

# LABORATÓRIOS DIDÁTICOS DE GEOPROCESSAMENTO

## Sistemas de Informações Geográficas

Introdução às operações espaciais

**Docente:** Mariana Giannotti

**Roteiro:** Leonardo Alves Godoy e [Mariana Giannotti](#)

**Monitores:** Henrique Sartori Martins, [Mateus Haddad Marum](#), Christian de Nazareth Teixeira e Giovanna Calil Rodrigues, [Marina Malavasi Silva](#)

<b>1. Introdução</b>	<b>2</b>
<b>2. Referências teóricas</b>	<b>2</b>
2.1. Seleção de features	3
2.2. Operações baseadas em distância (vizinhança)	4
2.3. Operações de overlay (sobreposição)	4
2.3.1 Intersection e clipping	5
2.3.2. Operação de diferença (difference)	5
3. Roteiro prático	5
3.1 Software e dados necessários para a prática de laboratório	6
3.2 Preparação dos dados	6
3.3. Seleção e Clipping	8
3.4. Buffering	15
3.6. Difference	20
3.5 Indo Além (para o Trabalho Prático)	21
<b>4 Conclusões</b>	<b>21</b>
<b>5 Referências bibliográficas</b>	<b>21</b>

## Objetivos de Aprendizagem

---

- ✓ Introdução às operações espaciais.
- ✓ Seleção por atributos.
- ✓ Operações por sobreposição (*overlay*): *clipping*, *difference* e *intersection*.
- ✓ Operações baseadas em distância (*Buffer*).

### 1. Introdução

Este laboratório tem como objetivo apresentar as operações de seleção por atributos (*features*) em um arquivo vetorial (*shapefile*) de acordo com expressões que utilizam operadores de comparação (como igualdade, diferença, menor ou maior) sobre atributos, valores estáticos ou alguma expressão que gere um valor de forma dinâmica, além de algumas operações espaciais. Todas essas operações são feitas em um ambiente SIG, no caso o QGIS.

### 2. Referências teóricas

Neste laboratório são introduzidas algumas operações<sup>1</sup> espaciais, que são operações feitas em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que usam os dados espaciais e seus atributos e, de forma resumida, podem ser definidas como a aplicação de funções que usam dados espaciais para gerar novas informações com componentes espaciais associados (HUISMAN e DE BY, 2009).

Dentre diversas formas de classificar as operações espaciais, usualmente disponíveis em SIGs, adotamos a proposta por Aronoff em 1989 descrita por HUISMAN e DE BY (2009):

- Classificação, seleção (*queries*) e operações de medidas;
- *Overlay* (sobreposição);
- Operações baseadas em distância (vizinhança);

---

<sup>1</sup> O termo “operação” pode também ser encontrado na literatura e em ambientes de SIG como “função”, “ferramenta” e “algoritmo”.

- Operações de conectividade para redes.

Neste laboratório didático, as operações abordadas são as de seleção por atributos (um tipo específico de seleção), criação de *buffer* (operação baseada em distância), *clipping* (operação da categoria *overlay*) e diferença (também *overlay*).

## 2.1. Seleção de features

As operações de seleção são executadas em apenas um *layer* e podem ser interativas no SIG (em tela com o cursor do *mouse*) ou por condições sobre os valores dos dados da tabela de atributos (HUISMAN e DE BY, 2009). Para a seleção múltiplas condições podem ser usadas, devendo ser combinadas em forma de expressões compostas, por fórmulas usando os operadores  $<$ ,  $>$ ,  $<=$ ,  $>=$ ,  $=$  e  $<>$  para comparar dois valores a partir do valor de um atributo, por exemplo, ou gerar expressões que combinam valores e nomes de atributos (HUISMAN e DE BY, 2009). Quando são combinadas múltiplas fórmulas é preciso usar conectores lógicos, como o *AND*, *OR* e *NOT*, sendo este último usado antes de uma expressão, ou combinação de expressões (combinadas a partir do uso de parênteses), para negar ou inverter o resultado (HUISMAN; DE BY, 2009).

Expressões que trabalham sobre outros tipos de dados além dos numéricos (como datas ou *strings*) também podem ser utilizadas, assim como funções para compará-los.

Além das operações de seleção apresentadas, ainda existem as seleções espaciais com base em características e relações entre as geometrias como relacionamentos de adjacência, continência ou intersecção entre objetos (*features*), além de operações baseadas na distância de objetos selecionados (HUISMAN; DE BY, 2009), como descrito a seguir.

## 2.2. Operações baseadas em distância (vizinhança)

As operações baseadas em distância, são úteis nas situações que demandam além da exata localização, informações sobre suas proximidades (HUISMAN e DE BY, 2009).

Nas operações de *buffering*, usualmente encontradas em SIG, utiliza-se a distância euclidiana, a partir dos limites da *feature* para se delimitar uma área de entorno ou vizinhança. O *buffering* pode ser executado tanto em dados vetoriais, quanto em dados *raster* (LONGLEY et al., 2015) e usaremos dados vetoriais para este laboratório. Essa operação cria um polígono ao redor de uma *feature*, onde os limites desse polígono (também chamado de *buffer*) estão todos a uma distância das coordenadas da *feature* original definida pelo analista, sendo que essa distância pode ser fixa (BURROUGH, 2015), ou variar de acordo com características da geometria associada (HUISMAN; DE BY, 2009).

A operação de *buffering* pode ser aplicada em qualquer tipo de geometria. Quando a *feature* é um ponto, o *buffer* gerado é um círculo (no SIG, um polígono que aproxima um círculo), quando é uma linha reta, um retângulo com cantos arredondados e quando uma linha irregular ou polígono, é uma versão expandida da geometria (BURROUGH, 2015).

### 2.3. Operações de *overlay* (sobreposição)

As operações de *overlay*, também conhecidas como *overlap* ou sobreposição (em português), são usualmente executadas sobre dois *layers* de dados, mas há implementações para tratar mais de dois *layers*, podendo ser efetuadas sobre dados do tipo *raster* ou vetoriais (LONGLEY et al., 2015) e até considerar dados de tipos distintos. Neste laboratório trabalharemos sobre dados vetoriais poligonais para determinar se dois polígonos de diferentes *layers* se sobrepõem, além de determinar a área de sobreposição e definir as áreas formadas pela sobreposição com um ou mais novos polígonos (LONGLEY et al., 2015). Durante o processo de sobreposição, cálculos podem ser efetuados sobre os atributos das *features* em cada polígono criado a partir do *overlay* (HUISMAN; DE BY 2009).

É importante ressaltar que os *layers* envolvidos no *overlay* devem ter o mesmo CRS ajustado (HUISMAN; DE BY 2009).

#### 2.3.1 *Intersection e clipping*

A intersecção (*intersection*) é um tipo de operação de *overlay* onde apenas os pontos (ou linhas ou polígonos) das geometrias dos *layers* de entrada que coincidem

na sobreposição são selecionados para o *layer* de saída. No caso de polígonos o resultado da operação é um conjunto de todas as intersecções possíveis dos polígonos dos dois *layers* sobrepostos com uma tabela de atributos resultando em um *join* (junção) das duas tabelas de entrada (HUISMAN e DE BY, 2009).

Outras operações do tipo *overlay* são derivadas da intersecção e, neste laboratório, um tipo específico de intersecção é de nosso interesse: a operação de *clipping*. Essa operação recebe um *layer* e seleciona suas geometrias com base no limite externo dos polígonos (selecionados) de outro *layer* de entrada - o *layer* a ser sobreposto (HUISMAN; DE BY, 2009).

### 2.3.2. Operação de diferença (*difference*)

A operação de diferença ocorre com a sobreposição de dois *layers*, porém o resultado é o oposto do *clipping*. O *layer* escolhido para ser sobreposto delimita as áreas de sobreposição e somente as geometrias do *layer* de dados que estão fora dos limites das áreas de sobreposição são selecionadas para a saída.

## 3. Roteiro prático

As diversas operações espaciais implementadas no QGIS, com suas descrições e formas de utilização, podem ser encontradas no manual online do programa (QGIS, 2021a, 2021b, 2021c).

### 3.1 Software e dados necessários para a prática de laboratório

- ✓ QGIS em versão 3.16 (ou superior);
- ✓ Mapa (em *shapefile*) contendo os dados sobre favelas na cidade de São Paulo (SIRGAS\_SHP\_favela) do GeoSampa, dentro do tema Habitação e Edificações (<http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/>);
- ✓ Mapa (em *shapefile*) contendo a divisão administrativa das subprefeituras da cidade de São Paulo (SIRGAS\_SHP\_subprefeitura) do GeoSampa, dentro do tema Limites Administrativos;
- ✓ Mapa (em *shapefile*) da Cartografia digital georreferenciada dos estabelecimentos de saúde da RMSP (documentoSAU2016\_CEM\_RMSP.zip), no Google Classroom, pois está

temporariamente com problema para baixar do site do Centro de Estudos da Metrópole (CEM - <https://centrodametropole.fflch.usp.br/pt-br/download-de-dados>).

Os *shapefiles* com os dados de favelas e subprefeituras podem ser baixados da plataforma de dados abertos Geosampa<sup>2</sup>, enquanto os de estabelecimentos de saúde são disponibilizados pelo Centro de Estudos da Metrópole<sup>3</sup> da FFLCH-USP (CEM).

### 3.2 Preparação dos dados

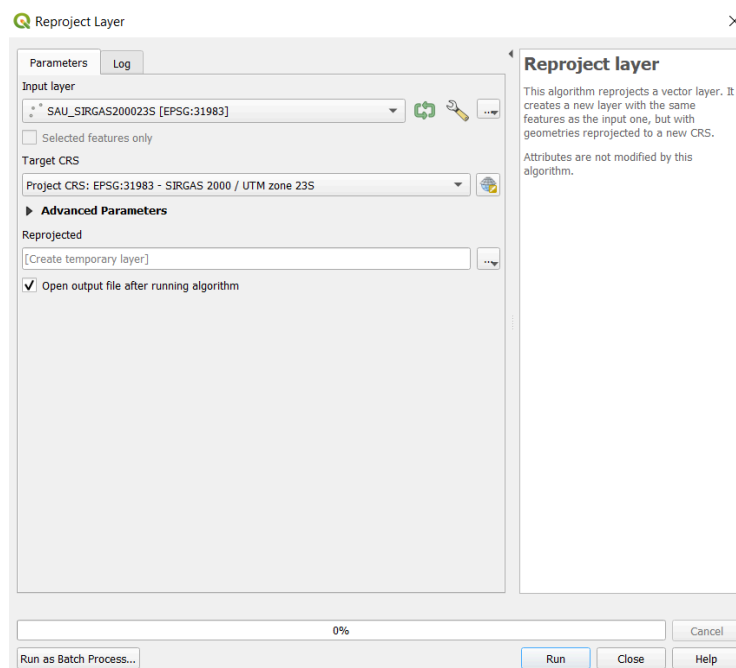
1. Crie um novo projeto vazio no QGIS e configure o CRS para “SIRGAS 2000” na zona UTM 23S. Para fazer essa alteração - após criar o projeto - basta clicar no menu “**Project**” e em seguida em “**Properties**” e após isso “**CRS**” (no menu à esquerda). Na janela busque o CRS e selecione, clique em **Apply** e **Ok**. Verifique no canto inferior direito da tela se o CRS foi alterado.
2. Os *shapefiles* baixados devem ser descompactados em local apropriado e importados para o projeto como novos layers de vetores. Neste momento, é necessário compatibilizar os CRSs dos layers, utilizando o CRS “SIRGAS 2000” na zona UTM 23S. Já fizemos ambos os passos em laboratórios anteriores, lembra-se? Para tal, primeiro é preciso definir a projeção do arquivo que não tenha .prj e na sequência reprojetar. Para conferir o CRS de um layer, seleciona-se com o botão direito o arquivo e clica-se em “**Properties**”. Na barra lateral esquerda, seleciona-se “**Source**” e no item “**Assigned Coordinate Reference System (CRS)**” pode se fazer a verificação. Caso seja projeção inválida ou diferente da utilizada, faz-se a associação da projeção e se a projeção for diferente será necessário fazer a transformação (reprojeção) para a projeção do projeto. Para tal, na aba da direita “**Processing Tool Box**” pesquisa-se “*reproject*” e em “**Vector General**”

<sup>2</sup> A plataforma Geosampa está disponível em <http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/>. Para baixar os dados basta encontrar o ícone “Download de Arquivos” no menu do lado esquerdo da plataforma. Os dados utilizados neste laboratório estão em “Habitação e Edificação”.

<sup>3</sup> Os dados do CEM estão disponíveis em <https://centrodametropole.fflch.usp.br/pt-br/download-de-dados>. Para baixar os dados, basta buscar pelo termo “estabelecimentos de saúde” na caixa de buscas. Finalmente, basta navegar pelos resultados até encontrar a base de estabelecimentos de saúde da RMSP.

seleciona-se “**Reproject Layer**”. Em “**Input Layer**”, selecione o layer que deseja-se reprojetar e em “**Target CRS**” a coordenada de referência “SIRGAS 2000” na zona UTM 23S. Por fim, os três pontos na aba “**Reprojected**” permitem salvar o arquivo como permanente na pasta selecionada, lembrando de selecionar o formato “**.shp**”. Clique em “**Run**” e finalize o procedimento. Para confirmar se foi alterado corretamente, pode-se fazer o mesmo procedimento de conferência do início.

Figura 1 - Ferramenta para reprojeção de arquivos



### 3.3. Seleção e Clipping

Nesta etapa será feito um mapa da área de estudo, que consistirá em usar uma operação de seleção seguida de uma operação *clipping*, que basicamente retorna os elementos de um mapa x, que estejam contidos dentro de polígonos em um mapa y, ou seja, a operação de *clipping* é um tipo de operação de *overlay* (sobreposição) entre dois *layers*, onde apenas as partes do *layer* de entrada que estão dentro dos polígonos do *layer* sobreposto são selecionadas e exportadas.

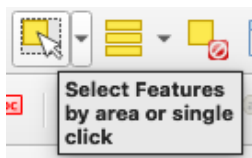
3. Para este exercício vamos usar o mapa de favelas e também o mapa das subprefeituras disponível no GeoSampa, já importados. Para efetuar operações espaciais que envolvam dois *layers*, eles devem estar



configurados com o mesmo CRS. Portanto, ao importar o *shapefile* de subprefeituras da capital verifique o CRS. Caso não seja o mesmo que foi adotado, efetue os procedimentos de reprojeção dos dados descritos no passo anterior (2).

4. Para uma melhor visualização, ajuste as posições dos *layers* de forma que a camada com as favelas fique por cima das subprefeituras no mapa, arrastando os *layers* conforme já explicado no texto.
5. Para efetuar o **clipping**, uma subprefeitura onde as favelas devem ser extraídas deve ser selecionada. A seleção pode ser feita de duas maneiras. A primeira, e mais simples, é utilizar a ferramenta de seleção de **features** que pode ser encontrada na barra de ferramentas do QGIS (Figura 2). Ao clicar no ícone, será ativado o modo de seleção, bastando clicar no polígono da subprefeitura desejada. No caso aqui estudado, este é o modo mais trivial, pois é possível localizar em tela o polígono da referida subprefeitura, caso se conheça bem a cidade.

Figura 2 - Ferramenta para seleção de *features*



6. Uma segunda forma de seleção é pela tabela de atributos. Essa forma é também a ideal para os casos onde existam muitos polígonos na base ou se o resultado da seleção puder ser mais de um polígono. Para efetuar esse tipo de seleção, a tabela de atributos do *shapefile* de subprefeituras deve ser aberta (**botão direito no layer -> Open Attribute Table**) e em seguida (na janela da tabela de atributos) o ícone referente à filtragem de **features** utilizando o formulário ser ativado (Figura 3). O formulário será aberto e pode-se preencher um dos campos com o valor a ser buscado e ao seu lado o tipo da operação a ser utilizada na filtragem. O exemplo apresentado na

Figura 4, mostra uma busca no campo “sp\_nome” pelo termo “BUTANTA”, utilizando o operador de igualdade “Equal to (=)”. Dessa forma, somente linhas com este campo contendo exatamente a palavra “BUTANTA” serão escolhidas. Ao clicar em “**Filter Features**” a janela fica como a da Figura 5, bastando selecionar no painel à esquerda o campo que contém “BUTANTA”, clicando no **checkbox** ao lado do nome e deixando-o na cor amarela. Assim, a seleção está concluída e a lista com as linhas selecionadas é exibida (Figura 6).

Para alterar o modo de visualização da tabela de atributos existem dois ícones no canto direito inferior da tabela de atributos chamados de “**Switch to form view**” e “**Switch to table view**”.

Figura 3 - Ícone para acionar a busca de *features*

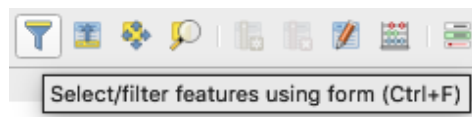
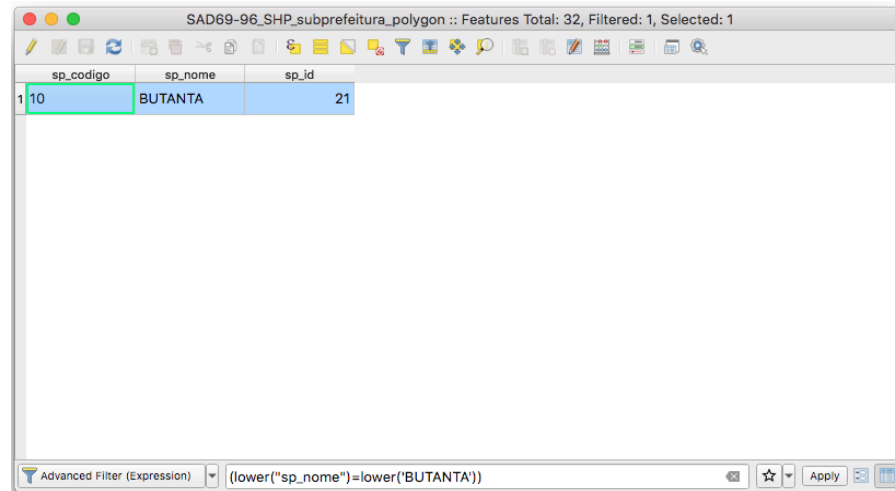
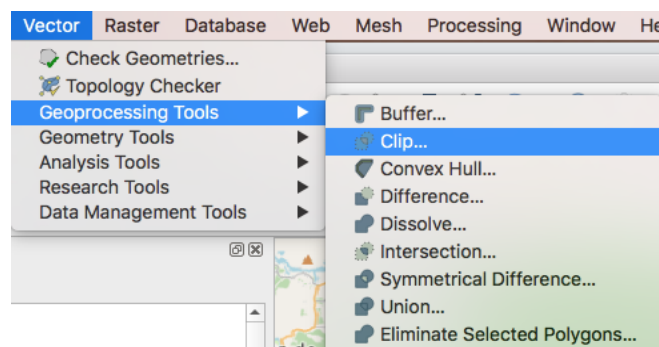


Figura 4 - Formulário de busca de *features*

Figura 5 - Resultado de busca

Figura 6 - Linha de atributos da *feature* selecionada

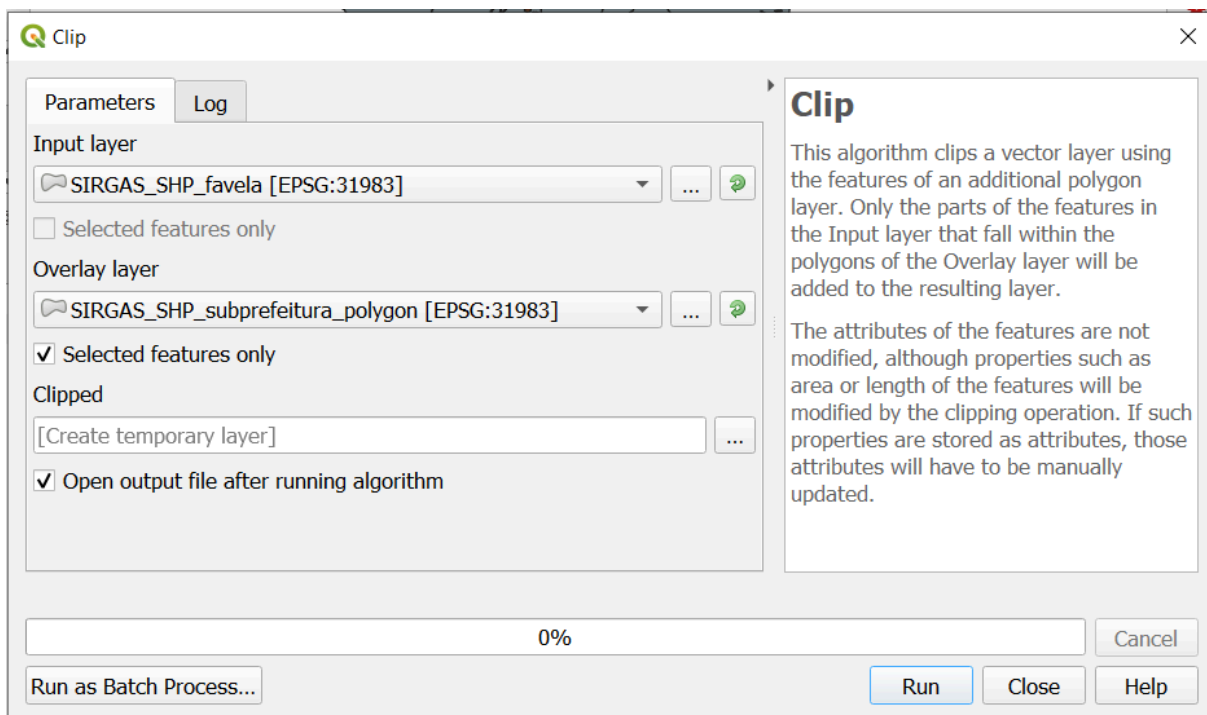
7. Para efetuar a operação de *clipping* no QGIS, deve-se selecionar o menu “**Vector**”, clicar em seguida em “**Geoprocessing Tool**” e depois em “**Clip**” (Figura 7).

Figura 7 - Ferramenta de *clipping* no menu

8. A janela aberta a seguir é onde se parametriza a operação de *clipping*. Em “**Input Layer**” - os dados de entrada de onde serão selecionados os objetos - deve ser selecionado o *layer* com as favelas. Já na entrada “**Overlay Layer**” - camada que será sobreposta pela outra, determinando a região onde devem estar os dados desejados da camada de entrada - o *layer* com as subprefeituras deve ser selecionado. Como a ideia é extrair apenas as favelas que estão dentro da subprefeitura previamente selecionada, o *checkbox* denominado “**Selected features only**” deve estar ativado (Figura 8). Em “**Clipped**” pode ser escolhida a pasta onde serão salvos os polígonos selecionados, bem como o nome dos arquivos de saída. Por padrão, o

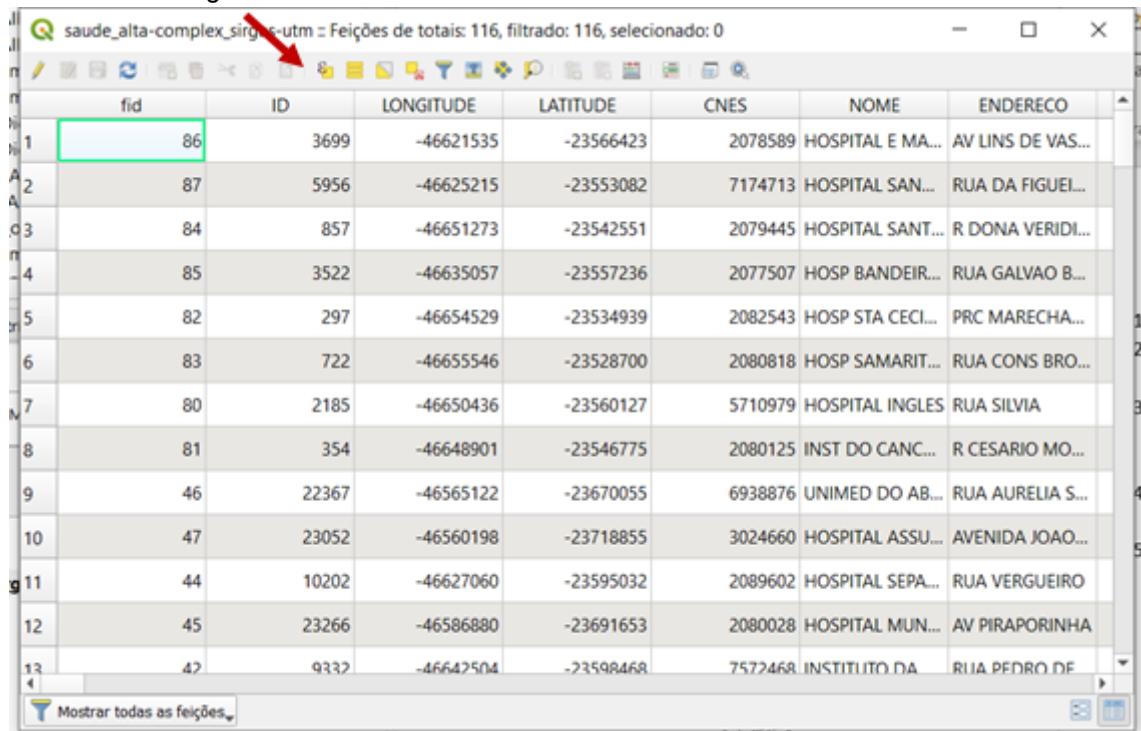
resultado da operação é salvo em uma camada temporária. Um *layer* com o resultado pode ser adicionado automaticamente, bastando ativar a opção “**Open attribute file after running algorithm**”. Se for um *layer* temporário, para ter os dados salvos é necessário exportar o *layer* para um arquivo a partir da lista de *layers*, como visto anteriormente. Basta clicar em “**Run**” para executar o procedimento e fechar a janela.

Figura 8- Janela da ferramenta de *clipping*



9. Repita a operação de **clipping** para a base de estabelecimentos de saúde para então selecionar, conforme descrito nos próximos passos, os estabelecimentos hospitalares de alta complexidade estaduais e municipais.
10. Para fazer a seleção dos estabelecimentos hospitalares de alta complexidade estaduais e municipais, devem ser verificadas quais são as variáveis no dicionário de dados (arquivo pdf fornecido junto dos dados de estabelecimentos de saúde da RMSP) que os identificam, em seguida acessar a **tabela de atributos** - utilizando o botão direito sobre o nome do *layer* - e por fim acionar a ferramenta para selecionar feições usando uma expressão (“**Select features using an expression**”) - Figura 9.

Figura 9 - Tabela com os atributos dos estabelecimentos de saúde



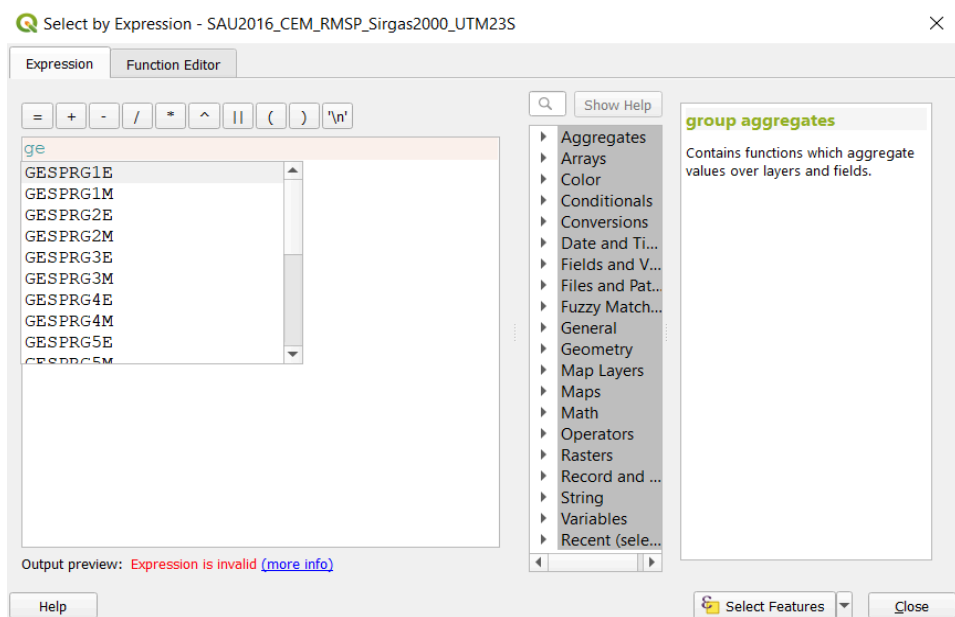
saude\_alta-complex\_sirgis-utm = Feições de totais: 116, filtrado: 116, selecionado: 0

	fid	ID	LONGITUDE	LATITUDE	CNES	NOME	ENDereco
1	86	3699	-46621535	-23566423	2078589	HOSPITAL E MA...	AV LINS DE VAS...
2	87	5956	-46625215	-23553082	7174713	HOSPITAL SAN...	RUA DA FIGUEI...
3	84	857	-46651273	-23542551	2079445	HOSPITAL SANT...	R DONA VERIDI...
4	85	3522	-46635057	-23557236	2077507	HOSP BANDEIR...	RUA GALVAO B...
5	82	297	-46654529	-23534939	2082543	HOSP STA CECI...	PRC MARECHA...
6	83	722	-46655546	-23528700	2080818	HOSP SAMARIT...	RUA CONS BRO...
7	80	2185	-46650436	-23560127	5710979	HOSPITAL INGLES	RUA SILVIA
8	81	354	-46648901	-23546775	2080125	INST DO CANC...	R CESARIO MO...
9	46	22367	-46565122	-23670055	6938876	UNIMED DO AB...	RUA AURELIA S...
10	47	23052	-46560198	-23718855	3024660	HOSPITAL ASSU...	AVENIDA JOAO...
11	44	10202	-46627060	-23595032	2089602	HOSPITAL SEPA...	RUA VERGUEIRO
12	45	23266	-46586880	-23691653	2080028	HOSPITAL MUN...	AV PIRAPORINHA
13	42	9332	-46642504	-23598468	7572468	INSTITUTO DA	RUA PEDRO DE

Mostrar todas as feições

11. Na janela de seleção por expressão, uma expressão comparando determinado atributo com algum valor deve ser escrita. Como pode ser visto no dicionário de dados, as variáveis para identificar estabelecimentos de alta complexidade devem ter valor 1 (para sim) ou 0 (para não). Por exemplo, para selecionar os estabelecimentos do tipo hospitalar de alta complexidade estaduais, deve ser usada a expressão **"GESPRG6E=1"** na caixa de textos do lado esquerdo da Figura 9. Para selecionar as features utilizando a expressão digitada, basta clicar em selecionar feições no canto inferior esquerdo da janela da Figura 10.

12. Para incluir na seleção outros estabelecimentos de alta complexidade, basta buscar os nomes dos campos no dicionário de dados e colocar a expressão na janela da Figura 10, complementando a anterior e utilizando um operador lógico - **AND** para "e" e **OR** para "ou" - para conectar as expressões e resultar em um valor único de 0 ou 1. Como exemplo, para selecionar os estabelecimentos do tipo hospitalar de alta complexidade estaduais ou municipais a expressão fica da forma **"GESPRG6E=1 OR GESPRG6M=1"**.

Figura 10 - Janela para seleção de *features* por expressão

13. Após a seleção ser executada com um clique simples no botão “Selecionar Feições” (“**Select Features**”) - Figura 9, basta fechar a janela e verificar os pontos selecionados, que ficam com a coloração em amarelo.
14. Agora, basta clicar com o **botão direito do mouse sobre o nome da camada** com os estabelecimentos de saúde da subprefeitura desejada e em seguida exportar e salvar **save selected features** em local apropriado no formato *shapefile* e com o CRS ajustado para para “SIRGAS 2000” na zona UTM 23S.
15. Para melhor visualização do mapa, camadas que não serão mais utilizadas podem ser removidas e ocultadas conforme conveniência.

### 3.4. Buffering

16. A operação de **buffering** deve ser executada no mapa de estabelecimentos de saúde selecionados previamente (de alta complexidade) na subprefeitura escolhida. Para esta prática, o parâmetro de distância deve ser ajustado para 2 km. No QGIS, a operação que cria o **buffer** em torno das **features** (neste caso pontos) contidas no mapa de estabelecimento de saúde é acessada clicando, primeiramente, no menu **Vector**, depois em **Geoprocessing Tools** e finalmente em **Buffer** (Figura 10). Feito isso, uma nova janela será aberta

com a operação selecionada. Nesta janela, basta selecionar a camada dos estabelecimentos de alta complexidade, ajustar a distância desejada e finalmente executar a operação (Figura 11) para gerar o resultado (Figura 12).

Figura 11 - Acesso à operação de buffering através do menu do QGIS

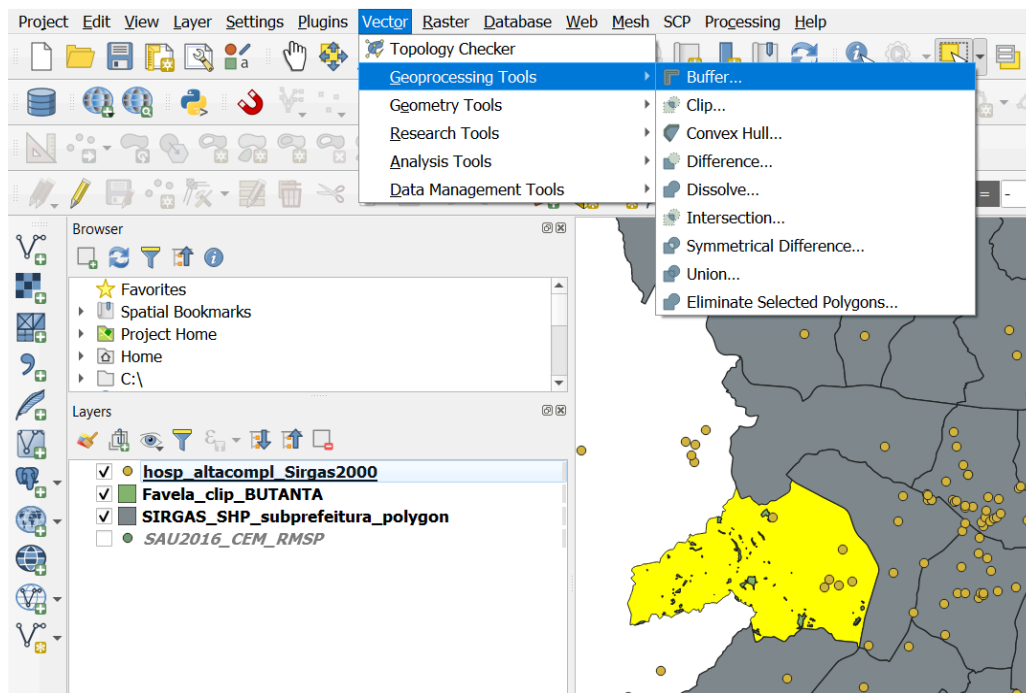


Figura 12 - Janela para a execução do buffering

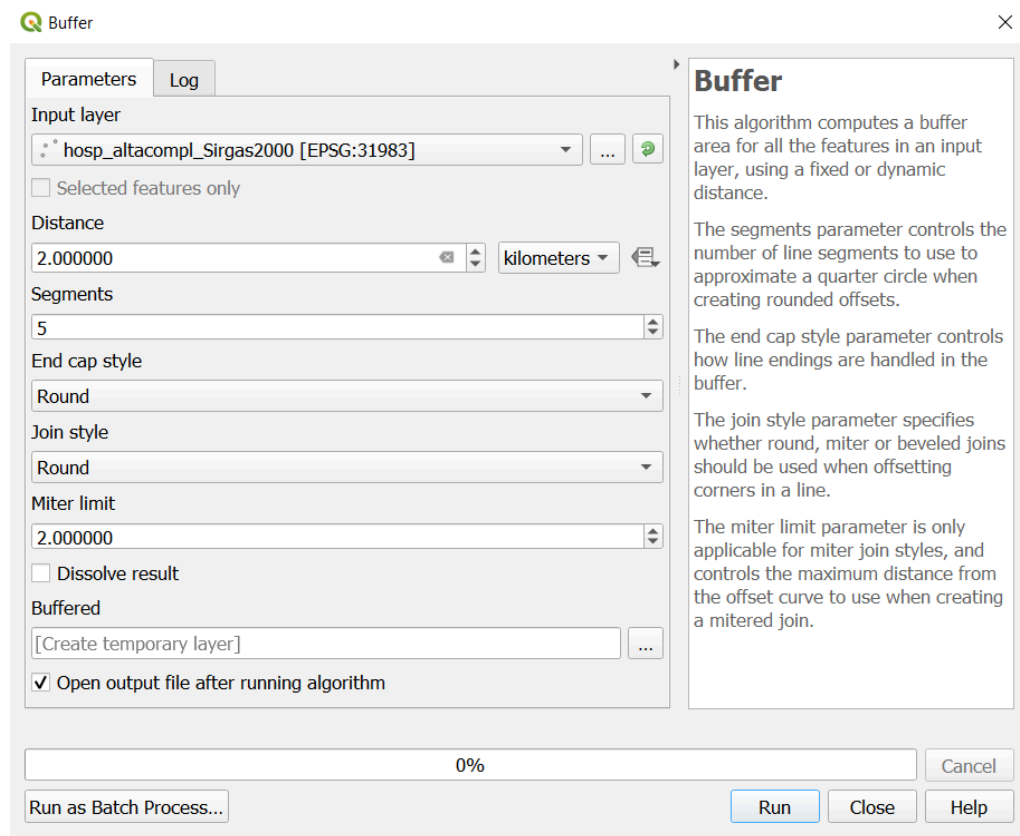
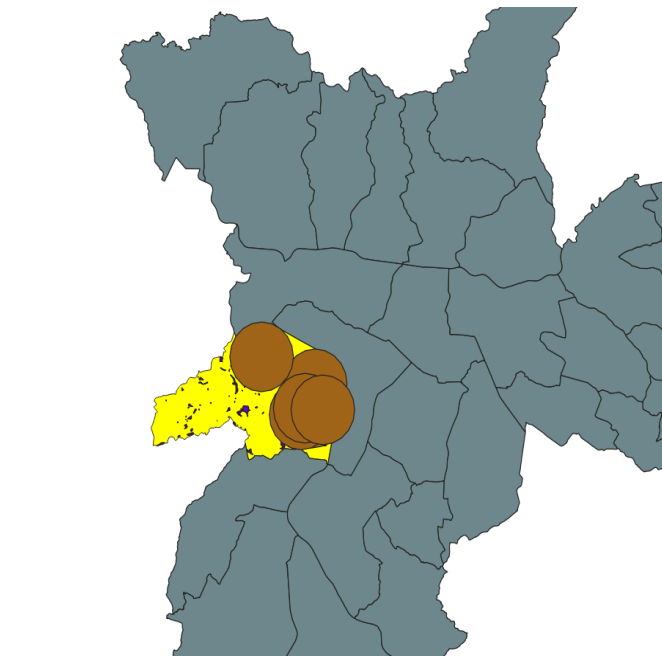


Figura 13 - Resultado da operação de *buffering*



17. Antes de realizar uma operação de intersecção, é preciso configurar o QGIS para ignorar os elementos com geometria inválida, uma vez que ainda não vimos como ajustar erros de topologia que serão tratados em um dos



próximos laboratórios. Para isso, basta selecionar no menu **Settings / Options** o item **Processing** (Figura 13). Em **General**, basta alterar, em “**Invalid features filtering**”, para “**Skip (ignore) features with invalid geometries**” - Figura 14.

Figura 14 - Acesso ao menu para abrir as opções do QGIS

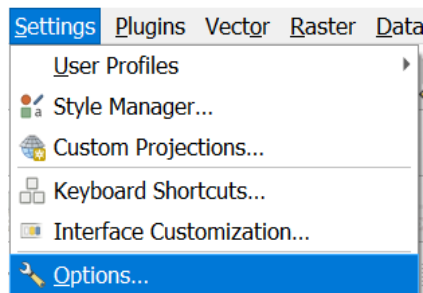
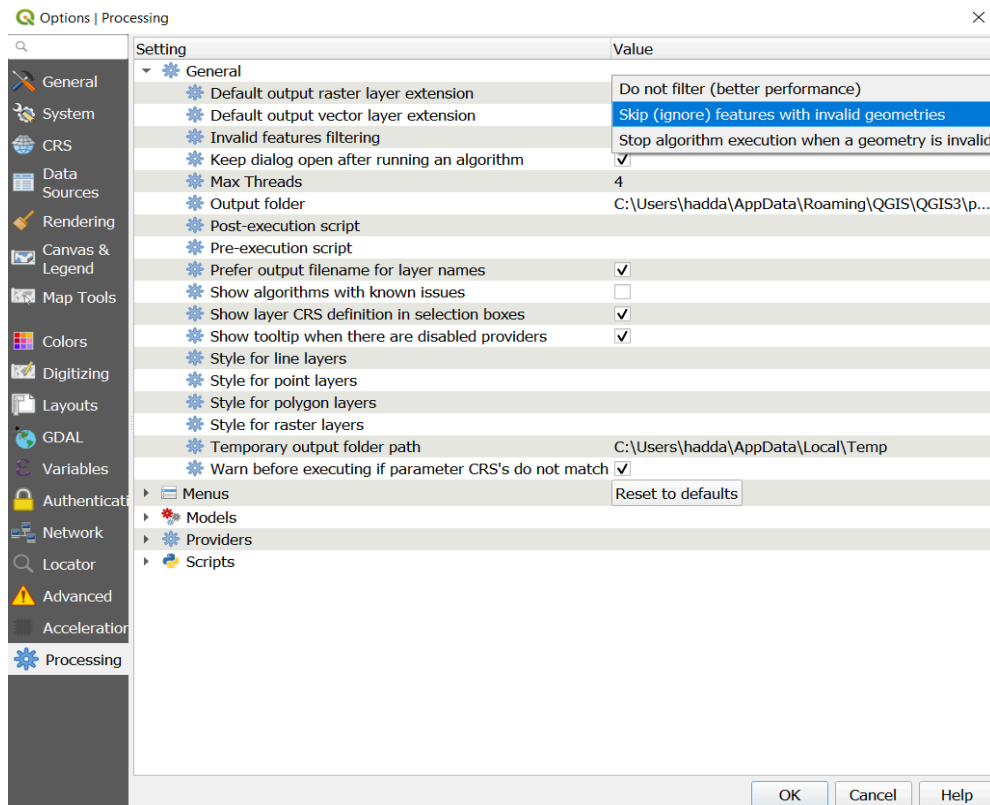


Figura 15 - Janela de opções do QGIS



18. Para fazer a intersecção, basta clicar no menu **Vector**, em seguida em **Geoprocessing Tools** e, por fim, em **Intersection** (Figura 15). Na janela da operação de intersecção coloque primeiro o *buffer* e depois o mapa das favelas (Figura 16).

Figura 16 - Opção do menu para acessar a operação de intersecção

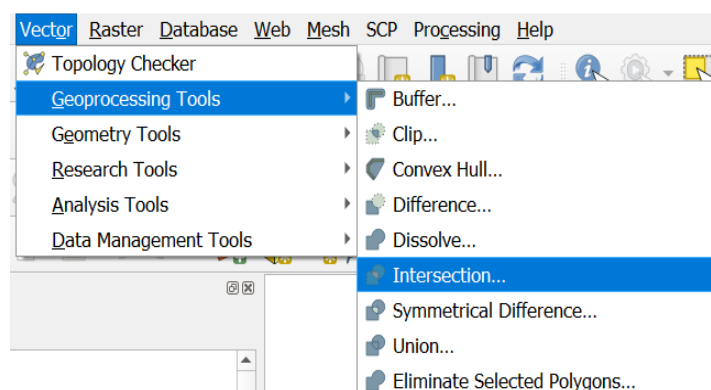
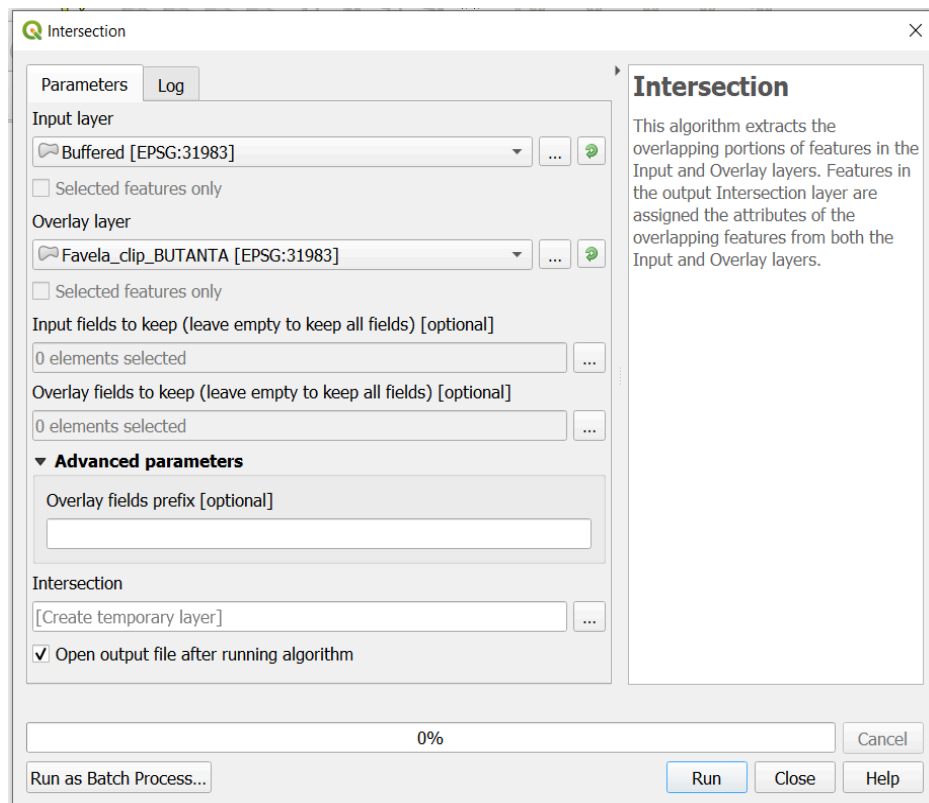


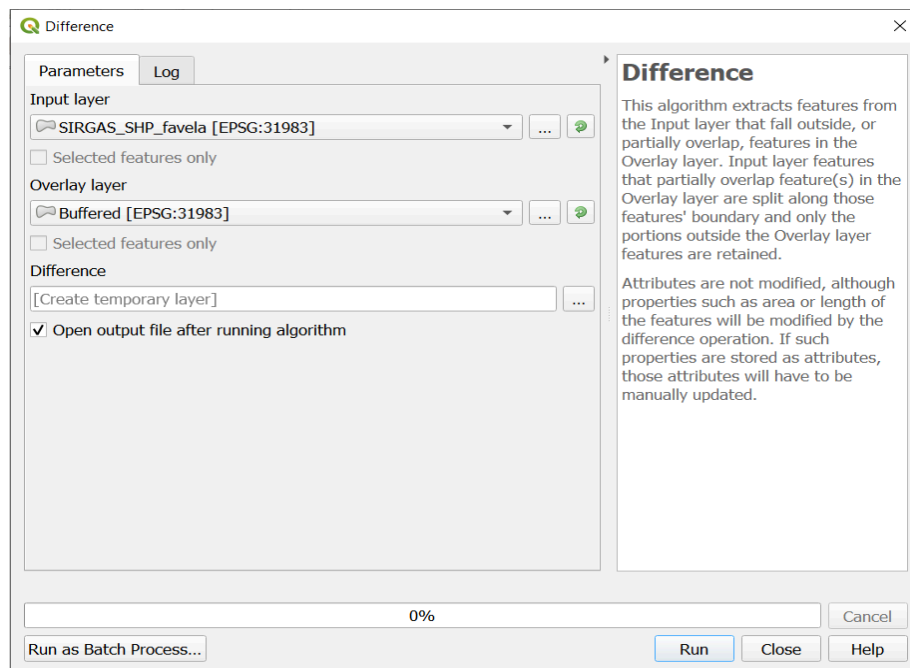
Figura 17 - Janela para configuração e execução da operação de interseção



### 3.6. Difference

19. Para descobrir quais favelas estão longe de estabelecimentos hospitalares de alta complexidade estadual e municipal, pode ser executada a operação de **Difference** no mapa das favelas sobre o *layer* com os *buffers*. Para acessar essa opção no QGIS, basta seguir um caminho similar ao da opção de menu da operação de intersecção (Figura 15) (“**Vector -> Geoprocessing Tools -> Difference**”). A janela de operação de diferença será aberta e a parametrização deve ser feita de forma similar à que foi feita a operação de intersecção (Figura 17).

Figura 18 - Janela para configuração e execução da operação de diferença



### 3.5 Indo Além (para o Trabalho Prático)

20. Partindo de outros mapas disponíveis no portal do Geosampa, compute quantos estabelecimentos de cultura existem dentro de um raio de 1km de estações de metrô e trem que estejam dentro das subprefeituras que o grupo analisará, dentro do escopo do trabalho prático.

## 4 Conclusões

Neste laboratório foram introduzidas uma série de operações espaciais que seguem uma ordem de fluxo de trabalho a fim de se obter uma resposta para uma questão. É importante salientar que a escolha das operações apropriadas e a ordem de suas execuções para responder uma questão de interesse, devem ser apuradas criteriosamente, para não haver inconsistências nos resultados obtidos e maximizar a eficiência de processamento.

## 5 Referências bibliográficas

BURROUGH, Peter A. et al. Principles of geographical information systems. Oxford university press, 2015.

HUISMAN, Otto; DE BY, Rolf A. Principles of geographic information systems: an introductory textbook. ITC Educational Textbook Series, v. 1, 2009.

[https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers\\_2009/general/principlesgis.pdf](https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers_2009/general/principlesgis.pdf)

LONGLEY, P. A. et al. Geographic information science and systems. John Wiley & Sons, 2015. cap. 4.

QGIS. QGIS User Guide, 2021a. QGIS algorithm provider: Vector geometry.

Disponível em:

[docs.qgis.org/3.16/en/docs/user\\_manual/processing\\_algs/qgis/vectorgeometry.html](https://docs.qgis.org/3.16/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/vectorgeometry.html).

Acesso em: 25 mar. 2021.

QGIS. QGIS User Guide, 2021b. QGIS algorithm provider: Vector overlay. Disponível em:

[docs.qgis.org/3.16/en/docs/user\\_manual/processing\\_algs/qgis/vectoroverlay.html](https://docs.qgis.org/3.16/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/vectoroverlay.html).

Acesso em: 25 mar. 2021.

QGIS. QGIS User Guide, 2021c. Working with the Attribute Table. Disponível em:

[docs.qgis.org/3.16/en/docs/user\\_manual/working\\_with\\_vector/attribute\\_table.html](https://docs.qgis.org/3.16/en/docs/user_manual/working_with_vector/attribute_table.html).

Acesso em: 25 mar. 2021.