

TAÍS CAROLINA DE OLIVEIRA ALCÂNTARA
MILENA MARÍLIA NOGUEIRA DE ANDRADE

**ROTEIRO METODOLÓGICO
PARA MAPEAMENTO DE
EXTENSÃO DE INUNDAÇÃO
EM ALENQUER (PA) A
PARTIR DE SENSORES
ATIVOS**

Belém-Pará
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE RISCOS
E DESASTRES NA AMAZÔNIA

Produto Técnico vinculado a Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres na Amazônia, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A347i Alcântara, Tais Carolina de Oliveira.
Imagem de radar para mapeamento de inundação na área urbana de Alenquer, Pará / Tais Carolina de Oliveira Alcântara. — 2023.
87 f. : il. color.

Orientador(a): Prof.^a Dra. Milena Marília Nogueira de Andrade
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Gestão de Risco e Desastre na Amazônia, Belém, 2023.

1.Sensoriamento Remoto. 2.Sentinel-1. 3.Inundações.
4.Desastres Naturais. 5.Amazônia. I. Título.

CDD 621.3678

ROTEIRO DE PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA MAPEAMENTO DE EXTENSÃO DE INUNDAÇÃO EM ALENQUER (PARÁ) A PARTIR DE SENSORES ATIVOS

PRODUTO TÉCNICO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE
RISCO E DESASTRE NA AMAZÔNIA



Foto: Milena Andrade, Alenquer, 2015.

Autoria

TAÍS CAROLINA DE OLIVEIRA ALCÂNTARA

Organização

MILENA MARÍLIA NOGUEIRA DE ANDRADE

ABRIL DE 2023

Apresentação

O produto técnico resultante desse estudo é composto por um Script no formato de roteiro de procedimentos metodológicos para realizar o mapeamento da extensão de inundação na cidade de Alenquer (Pará), no ano de 2017, utilizando imagens de radar do satélite Sentinel-1. O objetivo deste produto é permitir a identificação de áreas inundadas na região amazônica, contribuindo para fornecer respostas rápidas em eventos extremos, além de auxiliar na tomada de decisão do poder público e de futuros planejamentos urbanos.

Considerações

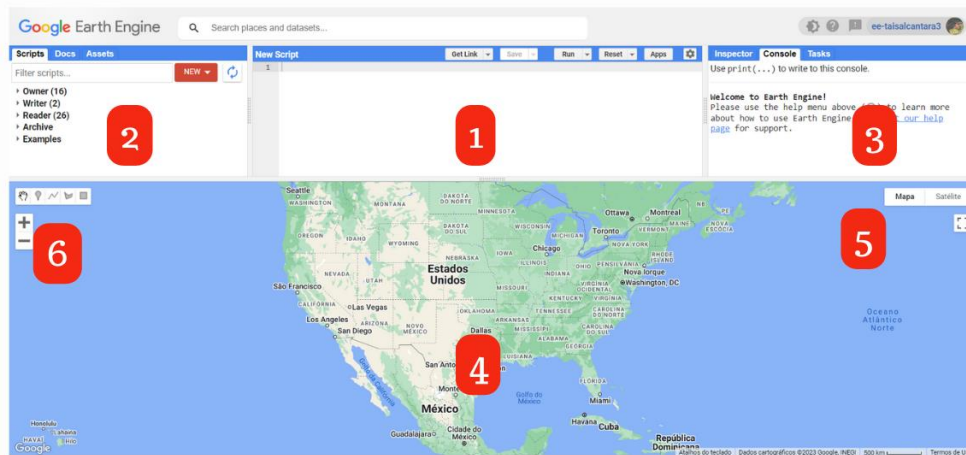
O presente roteiro disponibilizado possibilita a geração de extensões de inundações utilizando imagens do satélite Sentinel-1 nas polarizações VV e VH, para a sede urbana de Alenquer para o ano de 2017. Os limiares utilizados para os produtos técnicos tiveram como base o método de tentativa e erro.

O processo de funcionamento dos produtos técnicos gerados ocorrem a partir dos seguintes passos:

- 1) Seleção do satélite sentinel-1;
- 2) Seleção da polarização;
- 3) Seleção da imagem de data pré-inundação;
- 4) Seleção da imagem de data pós-inundação;
- 5) Filtragem do ruído Speckle;
- 6) Técnica de detecção de mudanças (Razão entre a imagem pós-evento e pré-evento);
- 7) Definição do limiar;
- 8) Remoção dos corpos d'água permanentes;
- 9) Refinamento da extensão de inundação gerada;
- 10) Geração da extensão de inundação definitiva;
- 11) Cálculo de área da extensão de inundação;
- 12) Exportação das imagens e shapefiles de extensão de inundação geradas.

A interpretação e o conhecimento de imagens de radar são fundamentais para a correta utilização desses produtos. Como são processos automáticos, é altamente recomendável validar os dados obtidos em campo, a fim de aumentar a robustez dos estudos realizados. Além disso, é importante ressaltar que as informações geográficas utilizadas possuem algumas limitações, relacionadas a questões de escala, resolução, data e interpretação dos resultados. Assim, é necessário ter uma compreensão clara dessas limitações e utilizá-las de forma estratégica para alcançar os melhores resultados possíveis.

Interface do Google Earth Engine (GEE)



O GEE está implementado em uma página da web (<https://code.earthengine.google.com/>) e sua estrutura se apresenta da seguinte forma:

- 1 - **Code Editor**: janela de programação em JavaScript de capaz de acessar e processar petabytes de imagens de satélites e outros dados publicamente disponíveis. Espaço para criação do script;
- 2 - As abas: **Scripts**, para acesso a exemplos de scripts pré-prontos; **Docs**, documentação dos principais comandos e funções disponíveis no GEE; e **Assets**, para armazenar arquivos geo-espaciais (imagens e vetores) no servidor GEE;
- 3 - As abas: **Inspector**, para se obter informações de um ponto ou camadas visualizadas no mapa; **Console**, para imprimir as informações solicitadas através do comando `print()`; **Tasks**, local onde são geradas as tarefas de exportação dos dados do GEE;
- 4 - Ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) on-line para visualização de análises espaciais complexas usando a API Javascript (**o mapa**, propriamente dito);
- 5 - Manipulação das camadas (**Layers**) e modificações das configurações de visualização;
- 6 - Criação de geometrias (**Geometries**) dos tipos pontos, linhas e polígonos e editar as características de visualização.

Os scripts desenvolvidos neste trabalho são apresentados nas próximas páginas.

Script com polarização VV

<https://code.earthengine.google.com/5b40f96c9b135cc3568bbd3a88c451ea>

```
/* Autoria: Taís Carolina de Oliveira Alcântara
   Mapeamento de inundação adaptado da prática recomendada das Nações Unidas (United Nations)
   Adaptado de "Step-by-Step: Recommended Practice: Flood Mapping and Damage Assessment Using
   Sentinel-1 SAR Data in Google Earth Engine"
   https://www.un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-google-
   earth-engine-flood-mapping/step-by-step */
```

```
// ADICIONANDO CAMADAS UTILIZADAS
var geometry = ee.FeatureCollection("users/taisalcantara3/urb_ale");

/*****/
// INUNDAÇÃO EM ALENQUER POLARIZAÇÃO VV

// VISUALIZAR A ÁREA DE ESTUDO
var empty = ee.Image().byte();
var contorno = empty.paint({
  featureCollection: geometry,
  color:1,
  width:10
});
Map.addLayer(contorno,{palette:'red'},'Alenquer');

// DEFINIR O INTERVALO DE TEMPO
// ANTES (PRE)
var before_start= '2017-01-01';
var before_end='2017-01-03';

// DEPOIS (POS)
var after_start='2017-03-15';
var after_end='2017-04-15';

// DEFINIR OS PARAMETROS DO RADAR
var polarization = "VV";
var pass_direction = "DESCENDING";
var difference_threshold = 1.40;

// SELECIONAR OS DE DADOS E PRE-PROCESSAMENTO
// CARREGAR E FILTRAR OS DADOS SI GRD PELOS PARAMETROS PRE-DEFINIDOS
var collection= ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
  .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode','IW'))
  .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', polarization))
  .filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass',pass_direction))
  .filter(ee.Filter.eq('resolution_meters',10))
  .filterBounds(geometry)
  .select(polarization);

// SELECIONAR AS IMAGENS PELAS DATAS PRE-DEFINIDAS
var before_collection = collection.filterDate(before_start, before_end);
var after_collection = collection.filterDate(after_start,after_end);

//CRIAR O MOSAICO COM OS TILES SELECIONADOS E RECORTAR PELA AREA DE ESTUDO
var before = before_collection.mosaic().clip(geometry);
var after = after_collection.mosaic().clip(geometry);
```

```

// APLICAR A SUAVIZAÇÃO PARA REDUZIR O EFEITO SPECKLE DO RADAR
var smoothing_radius = 50;
var before_filtered = before.focal_mean(smoothing_radius, 'circle', 'meters');
var after_filtered = after.focal_mean(smoothing_radius, 'circle', 'meters');

print(before_filtered);
print(after_filtered);

//----- CALCULANDO A EXTENSAO DE INUNDAÇÃO -----//

// CALCULAR A DIFERENÇA ENTRE AS IMAGENS PRE E POS INUNDAÇÃO
var difference = after_filtered.divide(before_filtered);

// APLICAR E PRE-DEFINIR UM LIMAR PARA CRIAR A MASCARA DE EXTENSAO DE INUNDAÇÃO
var threshold = difference.threshold;
var difference_binary = difference.gt(threshold);

// REFINAR O RESULTADO DA INUNDAÇÃO UTILIZANDO DADOS ADICIONAIS

// Include JRC layer on surface water seasonality to mask flood pixels from areas
// of "permanent" water (where there is water > 10 months of the year)
var swater = ee.Image('JRC/GSW1_0/GlobalSurfaceWater').select('seasonality');
var swater_mask = swater.gte(10).updateMask(swater.gte(10));

//Flooded layer where perennial water bodies (water > 10 mo/yr) is assigned a 0 value
var flooded_mask = difference_binary.where(swater_mask,0);
// final flooded area without pixels in perennial waterbodies
var flooded = flooded_mask.updateMask(flooded_mask);

// Compute connectivity of pixels to eliminate those connected to 8 or fewer neighbours
// This operation reduces noise of the flood extent product
var connections = flooded.connectedPixelCount();
var flooded = flooded.updateMask(connections.gte(8));

// CALCULAR A AREA DA EXTENSAO DE INUNDAÇÃO
// CRIA UM RASTER CONTENDO A INFORMACAO DE AREA DE CADA PIXEL
var flood_pixelarea = flooded.select('polarization')
.multiply(ee.Image.pixelArea());

// SOMAR AS AREAS DOS PIXELS INUNDADOS
// default is set to 'bestEffort: true' in order to reduce computation time, for a more
// accurate result set bestEffort to false and increase 'maxPixels'.
var flood_stats = flood_pixelarea.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: geometry,
  scale: 10, // native resolution
  //maxPixels: 1e9,
  bestEffort: true
});

```



```

// CONVERTER A EXTENSAO DE INUNDAÇÃO PARA Km² (O CALCULO DA AREA ESTA ORIGINALMENTE
EM m²)
var flood_area_ha = flood_stats
.getNumber(polarization)
.multiply( 0.000001 );
// .round();

//----- EXIBIÇÃO DO RESULTADOS -----//

// MOSAICO SAR PRE E POS INUNDAÇÃO
Map.centerObject(geometry,13);
Map.addLayer(before_filtered, {min:-25,max:0}, 'Pre-Inundação',0);
Map.addLayer(after_filtered, {min:-25,max:0}, 'Pós-Inundação',1);

// Difference layer
Map.addLayer(difference,{min:0,max:2},'Imagem diferença',0);

// Flooded areas
Map.addLayer(flooded,{palette:"0000FF"},"Extensão de de inundação");

//----- EXPORTAÇÃO -----//
// EXPORTAR IMG PRE INUND. EM FORMATO TIFF
// Export.image.toDrive({
//   image: before_filtered,
//   description: 'before_filtered_raster_vw',
//   fileNamePrefix: 'before_filtered_vw',
//   folder: 'RESULTADO_FINAL_DISSER_MAR_2023',
//   region: geometry,
//   maxPixels: 1e10
// });

// EXPORTAR IMG POS INUND. EM FORMATO TIFF
// Export.image.toDrive({
//   image: after_filtered,
//   description: 'after_filtered_raster_vw',
//   fileNamePrefix: 'after_filtered_vw',
//   folder: 'Inundação',
//   region: geometry,
//   maxPixels: 1e10
// });

// EXPORTAR IMG DIF EM FORMATO TIFF
// Export.image.toDrive({
//   image: difference,
//   description: 'difference_raster_vw',
//   fileNamePrefix: 'difference_vw',
//   folder: 'Inundação',
//   region: geometry,
//   maxPixels: 1e10
// });

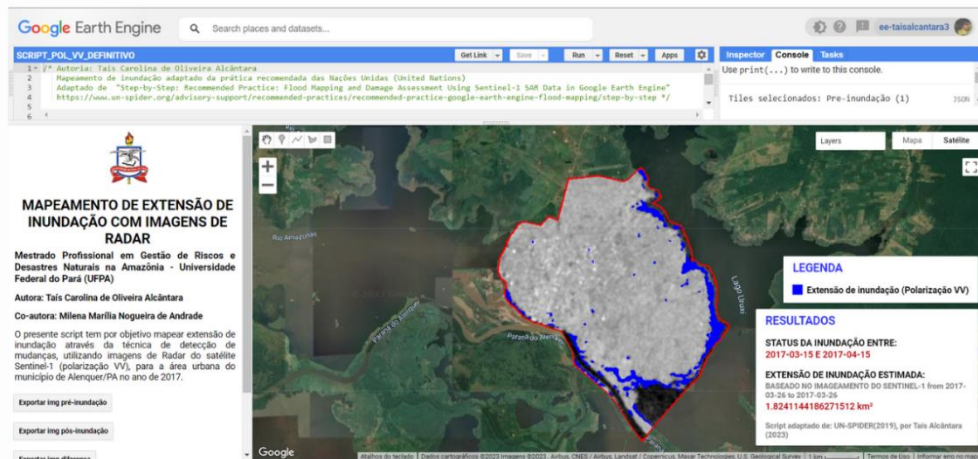
```

```
// EXPORTAR AS AREA INUNDADAS EM FORMATO TIFF
// Export.image.toDrive({
// image: flooded,
// description: 'Flood_extent_raster_wv',
// fileNamePrefix: 'flooded',
// folder: 'Inundação',
// region: geometry,
// maxPixels: 1e10
// });

// EXPORTAR AREAS INUNDAVEIS COMO SHAPEFILE
// CONVERTER RASTER DE INUNDACAO PARA POLIGONOS
var flooded_vec = flooded.reduceToVectors({
  scale: 10,
  geometryType:'polygon',
  geometry: geometry,
  eightConnected: false,
  bestEffort:true,
  tileScale:2,
});

// EXPORTAR POLIGONOS DE INUNDAÇÃO COMO SHAPEFILE
// Export.table.toDrive({
// collection:flooded_vec,
// description:'vetor_mask_inund_wv',
// folder: 'Inundação',
// fileFormat:'SHP',
// fileNamePrefix:'flooded_vec'
// });
```

A extensão de inundação gerada na área urbana de Alenquer, utilizando a polarização VV pode ser verificado na imagem abaixo:



Script com polarização VH

<https://code.earthengine.google.com/6c03d1e7dcec45c35697e0f7c6c7396a>

```

/* Autoria: Taís Carolina de Oliveira Alcântara
   Mapeamento de inundação adaptado da prática recomendada das Nações Unidas (United Nations)
   Adaptado de "Step-by-Step: Recommended Practice: Flood Mapping and Damage Assessment Using
   Sentinel-1 SAR Data in Google Earth Engine"
   https://www.un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-google-
   earth-engine-flood-mapping/step-by-step */

// ADICIONANDO CAMADAS UTILIZADAS
var geometry = ee.FeatureCollection("users/taisalcantara3/urb_ale");

/*****/
// INUNDAÇÃO EM ALENQUER POLARIZAÇÃO VH

//VISUALIZAR A ÁREA DE ESTUDO
var empty = ee.Image().byte();
var contorno = empty.paint({
  featureCollection: geometry,
  color:1,
  width:10
});
Map.addLayer(contorno,{palette:'red'},'Alenquer');

// DEFINIR O INTERVALO DE TEMPO
// ANTES (PRE)
var before_start= '2017-01-01';
var before_end='2017-01-03';

// DEPOIS (POS)
var after_start='2017-03-15';
var after_end='2017-04-15';

// DEFINIR OS PARAMETROS DO RADAR
var polarization = "VH";
var pass_direction = "DESCENDING";
var difference_threshold = 1.25;

// SELEÇÃO DE DADOS E PRE-PROCESSAMENTO
// CARREGAR E FILTRAR OS DADOS S1 GRD PELOS PARAMETROS PRE-DEFINIDOS
var collection= ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
  .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode','IW'))
  .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', polarization))
  .filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass',pass_direction))
  .filter(ee.Filter.eq('resolution_meters',10))
  .filterBounds(geometry)
  .select(polarization);

// CRIAR O MOSAICO COM OS TILES SELECIONADOS E RECORTA PELA AREA DE ESTUDO
var before = before_collection.mosaic().clip(geometry);
var after = after_collection.mosaic().clip(geometry);

```

```

// APLICAR SUAVIZAÇÃO PARA REDUZIR O EFEITO SPECKLE DO RADAR
var smoothing_radius = 50;
var before_filtered = before.focal_mean(smoothing_radius, 'circle', 'meters');
var after_filtered = after.focal_mean(smoothing_radius, 'circle', 'meters');

print(before_filtered);
print(after_filtered);

//----- CALCULANDO A EXTENSAO DE INUNDAÇÃO -----//

// CALCULAR A DIFERENÇA ENTRE AS IMAGENS PRE E POS INUNDAÇÃO
var difference = after_filtered.divide(before_filtered);

// APLICAR E PRE-DEFINIR UM LIMIAR PARA CRIAR A MASCARA DE EXTENSAO DE INUNDAÇÃO
var threshold = difference.threshold();
var difference_binary = difference.gt(threshold);

// REFINA O RESULTADO DA INUNDAÇÃO UTILIZANDO DADOS ADICIONAIS

// Include JRC layer on surface water seasonality to mask flood pixels from areas
// of "permanent" water (where there is water > 10 months of the year)
var swater = ee.Image('JRC/GSW1_0/GlobalSurfaceWater').select('seasonality');
var swater_mask = swater.gte(10).updateMask(swater.gte(10));

//Flooded layer where perennial water bodies (water > 10 mo/yr) is assigned a 0 value
var flooded_mask = difference_binary.where(swater_mask,0);
// final flooded area without pixels in perennial waterbodies
var flooded = flooded_mask.updateMask(flooded_mask);

// Compute connectivity of pixels to eliminate those connected to 8 or fewer neighbours
// This operation reduces noise of the flood extent product
var connections = flooded.connectedPixelCount();
var flooded = flooded.updateMask(connections.gte(8));

// CALCULAR A AREA DA EXTENSAO DE INUNDAÇÃO
// CRIA UM RASTER CONTENDO A INFORMACAO DE AREA DE CADA PIXEL
var flood_pixelarea = flooded.select('polarization')
.multiply(ee.Image.pixelArea());

// SOMAR AS AREAS DOS PIXELS INUNDADOS
// default is set to 'bestEffort: true' in order to reduce computation time, for a more
// accurate result set bestEffort to false and increase 'maxPixels'.
var flood_stats = flood_pixelarea.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: geometry,
  scale: 10, // native resolution
  //maxPixels: 1e9,
  bestEffort: true
});

```

```

// CONVERTER A EXTENSAO DE INUNDAÇÃO PARA Km² (O CALCULO DA AREA ESTA ORIGINALMENTE
EM m²)
var flood_area_ha = flood_stats
.getNumber(polarization)
.multiply( 0.000001 );
// .round();

//----- EXIBIÇÃO DO RESULTADOS -----//

// MOSAICO SAR PRE E POS INUNDAÇÃO
Map.centerObject(geometry,13);
Map.addLayer(before_filtered, {min:-25,max:0}, 'Pre-Inundação',0);
Map.addLayer(after_filtered, {min:-25,max:0}, 'Pós-Inundação',1);

// Difference layer
Map.addLayer(difference,{min:0,max:2},"Imagem diferença",0);

// Flooded areas
Map.addLayer(flooded,{palette:"#00dee1"},"Extensão de de inundação");

//----- EXPORTAÇÃO -----//
// EXPORTAR IMG PRE INUND. EM FORMATO TIFF
// Export.image.toDrive({
// image: before_filtered,
// description: 'before_filtered_raster_vh',
// fileNamePrefix: 'before_filtered_vh',
// folder: 'Inundação',
// region: geometry,
// maxPixels: 1e10
// });

// EXPORTAR IMG POS INUND. EM FORMATO TIFF
// Export.image.toDrive({
// image: after_filtered,
// description: 'after_filtered_raster_vh',
// fileNamePrefix: 'after_filtered_vh',
// folder: 'Inundação',
// region: geometry,
// maxPixels: 1e10
// });

// EXPORTAR IMG DIF EM FORMATO TIFF
// Export.image.toDrive({
// image: difference,
// description: 'difference_raster_vh',
// fileNamePrefix: 'difference_vh',
// folder: 'Inundação',
// region: geometry,
// maxPixels: 1e10
// });

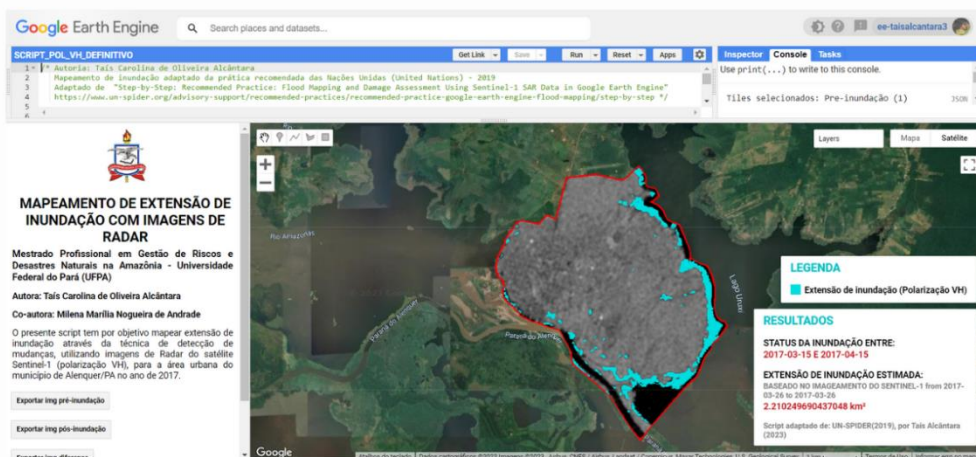
// EXPORTAR AS AREA INUNDADAS EM FORMATO TIFF
// Export.image.toDrive({
// image: flooded,
// description: 'Flood_extent_raster_vh',
// fileNamePrefix: 'flooded',
// folder: 'Inundação',
// region: geometry,
// maxPixels: 1e10
// });

```

```
// EXPORTAR AREAS INUNDAVIS COMO SHAPEFILE
// CONVERTER RASTER DE INUNDACAO PARA POLIGONOS
var flooded_vec = flooded.reduceToVectors({
  scale: 10,
  geometryType:'polygon',
  geometry: geometry,
  eightConnected: false,
  bestEffort:true,
  tileScale:2,
});

// EXPORTAR POLIGONOS DE INUNDAÇÃO COMO SHAPEFILE
// Export.table.toDrive({
// collection:flooded_vec,
// description:'vetor_mask_inund_vh',
// folder: 'Inundacao',
// fileFormat:'SHP',
// fileNamePrefix:'flooded_vec'
//});
```

A extensão de inundação gerada na área urbana de Alenquer, utilizando a polarização VH pode ser verificada na imagem abaixo:



Realização:

