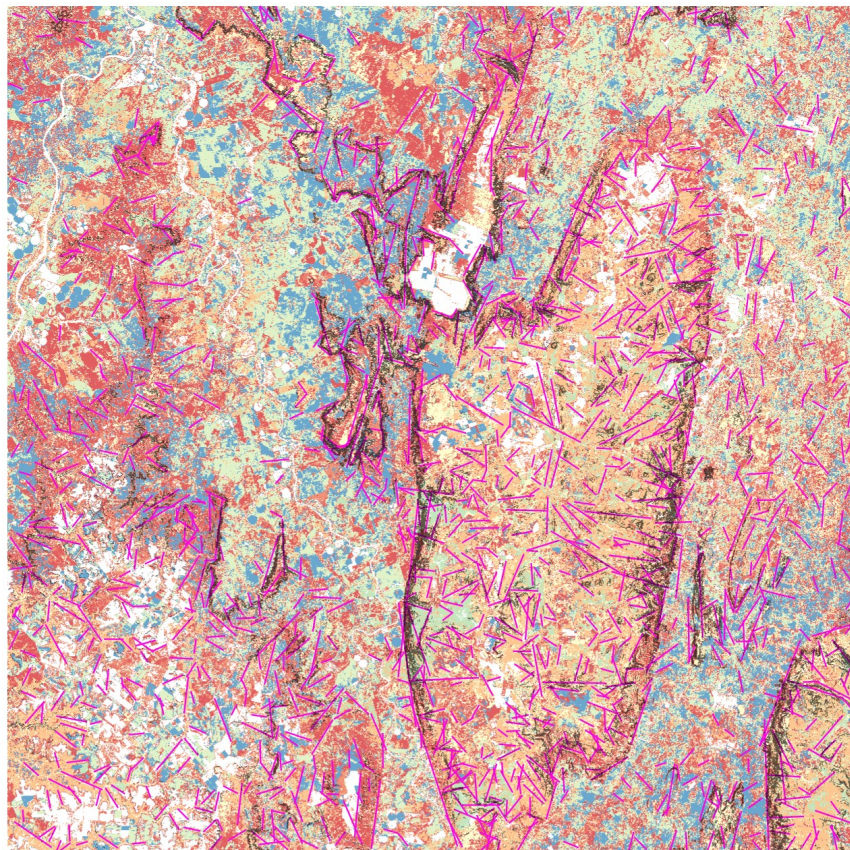
- ☒ **A1_Candidates**
- ☐ **Principal_Lineaments**
- ☐ **Selected_Lineaments**
- ☐ **All_Meaningful_Segments**

Basta considerar o vetor A1_candidates ou All_meaningfull_Segments.

Resultado lineamentos e lineamentos e cristas.



Resultado final Geologia + Estrutural.



Conclusões

Com as nove cenas do Sentinel 2 e o modelo digital de elevação (DEM) podemos gerar um mapa geológico-estrutural preliminar de uma região.

Esta metodologia funciona bem para a maioria das regiões mas é mais eficiente para regiões com um período seco significativo e com áreas expostas. Em zonas úmidas e de vegetação densa a metodologia é menos eficiente.

André Luiz Costa, P.Geo., FAIG, CBRR

Referências:

Congedo, Luca, (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. Journal of Open Source Software, 6(64), 3172, <https://doi.org/10.21105/joss.03172>

GeoRaster Tools - https://plugins.qgis.org/plugins/GeoRaster_Tools/#plugin-about

GeoVisual Lineament - <https://plugins.qgis.org/plugins/GeoVisualLineament/#plugin-about>