

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI



**UTILIZAÇÃO DO GOOGLE EARTH ENGINE NA INDICAÇÃO
GEOGRÁFICA DE PRODUTOS AGRÍCOLAS - UM ESTUDO DE CASO
NA CAFEICULTURA DO CAMPO DAS VERTENTES EM MINAS
GERAIS**

Jean Carlos de Oliveira

UNIFEI
Itajubá
2019

**UTILIZAÇÃO DO GOOGLE EARTH ENGINE NA INDICAÇÃO
GEOGRÁFICA DE PRODUTOS AGRÍCOLAS - UM ESTUDO DE CASO
NA CAFEICULTURA DO CAMPO DAS VERTENTES EM MINAS
GERAIS**

Jean Carlos de Oliveira

Monografia apresentada como trabalho final de graduação, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação, sob orientação da Prof.^a Vanessa Cristina Oliveira de Souza.

UNIFEI
Itajubá
2019



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
Criada pela Lei nº 10.435, de 24 de abril de 2002
Instituto de Matemática e Computação

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho Final de Graduação em Sistemas de Informação de **Jean Carlos de Oliveira** intitulado "**Utilização do Google Earth Engine na Indicação Geográfica de produtos agrícolas - Um estudo de caso na cafeicultura do campo das vertentes em Minas Gerais**" foi **APROVADO**.

Itajubá, 18 de Novembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Vanessa Cristina Oliveira de Souza
Universidade Federal de Itajubá – IMC
Presidente / Orientadora

Dra. Helena Maria Ramos Alves
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRAPA/Café

Profa. Isabela Neves Drummond
Universidade Federal de Itajubá – IMC

EPÍGRAFE

“O temor do Senhor é o princípio do conhecimento”
(Provérbios 1:7 – A Bíblia)

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pois graças a Ele eu tive a oportunidade de entrar, estudar e por fim me formar em uma Universidade Federal. Também, por toda força, saúde e persistência dada a mim ao longo de todos esses anos de estudo e trabalho. Agradeço também aos meus pais, familiares e amigos que me deram todo o apoio, tempo e dedicação durante todo o meu tempo de formação. Faço também um agradecimento especial aos meus tios Wilson e Nair, que me ajudaram durante a minha formação. Ao meu gestor do estágio, Robert Gomes, que também sempre apoiou e auxiliou em todas as necessidades. Sei que sem o apoio de todos eles eu não teria chegado onde cheguei.

Por fim, agradeço também a minha orientadora Prof^a. Dr^a. Vanessa Cristina Oliveira de Souza, que se dispôs a me ajudar com o trabalho final de graduação, assim como, me auxiliou e acreditou no meu esforço e no meu trabalho.

A todos vocês, o meu muito obrigado e que Deus os recompense abundantemente!

RESUMO

O *Google Earth Engine* é um meio alternativo para pesquisadores e cientistas executarem análises sobre dados geoespaciais. Neste trabalho, o *Google Earth Engine* (GEE) foi utilizado para a caracterização ambiental de Santo Antônio do Amparo e de sua cafeicultura a partir das ferramentas e produtos de Sensoriamento Remoto (SR) (Altitude, declividade, precipitação, temperatura, vertente e sombreamento). O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a viabilidade da plataforma em nuvem GEE no subsídio à delimitação de regiões de Indicação Geográfica, e para isso foram utilizados esses dados estudados a fim de definir as áreas com potencial para a produção de café de qualidade no município. Os conjuntos de dados estudados para a definição da região de Indicação Geográfica (IG) no município foram: SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), Landsat 8 e o CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data*). O GEE conseguiu reproduziu satisfatoriamente os mapas temáticos, além de gerar com precisão os mapas simulados para as regiões de IG. Sendo a plataforma online, disponível e acessível de qualquer lugar do globo, o GEE se mostra uma excelente alternativa de ferramenta geoespacial para a caracterização ambiental.

Palavras-chave: *Google Earth Engine; Cafe; Indicação Geográfica; Santo Antônio do Amparo;*

ABSTRACT

Google Earth Engine is an alternate means for researchers and scientists performing geospatial data analysis. In this study, Google Earth Engine (GEE) was used for the environmental characterization of Santo Antônio do Amparo and its coffee growing using Remote Sensing (SR) tools and products (Altitude, Slope, Temperature, Temperature, Tilt and Shading). The general objective of this work was to evaluate the viability of the GEE cloud platform, in the case of delimitation of Geographical Indication regions, and for these factors to use these studied data in order to define as areas with potential for coffee production. quality in the municipality. The data sets studied to define the Geographical Indication (GI) region in the municipality were: SRTM (Transport Radar Topography Mission), Landsat 8 and CHIRPS (Infrared Precipitation of Climate Hazard Group with Station Data). The GEE was able to satisfactorily reproduce the thematic maps, in addition to accurately generating simulated maps for the IG regions. Being an online platform, available and accessible anywhere in the world, or GEE shows an excellent geospatial tool alternative for environmental characterization..

Keywords: Google Earth Engine; Coffee; Geographical Indication; Santo Antônio do Amparo;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Solicitações de Indicação Geográfica	19
Figura 2 - Mapa das Indicações Geográficas no Brasil	23
Figura 3 - Mapa de Uso e Ocupação da terra para os 22 municípios na Serra da Mantiqueira de Minas Gerais.....	29
Figura 4 – Interface online de programação do Google Earth Engine.....	30
Figura 5 - Localização do município de Santo Antônio do Amparo em Minas Gerais	33
Figura 6 - Fluxograma de atividades	34
Figura 7 - Processo de classificação das classes	38
Figura 8 - Código desenvolvido no GEE para os valores de classe.....	38
Figura 9 - Fluxo de geração do mapa de temperatura	39
Figura 10 - Código desenvolvido no GEE para a obtenção do mapa de temperatura anual de superfície a partir da banda termal 10 do Landsat 8.	39
Figura 11 - Código desenvolvido no GEE para a obtenção do mapa de precipitação anual de superfície a partir do <i>dataset</i> CHIRPS.....	41
Figura 12 - Código desenvolvido no GEE para a transformação do dado de solos de vetorial para matricial	41
Figura 13 - Código desenvolvido no GEE para o cruzamento dos mapas	42
Figura 14 - Código desenvolvido no GEE calcular a área em uma imagem.	42
Figura 15 - Código desenvolvido no GEE para criar a definição da região com potencial para a produção de cafés de qualidade.	44
Figura 16 – Função do GEE para exportar uma imagem.....	44
Figura 17 - Mapa de café em Santo Antônio do Amparo	46
Figura 18 - Mapa de altitude.....	47
Figura 19 - Mapa de altitude x café	47
Figura 20 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de altitude (em km ²)	47
Figura 21 - Percentagem de ocupação das classes de altitude com a cafeicultura. .	47
Figura 22 - Código desenvolvido no GEE para os valores de classes de declividade	48
Figura 23 - Mapa de declividade	48
Figura 24 - Mapa de declividade x café.....	48

Figura 25 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de declividade	49
Figura 26 - Percentagem de ocupação das classes de altitude com a cafeicultura. .	49
Figura 27 - Código desenvolvido no GEE para os valores de classes de vertente ...	49
Figura 28 - Mapa de vertentes	50
Figura 29 - Mapa de vertentes x café	50
Figura 30 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de vertente	50
Figura 31 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe vertente x café	50
Figura 32 - Código desenvolvido no GEE para os valores de classes de sombreamento	51
Figura 33 - Mapa de sombreamento	51
Figura 34 - Mapa de classes de sombreamento	52
Figura 35 - Mapa de classes de sombreamento x café	52
Figura 36 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de <i>hillshade</i>	52
Figura 37 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de <i>hillshade</i> x café.	52
Figura 38 - Mapa de classes de solo	53
Figura 39 - Mapa de classes de solo x café	53
Figura 40 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de solos	54
Figura 41 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de solos	54
Figura 42 - Mapa de classes de temperatura	55
Figura 43 - Mapa de classes de temperatura x café	55
Figura 44 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de temperatura	55
Figura 45 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de temperatura x café	55
Figura 46 - Mapa de classes de precipitação	56
Figura 47 - Mapa de classes de precipitação x café	56
Figura 48 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de precipitação	57
Figura 49 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de precipitação x café	57
Figura 50 - Região com potencial para produção de cafés de qualidade simulada para o município de Santo Antônio do Amparo, considerando as regras: altitude entre 950 m e 1050 m, declividade suave ondulada e ondulada e solo tipo LVA	59
Figura 51 – Cruzamento das áreas cafeeiras com a simulação de região de IG apresentada na Figura 50	60
Figura 52 – Região com potencial para produção de cafés de qualidade simulada para o município de Santo Antônio do Amparo, considerando as regras: Altitude entre 950	

m e 1050 m, declividade ondulada, solo tipo LVA15, temperatura entre 19 e 20° e precipitação entre 4,4 e 4,5mm.	60
Figura 53 - Cruzamento das áreas cafeeiras com a simulação de região de IG apresentada na Figura 52	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APROVALE	Associação dos Produtores de Vinhos Finos do Vale dos Vinhedos
AOG	<i>Appellation d'origine contrôlée</i>
ATF	<i>Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives</i>
CHIRPS	<i>Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data</i>
CSV	Caractere Separado por Virgula
DO	Denominação de Origem
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
FNC	<i>Federación Nacional de Cafeteros</i>
GEE	<i>Google Earth Engine</i>
IEDE	Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais
IG	Indicação Geográfica
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IP	Indicação de Procedência
KML	<i>Keyhole Markup Language</i>
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MD EUCL.	Moda
MD MAH.	Moda <i>Mahalanobis</i>
MDE	<i>Model Digital Elevation</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
RF	<i>Random Forest</i>
SHP	<i>Shape File</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
TRIPS	<i>Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights</i>
UFV	Universidade Federal de Viçosa
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1. Indicação Geográfica de Produtos Agrícolas.....	17
2.2. Exemplos de Indicação Geográfica no Brasil e no Mundo.....	19
2.3. Indicação Geográfica e a Cafeicultura	23
3. GEOTECNOLOGIAS E AS INDICAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	27
3.1. Geotecnologias.....	27
3.2. O Papel Das Geotecnologias na Demarcação de Áreas de Indicação Geográfica	28
3.3. Google Earth Engine.....	29
3.4. Utilização do Gee na Cafeicultura	30
4. METODOLOGIA	33
4.1. Área de Estudo	33
4.2. Materiais e Métodos.....	33
4.2.1. Dados brutos.....	34
4.2.2. Avaliação do relevo	37
4.2.3. Definição das classes temáticas	37
4.2.4. Classes de Altitude.....	38
4.2.5. Conversão temperatura.....	38
4.2.6. Média anual precipitação	40
4.2.7. Conversão do mapa de solos em dado matricial	41
4.2.8. Cruzamentos com áreas cafeeiras.....	42
4.2.9. Caracterização ambiental.....	42
4.2.10. Definição da região de potencial para produção de café de qualidade ..	43
4.2.11. Exportação do mapa para tiff	44
5. RESULTADOS.....	45
5.1. Caracterização Ambiental De Santo Antônio Do Amparo.....	45
5.1.1. Altitude	46
5.1.2. Declividade.....	48
5.1.3. Orientação de Vertente	49
5.1.4. Sombreamento.....	51

5.1.5. Solos	53
5.1.6. Temperatura de Superfície.....	54
5.1.7. Precipitação	56
5.1.8. Discussão sobre a Caracterização Ambiental.....	57
5.1.9. Simulação das regiões de potencial para produção de cafés de qualidade	59
5.2. Uso do GEE para Subsidiar Regiões de IG	62
6. CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS.....	66

1. INTRODUÇÃO

O café é uma importante *comodity* para o estado de Minas Gerais. Os últimos dados de produtividade apontaram que o Estado produziu, na safra 2018/2019, 57.882.000 sacas de café (CONAB, 2019). Para Borsato et al. (2011), não se pode subestimar a importância do café na economia mundial, uma vez que é a matéria-prima de uma das bebidas mais aceitas no mundo, e que negócios relacionados ao café são extremamente importantes para o comércio mundial e perdem em valor apenas para o petróleo.

Os mercados nacional e internacional de café indicam uma crescente demanda por cafés especiais, cujas características estão intimamente relacionadas ao meio geográfico (ALVES et al., 2013). O café é essencialmente um produto de *terroir*, ou seja, influenciado diretamente pelos aspectos ambientais, tanto os naturais quanto humanos (ALVES et al., 2011). As condições climáticas conferem atributos especiais à bebida, corpo e acidez do café de cada região (Borsato et al., 2011). Ainda segundo (ALVES et al., 2013; Borsato et al. 2011), quando a qualidade pode ser associada ao local da produção, há agregação de valores e diferenciação de preços em função da qualidade do produto. É nesse contexto que as Indicações Geográficas representam uma nova filosofia de produção, voltada para a qualidade, a especialidade e a tipicidade, oriundas da origem de produção. Entretanto, nesse processo, deve haver mecanismos que proveem de forma confiável a origem geográfica do café.

Segundo o INPI (2019a), a Indicação Geográfica (IG)

é um ativo de propriedade industrial usado para identificar a origem de um determinado produto ou serviço, quando o local tenha se tornado conhecido, ou quando certa característica ou qualidade desse produto ou serviço se deva à sua origem geográfica.

As IGs têm a capacidade de enriquecer o desenvolvimento rural, agregar valor às terras e ao produto, aumentar a auto-estima dos produtores locais, melhorar a competitividade, disseminar conhecimentos tradicionais e regionais, melhorar a qualidade do produto, trazer prestígio ao produto, melhorar a renda local, aumentar o turismo, além de outros benefícios secundários como, em alguns casos, gerar áreas de preservação ambiental e animal (CALDAS et al., 2005; NIEDERLE, 2009).

Compreendendo a importância da Indicação Geográfica para seus produtos, os cafeicultores mineiros têm solicitado demarcação de áreas nessa categoria.

Atualmente, Minas Gerais conta com a IG da Serra da Mantiqueira Mineira, IG dos Cafés do Serrado Mineiro e a IG do Serro. Entre as regiões cafeeiras de Minas Gerais com potencial para IG, destaca-se o Campo das Vertentes, cujos cafés apresentam qualidade já comprovada por meio de concursos. O município de Santo Antônio do Amparo é considerado o principal produtor cafeeiro dessa região, e foi a área de estudo desse trabalho.

Segundo Bezerra e Júnior (2016), para a implantação de uma IG, o uso das geotecnologias torna-se essencial, uma vez que estas trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, ações de planejamento, gestão e manejo, e outros aspectos que se relacionam com a estrutura do espaço geográfico, garantindo tomada de decisões mais consistentes sobre a padronização da produção. Atualmente, as geotecnologias passam por uma transformação técnica importante, migrando do modelo tradicional, calcado em grandes laboratórios de geoprocessamento, com máquinas potentes, para o modelo de computação em nuvem. Nesse contexto, surge o *Google Earth Engine* (GEE), uma plataforma *online*, desenvolvida pela Google para auxiliar a execução e análise de dados geoespaciais.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a viabilidade da plataforma em nuvem GEE no subsídio à delimitação de regiões de Indicação Geográfica. Para tanto, foi realizado um estudo de caso no município de Santo Antônio do Amparo, na região do Campo das Vertentes em Minas Gerais. Os objetivos específicos foram:

- Caracterização ambiental do município e de sua cafeicultura a partir das ferramentas e produtos de sensoriamento remoto disponíveis no GEE;
- Produzir simulações de regiões de Indicação Geográfica no município, considerando fatores ambientais;
- Avaliar a performance da plataforma para fins de caracterização ambiental, especialmente em relação ao tempo de processamento e aos produtos disponibilizados.

É importante salientar que a delimitação de uma IG não passa apenas pela avaliação ambiental da região. Aspectos culturais, sazonais e sensoriais da bebida devem e são levados em consideração. Nesse estudo, tais aspectos não foram avaliados.

Este trabalho pretende contribuir com a definição de uma metodologia amparada pelo GEE para estudos de Indicação Geográfica no Brasil, em especial, IGs cafeeiras. A busca por literaturas científicas que abordam a plataforma com esse fim, não retorna nenhum documento correlato ao tema ou similar. Nenhum estudo é totalmente voltado

para classificação do uso da terra, havendo pouca aplicação em estudos de caracterização ambiental. No entanto, os resultados obtidos nesse trabalho reforçam que o GEE é um *framework* geoespacial muito útil para estudos de caracterização ambiental e de Indicação Geográfica.

O restante desse trabalho está dividido da seguinte forma. No capítulo 2, será apresentado um referencial teórico sobre a Indicação Geográfica e a Indicação Geográfica no Brasil e mundo. No capítulo 3, serão abordadas as principais tecnologias para o geoprocessamento, as conhecidas geotecnologias e também sobre a ferramenta *Google Earth Engine*. No capítulo 4 encontra-se a metodologia de estudo, com materiais, códigos, dados sobre a pesquisa no campo das vertentes em Santo Antônio do Amparo. O capítulo 5 está com o foco em apresentar os mapas, tabelas e resultados da pesquisa. E no capítulo 6, se encontra a conclusão dessa pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, abordar-se-á a temática da Indicação Geográfica, assim como exemplos, no Brasil e no mundo.

Na seção 2.1, será apresentada a IG e sua aplicação à produtos agrícolas. Na seção 2.2, alguns exemplos e citações de regiões de IG no Brasil e no mundo. Na seção 2.3, a aplicação da IG na cafeicultura.

2.1. Indicação Geográfica de Produtos Agrícolas

Na Europa, no século XIX, os países de produção agrícola viam seus produtos de forma diferente dos produtos de outras regiões. Um país tinha um vinho mais fino, outro um vinho mais denso e outro mais suave, mas cada um com suas características próprias. Ou seja, dependendo da região, o mesmo produto apresentava características e qualidades diferentes. E, diante desse cenário, surgiu a necessidade de proteger e de manter a propriedade intelectual sobre o produto. Em 1883, na convenção da União de Paris, surgiu o primeiro acordo sobre propriedade intelectual do produtor, com a participação do Brasil e outros 164 países (BATISTA, 2012).

A propriedade intelectual sobre produtos agrícolas é caracterizada pela forma que uma região é explorada, somada a agregação de todos os valores regionais, costumes, habilidades de produção, tipo de terreno, clima e aspectos humanos (BRASIL, 2018). Insere-se nesse contexto de propriedade intelectual as chamadas Indicações Geográficas, a qual

asseguram a qualidade de um produto elaborado em um território, região ou localidade, com características específicas, homogêneas e bem demarcadas, com o objetivo de garantir sua procedência e, o mais importante, firmar a relação de confiança que se estabelece entre o consumidor, o produtor e o seu local de produção Caldas e Santos (2013).

O registro de uma IG protege produtos e serviços que tem suas qualidades atreladas à sua origem e permite delimitar uma área geográfica, restringindo o uso de seu nome aos produtores e prestadores de serviço da região (INPI, 2019a), ainda segundo Córdova e Santos (2019), o conceito de IG é parecido com o conceito de *terroir*, uma vez que estabelece uma conexão entre qualidade e território. Portanto, a qualidade de um produto pode estar relacionada com o local da produção, ou seja, do tipo de solo, clima, manejo, entre outras características locais que influenciam o produto.

Existem duas modalidades de IGs: a indicação de procedência (IP) e a denominação de origem (DO). A IP refere-se ao nome de um país, cidade ou região que produz determinado produto ou presta algum serviço, já a DO reconhece que a qualidade, características, reputação de um produto ou serviço advém exclusivamente da região de origem, considerando fatores ambientais e humanos (INPI, 2019b).

Ao se demarcar uma área como IG, antes é necessário que uma comissão técnica avalie e legitime a área como uma região de Indicação Geográfica. Em tese, os produtores locais são responsáveis pelo processo de solicitação da IG para a região, mas a avaliação e legitimação da IG é feita através de um comitê técnico, composto por peritos na produção e manutenção do produto, em ciências naturais e ciências humanas. A necessidade destes peritos é para que se realize um estudo profundo sobre a cultura e o relacionamento do produto com a população local. Participam também deste comitê: funcionários do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e funcionários do Estado (JUNQUEIRA; JUNIOR, 2016). Tendo em mãos os estudos realizados sobre o produto e sobre a região a ser certificada, é realizada então a demarcação daquela região.

O INPI é uma autarquia federal (“serviço autônomo, criado por lei, com personalidade jurídica, patrimônio e receita próprios, para executar atividades típicas da Administração Pública” (BRASIL, 1967)) anexa ao Ministério da Economia do Brasil. Foi criada em 1970 com o objetivo de “estimular a inovação e a competitividade a serviço do desenvolvimento tecnológico e econômico do Brasil, por meio da proteção eficiente da propriedade industrial” (INPI, 2018).

Em 1996, no Brasil, o INPI regulamentou através da lei 9.279 os direitos e obrigações à propriedade intelectual. O(s) produto(s) deverá(ão) ser reconhecido(s) como IP ou DO. A Instrução Normativa nº 95 de 28 de dez 2018 é a responsável por regularizar as IGs no Brasil (BRASIL, 2018), mas desde os anos 70, essa regulamentação já era uma realidade em cinco países da Europa e outros três países da América Latina: México, Peru e Bolívia (CALDAS et al., 2005).

Silva et al. (2019) analisaram os dados do INPI sobre requisições e concessões de indicações geográficas no Brasil entre os anos de 1999 e 2018. De acordo com a Figura 1, nota-se que o volume de solicitações por indicações geográficas cresceu a partir de 2002, tendo um pico entre os anos de 2010 e 2015. Enquanto os dados de concessões, observa-se que houve um pico em 2012. Passado esse período, manteve-se um valor médio nas liberações.

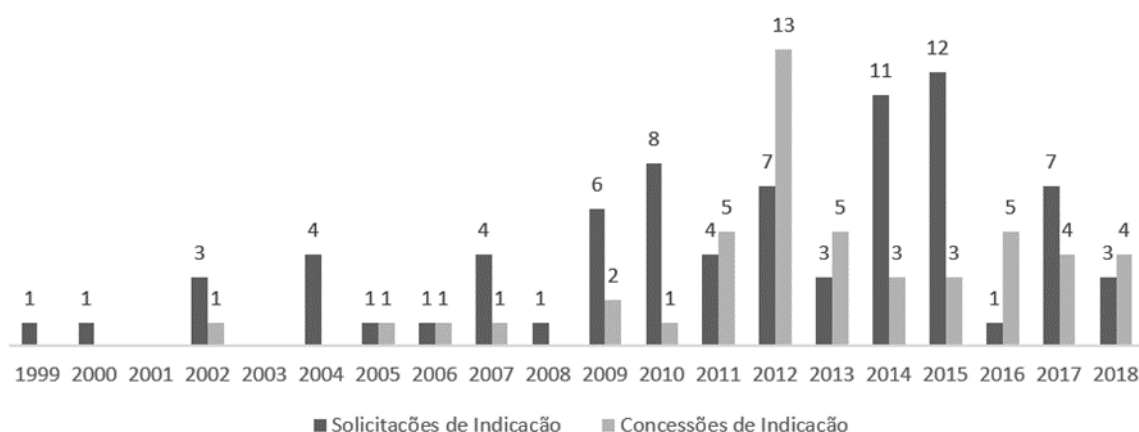


Figura 1 – Solicitações de Indicação Geográfica

A seção 2.2 apresenta exemplos de Indicação Geográfica no Brasil e no mundo, demonstrando a importância de regulamentar a origem especialmente de produtos agrícolas.

2.2. Exemplos de Indicação Geográfica no Brasil e no Mundo

O ato de diferenciar produtos pela sua origem de produção/fabricação vem desde a idade média. A primeira intervenção estatal na proteção de uma IG ocorreu em 1756, em Portugal, pelo Marquês de Pombal na região do Douro, para o Vinho do Porto. O vinho havia adquirido notoriedade, fazendo com que produtores de outras regiões utilizassem a denominação “do Porto”, ocasionando assim a redução no preço dos negócios dos produtores portugueses. A partir daí, delimitou-se a área de produção, estabeleceu-se as características do Vinho do Porto e suas regras de produção, ainda, registrou-se legalmente por decreto o nome Porto para vinhos e assim sendo criada a primeira Denominação de Origem Protegida (CERDAN et al., 2014).

O país europeu com maior tradição em indicações geográficas é a França, com 216 áreas demarcadas, das quais 73 correspondem a bebidas alcoólicas, 42 de carnes, 40 de aves, 10 de produtos lácteos e outros 51 a produtos agroalimentares (LOPES et al., 2019). Sabendo disso, a região sul da França é conhecida mundialmente por sua produção de bebidas de alta qualidade. Buscando apreço ao seu produto, a região de Campanha buscou de forma legal o reconhecimento e a certificação como produtora de bebidas. O uso desenfreado do termo *Compagne* no mundo, fez com que a região de Campanha recorresse a meios legais para assegurar a qualidade e o nome do seu produto. Jay (2013) mostrou em seu trabalho uma situação que pode se tornar um grande empecilho para as IGs desta região. Hoje, os EUA são acordados

com a *Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights* (TRIPS) e isso faz com que todos aqueles que assinam este acordo devam respeitar todo e qualquer item de propriedade intelectual, seja ele dentro do seu território ou em território estrangeiro. Entretanto, dois acordos de propriedades intelectuais dentro do território norte americano, a *Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives* (ATF) e o *Lanham Act*, permitem uma brecha nos artigos 23 e 24 da TRIPS, onde, concedem a um produto usar um nome, seja genérico ou semigenérico, sem que inflija propriedades intelectuais de outros. Dentro das leis norte americanas a palavra Champanhe é considerada uma palavra de origem semigenérica, possibilitando assim o seu uso livre pelos produtores, pois segundo os seus artigos, eles definem que uma identidade é caracterizada por um nome, e se outro nome é similar a esse, este pode ser utilizando, entretanto, se esse produto se assemelha a outro produto, este produto deve referenciar o seu local de produção e quais são os atributos associados a ele, porque enquanto *Campgane* é a bebida originária Francesa, Champagne é um produto de nome semelhante, porém produzido em terras norte americanas. Em contrapartida, a *Appellation d'origine contrôlée* (AOG), órgão Francês responsável pela certificação e garantia da denominação de origem, busca fortemente a proteção e garantir os direitos de propriedade intelectual dos produtores Campenhois dentro e fora do território francês (JAY, 2013).

Enquanto a França avança em seus estudos e pesquisas em IG, a Coréia do Sul também buscava selecionar produtos que possuíssem um alto nível de qualidade e que tivessem um potencial reconhecimento internacional. O chá verde *Boseong* é bom exemplo e um antigo produto agrícola cultivado pelos produtores sul coreanos, mas que no início da década de 80 teve um grande declínio em suas vendas. Em busca de uma solução para o problema com as vendas do chá, o governo sul coreano começou uma investida junto à Organização Mundial do Comércio (OMC) e observou-se a necessidade de se reunir com os produtores a fim de melhorar o processo de qualidade do chá e aumentar as suas chances para a certificação. Com isso, o governo juntou forças com os produtores locais, universidades e organizações, com o objetivo de começar uma pesquisa para elevar a qualidade do seu produto. Por fim, o resultado foi muito bom, pois o governo conseguiu certificar o seu produto. A qualidade aumentou significativamente e as vendas cresceram em todo o mercado internacional. Os autores Suh e Macpherson (2007), concluíram que o resultado final obtido após a certificação do chá não explica o crescimento da venda do produto mundo afora, mas

sim, do esforço em conjunto dos produtores, governo e órgãos em uma busca de um chá de alta qualidade.

A Indicação Geográfica é um fator determinante do produto, principalmente para a agregação de valor e aumento de sua credibilidade. Além do *Compagne* e os chás verde *Boesong*, outros produtos já possuem a certificação internacional, por exemplo: Na Europa, o *Cognac* (vinho francês), a noz de Grenoble, a pimenta de *Espelette*; Na África o mel Etíópico; Na Ásia, o reconhecimento pelos chás é cultural, e de exemplo temos o *Darjeeling*; No continente Americano, o seu reconhecimento é dado pelos cafés de altíssima qualidade, como o Café colombiano (SAUTIER; MENGISTIE; TIBEBE, 2018).

O Brasil possui na vinicultura sul-rio-grandense o pioneirismo nas indicações geográficas. O vinho vem sendo produzido no Brasil desde 1870. A Embrapa Uva e Vinho impulsionou no Brasil a ideia de Indicação Geográfica, no entanto, apenas em meados de 1990 o Brasil finalmente regulamentou a Indicação Geográfica no país. Em 2002, a Associação dos Produtores de Vinhos Finos do Vale dos Vinhedos (Aprovale) registrou a primeira Indicação Geográfica do Brasil para vinhos finos tranquilos¹ e espumantes. Entre os anos de 2002 e 2015, no Rio Grande do Sul foram registradas seis indicações geográficas de vinícolas no Estado e todas se encontram na região da Serra Gaúcha. Isso contribui para o valor agregado das produções e traz valor para a região, trazendo também ganhos aos produtores, gerando rendas em outros setores da região e aumentando o turismo (TONIETTO; FALCADE, 2018).

Minas Gerais possui uma representatividade muito boa quanto aos seus queijos da região da canastra, conhecidos por queijos canastra. Em 2005 os técnicos e ambientalistas do IBAMA realizavam a retirada dos produtores e atividades econômicas da região a fim de se criar uma grande área de preservação ambiental, mas durante os anos de 2005 e 2006 realizou-se um estudo sobre a região, a cultura e a população, a fim de descobrir as características daquela região e embora houvesse a predominância de cidades no entorno de todo o Parque Nacional, a principal fonte de renda das cidades e da população encontrava-se na produção agrícola. Devido a este fator, foi então que o IBAMA percebeu o rico potencial da região na produção agrícola e no desenvolvimento do turismo (GIOMETTI; PANCHER, 2012). O queijo da região foi selecionado a obter a certificação de IG do

¹ Tranquilo é o tipo do vinho que não passou pela segunda fermentação. Não possui gás carbônico (RIZZON; MENEGUZZO; ABARZUA, 2000).

queijo canastra. O gerente executivo da Associação dos Produtores de Queijo da Canastra (APROCAN) disse em seu relato que os produtos encontravam em processo de finalização, aguardando apenas a regulamentação das etiquetas com os registros da IG (CRUZ; HESPANHOL, 2018). O principal fator de sucesso para o queijo canastra, é a altitude da região da canastra que se encontra entre 600m até um pouco acima de 1000m, o que contribui com produção de diversos tipos de micro-organismos, estes que contribuem com diversos processos e estágios na produção do queijo, sendo eles de extrema importância na produção do queijo, indo desde de a fermentação à produção de sabor do queijo (RESENDE et al., 2011).

Na Serra da Mantiqueira encontra-se a Indicação de Procedência da Serra da Mantiqueira, também uma das pioneiras em IP no Brasil. Esta IP encontra-se entre os estados de São Paulo e Minas Gerais e conta com 22 municípios, dando-se exclusivamente a produção de café. O cultivo foi realizado em regiões que se encontravam entre as altitudes de 900m a 1400m (SEBRAE, 2018). Segundo a Associação Brasileira de Indústria de Café (ABIC), o Brasil é responsável por cerca de 30% de toda a produção mundial e analisando o montante produzido, 10% de toda produção fica para o mercado interno. Guilherme Amado, gerente de uma marca de café afirma: “o *café é o novo vinho*” (ABIC, 2018)

Tabela 1 - Trecho da Tabela com Indicações Geográficas no Brasil

Nome Geográfico	UF	Produto / Serviço	Espécie	Concessão
Vale dos Vinhedos	RS	Vinhos tintos, brancos e espumantes	Indicação de Procedência	19/11/2002
Região do Cerrado Mineiro	MG	Café	Indicação de Procedência	14/04/2005
Pampa Gaúcho da Campanha Meridional	RS	Carne bovina e seus derivados	Indicação de Procedência	12/12/2006
Paraty	RJ	Aguardentes, tipo cachaça e aguardente composta azulada	Indicação de Procedência	10/07/2007
Vale do Sinos	RS	Couro acabado	Indicação de Procedência	19/05/2009
Vale do Submédio São Francisco	PE/BA	Uvas de mesa e manga	Indicação de Procedência	07/07/2009
Pinto Bandeira	RS	Vinhos tintos, brancos e espumantes	Indicação de Procedência	13/07/2010
Litoral Norte Gaúcho	RS	Arroz	Denominação de Origem	24/08/2010
Região da Serra da Mantiqueira de Minas Gerais	MG	Café	Indicação de Procedência	31/05/2011
Costa Negra	CE	Camarões	Denominação de Origem	16/08/2011
Serro	MG	Queijo	Indicação de Procedência	13/12/2011
Maués	AM	Guaraná	Indicação de Procedência	16/01/2018
Colônia Witmarsum	PR	Queijo	Indicação de Procedência	24/04/2018
Sul da Bahia	BA	Amêndoas de cacau	Indicação de Procedência	24/04/2018
Venda Nova do Imigrante	ES	Socol	Indicação de Procedência	12/06/2018

Fonte: INPI (2019a)



Figura 2 - Mapa das Indicações Geográficas no Brasil
Fonte: INPI (2019a)

O objeto de estudo desse trabalho é a descoberta de áreas com potencial para a produção de café de qualidade na região de Santo Antônio do Amparo, em Minas Gerais. Por isso, a seção 2.3 casos de Indicação Geográfica na cafeicultura.

2.3. Indicação Geográfica e a Cafeicultura

Segundo Schussler (2009), os produtores de café buscam superar o baixo preço da *commodity*² no mercado mundial agregando valor ao produto por meio de indicações geográficas. Com isso, deixam de exportar simplesmente o produto café e passam a exportar um café de origem única.

Um dos maiores exemplos de Indicação Geográfica na cafeicultura é o *Café de Colombia*. Depois de uma crise econômica, os produtores criaram a 'Federación Nacional de Cafeteros' (FNC) e apostaram na diferenciação dos seus cafés nos Estados Unidos, principal país consumidor. Como estratégia de marketing, criaram o

²*Commodity* é um determinado bem ou produto de origem primária comercializado nas bolsas de mercadorias e valores de todo o mundo e que possui um grande valor comercial e estratégico (PENA, 2019).

personagem Juan Valdez, representando o produtor colombiano. A estratégia surtiu efeito e criou uma identidade para os cafés colombianos, especialmente entre os consumidores americanos. A Colômbia registrou nos Estados Unidos a marca de certificação Café da Colômbia. No entanto, não foi suficiente para proteger o produto, pois era possível encontrar no mercado cafés 'tipo colombiano'. Em 2005, a FNC resolveu apostar não só na proteção de marcas e obteve Indicação Geográfica como denominação de origem na Colômbia. Posteriormente, a FNC solicitou com sucesso registro de IG na União Europeia (MAFRA, 2008).

Outros exemplos de cafés com Indicação Geográfica no mundo são o Café Vera Cruz (México), Café *Blue Mountain* (Jamaica) e Café de *Antigua* (Guatemala) (SCHUSSLER, 2009).

Segundo Hughes (2009), as regiões com IGs consolidadas no mercado não possuem grandes dificuldades para desenvolver os seus produtos, mas aquelas regiões que ainda estão em desenvolvimento econômico, enfrentam maiores dificuldades para promover os seus produtos, pois dependem de patrocinadores para ajudá-los a alavancar a venda dos produtos e trabalhos com *marketing*. Para essas empresas, o custo é muito alto para se criar essa mentalidade consciente nos produtores e o custo desse erro pode ser alto como, por exemplo, o caso da Etiópia, que depois de enfrentar dificuldades para registrar seus cafés, preferiu vendê-los sem *royalites*³.

Corporações de países desenvolvidos têm um papel no forte trabalho de marketing das IGs de países subdesenvolvidos produtores de café. Segundo a maior companhia especializada em cafés, a forte presença dessas corporações em países subdesenvolvido tem ajudado não apenas o *marketing*, mas também ao crescimento dos produtores de café das IGs, dando-se principalmente pelo mercado norte-americano e as vendas varejistas. Antes dos anos 60, as grandes redes de supermercados eram os principais varejistas de café, atualmente, são os torrefadores que realizam a compra dos grãos de café de países subdesenvolvidos. A "*Coffee Bean and Tea Leaf*" (CBTL) foi muito elogiada pela rede de cafés Starbucks por sua qualidade na produção do café, e não só isso, mas também muito elogiada pelas suas denominações de origem, o qual tem realizado excelente cultivo dos grãos. Sr. Jay Isais, chefe de compras da CBTL, diz que isso é muito bom, tanto para o seu produto

³ *Royalites* são as importâncias cobradas pelo proprietário de uma patente de produto, processo de produção, marca, entre outros, ou pelo autor de uma obra, para permitir seu uso ou comercialização. (SENADO, 2019)

como para os produtores de grãos, pois ajuda a promover o seu produto e as regiões de origem. Promover as regiões de origem é qualificar o seu produto, tornar mais conhecido. São quase 12 mil lojas em todo o mundo e quando se dá nome as regiões de plantio do café, gera-se uma conscientização do produto em seus mais de 40 milhões de clientes (HUGHES, 2009).

Países como Colômbia e Jamaica possuem certificação das IGs para seus produtores de café, mas muitos produtores de café em todo o mundo ainda não possuem registros de proteção de propriedade intelectual. Segundo empresas que comercializam cafés certificados nos EUA, cafés que possuem proteção de propriedade intelectual para as suas IGs, no mercado possuem um valor de venda superior aos cafés que não tem registrado sua IG, e, um café registrado, também possui uma forte determinação na escolha de compra pelas empresas varejistas (TEUBER, 2007).

No Brasil, a primeira região produtora de café a possuir uma IG foi a região do Cerrado Mineiro e em seguida, a Serra da Mantiqueira. Minas Gerais tem um papel importante na produção de café no Brasil, sendo o pioneiro no registro de IG de produção cafeeira. Isso agrega um grande valor ao produto brasileiro, mas não apenas isso, mostra o quão importante é valorizar o produto e o produtor rural. A Tabela 2 apresenta as indicações geográficas para cafeicultura no Brasil. Ressalta-se na tabela a presença de IGs de regiões cafeeiras em quatro Estados Brasileiros : Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Bahia. Ressalta-se também que a maioria das IGs são Indicações de Procedência (85,5%), enquanto apenas 14,5% são de Denominação de Origem.

Com o registro da IP do café, os produtores conseguem garantir a linha histórica de produção daquela região. Depois de garantida a IP, os produtores buscam registrar sua DO, a fim de afirmar e atestar a qualidade e sabor exclusivo do café e de todos os métodos, ferramentas e tecnologias de cultivo do café daquela região. Nisso, o café brasileiro tem ganhado apreço nacionalmente e internacionalmente pela qualidade da sua produção, do grão e do sabor do café (CPC, 2012).

Apesar do objetivo principal de uma IG ser agregar valor ao produto e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida dos produtores, em seu trabalho Neilson, Wright e Aklimawati (2018) apresentam como estudo de caso IGs do setor cafeeiro na Indonésia. Os autores concluem que lá o estabelecimento de uma IG não trouxe benefícios econômicos tangíveis aos produtores locais. Isso porque, segundo os autores, existe uma má administração por parte do governo e pelas associações

industriais, contribuindo para uma marginalização da economia dentro das áreas de IG.

Tabela 2 - Lista de Indicações Geográficas do Café de 2002 até 2019

IG Espécie	Data do Registro	IG	Estado
IP	14/04/2005	Região Do Cerrado Mineiro	MG
IP	31/05/2011	Região Da Serra Da Mantiqueira De Minas Gerais	MG
IP	25/09/2012	Norte Pioneiro Do Paraná	PR
IP	17/09/2013	Alta Mogiana	SP
DO	31/12/2013	Região Do Cerrado Mineiro	MG
IP	19/07/2016	Região De Pinhal	SP
IP	14/05/2019	Oeste Da Bahia	BA

Fonte: INPI (2019c)

O capítulo 3 apresenta o uso das geotecnologias na demarcação de regiões de Indicação Geográfica, uma vez que, apesar de não ser obrigatório, o INPI recomenda fortemente o envio dos arquivos de dados e mapas da área da IG a ser registrada. Recomenda-se também georreferenciar cada unidade produtiva da IG, a fim de facilitar futuros trabalhos e análises sobre a IG. Deve-se também enviar as informações sobre a área, como: coordenadas, área total, perímetro, sistema de satélite usado (JUNQUEIRA; JUNIOR, 2016).

3. GEOTECNOLOGIAS E AS INDICAÇÕES GEOGRÁFICAS

3.1. Geotecnologias

O processo para concessão de uma IG demanda entrega de diversos documentos, dentre eles : Documentos que comprovem que o nome geográfico se tornou conhecido, no caso de IP, ou documentos que comprovem a influência do meio geográfico nas qualidades ou características do produto ou serviço, no caso de DO; e Instrumento oficial que delimita a área geográfica (INPI, 2019a). Nesse contexto, o uso de geotecnologias contribui fortemente para os estudos da região a ser certificada e tem sido fundamental no auxílio aos peritos, pois pode-se afirmar com maior precisão os dados reunidos.

Define-se geotecnologias como tecnologias empregadas no processamento, tratamento e análise computacional de informações geográficas (GIOMETTI; PANCHER, 2012). As principais geotecnologias são:

- **Sistemas de Informações Geográficas (SIG):** São sistemas computacionais capazes de armazenar informações espaciais em um banco de dados espacial a fim de oferecer ferramentas de manipulação e visualização dos dados. Os SIGs permitem a manipulação dos dados, dando ao usuário o total controle sobre a visualização dos dados (VEINBERG et al., 2014).
- **Global Position System (Sistema de Posicionamento Global)(GPS):** São sistemas que indicam a coordenada de um ponto na terra através do tridimensionamento do sinal de três ou mais satélites (PESTANA; LAGE; FÉLIX, 2013). Com o GPS obtêm-se a localização de um ponto em qualquer lugar do mundo e em qualquer hora. Ele fornece ao usuário a latitude, longitude, altitude, velocidade e hora do ponto alvo. (GIOMETTI; PANCHER, 2012).
- **Sensoriamento Remoto (SR):** É a captação de informações sobre um determinado alvo utilizando-se de sensores remotamente instalados em satélites (BOLFE; PEREIRA; MADRUGA, 2004). Não é apenas a captação, mas é toda uma ciência que cuida da obtenção das informações da superfície da terra sem contato direto com o elemento. Uma observância quanto aos sensores é que os alvos em solo possuem uma distinção no seu comportamento quanto ao seu espectro, espaço e radiométrico (GIOMETTI; PANCHER, 2012).

3.2. O Papel Das Geotecnologias na Demarcação de Áreas de Indicação Geográfica

Como dito anteriormente, uma IG de produto agrícola é fruto da combinação entre as características ambientais da região, o manejo da cultura, o processo pós-colheita e costumes locais. Nesse contexto, o principal papel das geotecnologias é servir de ferramenta para a caracterização geográfica e delimitação da área, permitindo conhecer profundamente a região através de mapas de clima, uso e cobertura da terra, relevo, hidrografia, solos, unidades geoambientais, dentre outros. Outra vantagem das geotecnologias, especialmente os SIGs, é a possibilidade de relacionar as informações acima mencionadas com informações sobre a qualidade do produto, por exemplo.

As geotecnologias são, portanto, importantes na estruturação da Indicação Geográfica das regiões. Viel et al. (2019) apresentam um estudo de caso para a IG do Vale dos Vinhedos/RS. Nesse estudo a geomorfologia da região foi associada à qualidade dos vinhos produzidos e todo processamento foi calcado no uso de geotecnologias. Segundo os autores é necessário conhecer muito bem a relação entre os elementos da paisagem da região e que as geotecnologias permitem mapeamentos mais precisos, rápidos e com menor custo.

Segundo o trabalho de Alves et al.(2013), a base cartográfica e o levantamento de características relacionadas à paisagem para a delimitação da IG de cafés especiais da Serra da Mantiqueira foram subsidiados por geotecnologias. Um dos resultados apresentados pelos autores foi o mapa de uso da terra com café, produzido a partir de mapeamento feito sob imagens do satélite *Rapideye* a partir de cinco bandas espectrais durante o ano de 2009. As imagens coletadas foram trabalhadas em dois SIGs, o *SPRING*(INPE, 2019) e o *ArcGIS*(IMAGEM, 2019), onde foram processadas, de forma a obter mapas classificados em quatro classes temáticas : água, café, mata e outros usos. O resultado foi o mapa de uso da terra com café apresentado na Figura 3. O mapa tem acurácia de 90,2%.

Em função da grande oferta de dados oriundos do sensoriamento remoto atualmente, as análises de dados geoespaciais migraram para o contexto de *Big Data*, fazendo surgir plataformas para processamento de dados espaciais. Exemplo dessas plataformas é o *Google Earth Engine* (GEE), que, além de oferecer acesso à diversos produtos de SR, também oferece um ambiente para o processamento desses dados.

O diferencial da plataforma é o fato de o usuário realizar todo processo *online*, sem a necessidade de fazer *download* dos dados, sob a infraestrutura de *cluster* da Google.

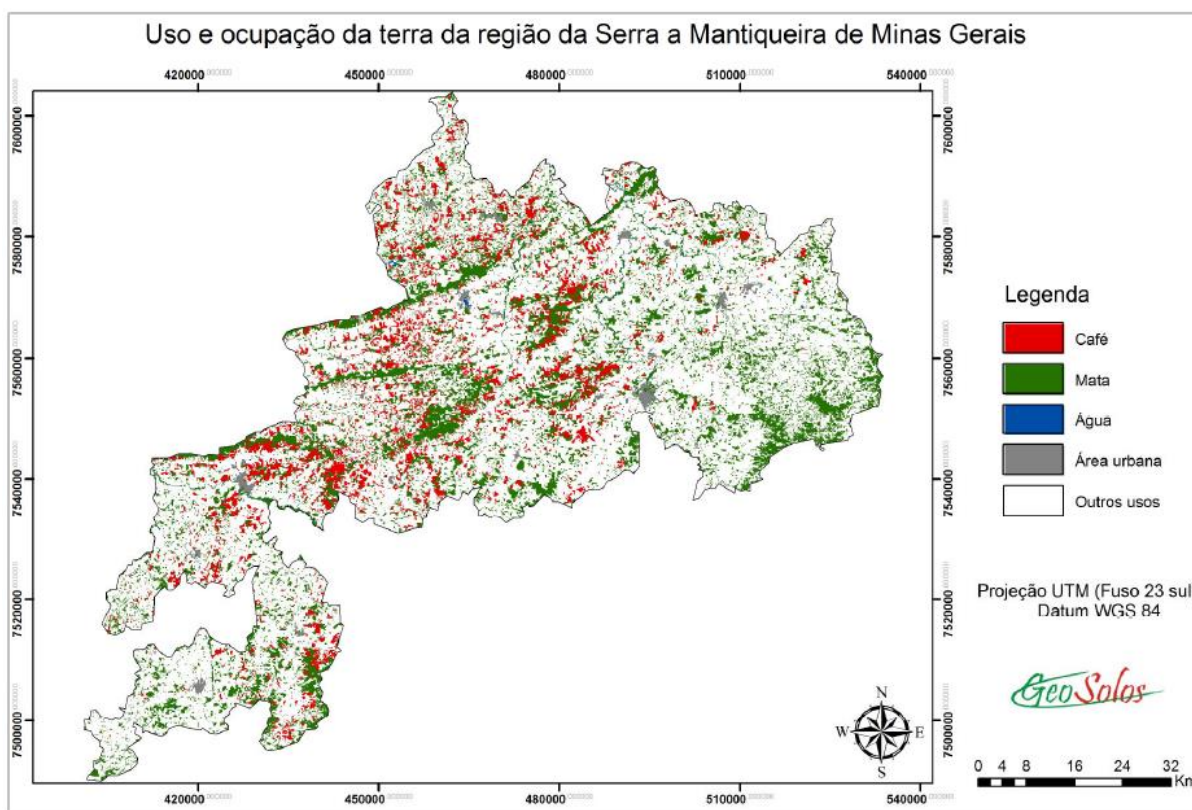


Figura 3 - Mapa de Uso e Ocupação da terra para os 22 municípios na Serra da Mantiqueira de Minas Gerais
Fonte: ALVES et al. (2013)

A seção 3.3 detalha o GEE e relata alguns estudos de mapeamento de uso da terra e caracterização geográfica de regiões utilizando a plataforma.

3.3. Google Earth Engine

O *Google Earth Engine* é uma plataforma *online* para análises geoespaciais utilizando da infraestrutura da Google. Com uma vasta gama de dados de satélites, de código aberto, o GEE incorpora mecanismos de computação em nuvem. A interface do usuário (Figura 4) é muito bem elaborada, facilitando a interação do usuário com o código e a execução (MUTANGA; KUMAR, 2019). Mas quando se pensa em manipulação de dados geográficos, logo vê-se a necessidade e a demanda de altos recursos computacionais, conhecimento em TI e infraestrutura, mas o GEE vem trazer todo esse recurso computacional, como banco de dados, processadores de dados, algoritmos de processamento, conexões de internet rápidas, necessitando apenas de uma conexão de internet. Assim, o GEE se torna acessível a todos os tipos usuários

e cientista, até mesmo aqueles com menos recursos. Com o GEE, qualquer pessoa no globo, com uma conexão com internet pode manipular e estudar dados geoespaciais (GORELICK et al., 2017).

A interface de programação online do GEE utiliza a linguagem de programação *Javascript*. O *Javascript* dá a capacidade ao programador de desenvolver métodos avançados em páginas *web*, e também, possui métodos que se comunicam com APIs(MOZZILA, 2019), e no GEE não é diferente. Através da área de programação, os códigos são enviados a API do GEE e então são geradas as informações e retornadas a tela do usuário. O *Javascript* é uma linguagem de programação muito simples e prática e sua curva de aprendizagem é muito baixa (GOOGLE, 2019; MOZZILA, 2019).

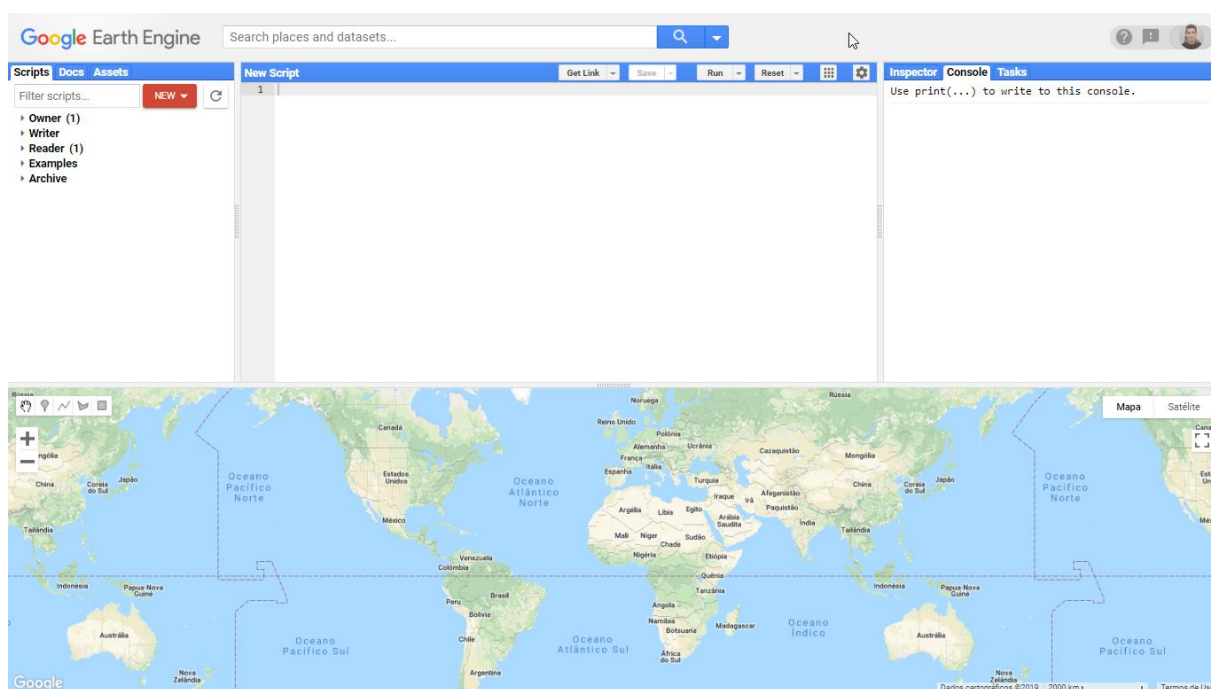


Figura 4 – Interface online de programação do Google Earth Engine
 Fonte: GEE. Disponível em: < <https://code.earthengine.google.com> > Acesso em:
 26/10/2019

3.4. Utilização do GEE na Cafeicultura

PAREDE et al. (2019) utilizam do GEE para realizar a classificação do café no Sul de Minas e sua área de estudo compreende o município de Três Pontas. Dos recursos do GEE, foi utilizado os *conjuntos de dados* de imagens do *Sentinel 2* e do *Landsat 8*. Para a classificação, utilizaram dos algoritmos supervisionados disponíveis no GEE, o *Random Forest*, *Cart* e o *Perceptron Multiclass*. Das imagens geradas, foi montado

uma coleção de imagens chamada *ImageCollection* e deste aplicado um filtro de moda, sendo este último uma função que analisa pixel a pixel o valor mais frequente na coleção e retorna uma única imagem resultante.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da execução dos algoritmos supervisionados para a classificação do café na região de estudo. Segundo os autores, embora um algoritmo possua uma melhor acurácia de treinamento, não condiz exatamente que sua eficiência será melhor. Obtiveram neste trabalho uma performance satisfatória, e para os satélites Sentinel e Landsat, suas acurácias para a classe de café foram de 66.89% e 68.54% respectivamente. Quanto a plataforma, eles complementam que “a plataforma é conveniente para esse fim, possibilitando gerar mapas com acurácia satisfatória, sem a necessidade de nenhuma infraestrutura computacional local”, e que o ganho de tempo ao analisar esse tipo de dado é enorme se comparado a análise presencial, especialmente em projetos maiores.

Tabela 3 - Resultados obtidos com a classificação

Algoritmos	Acurácia Treinamento	Exatidão Global	Kappa	Acurácia Café
Sentinel-2				
<i>RF</i>	74,75	66,87	0,51	66,50
<i>Cart</i>	76,71	62,57	0,45	62,00
<i>Perceptron</i>	65,97	65,57	0,48	62,46
MD Eucl.	53,60	53,33	0,36	59,35
MD Mah.	43,57	42,15	0,26	53,47
Combinação 1	-	66,00	0,50	64,71
Combinação 2	-	66,89	0,51	66,89
Landsat 8				
<i>RF</i>	76,34	67,37	0,52	65,83
<i>Cart</i>	77,62	63,81	0,47	66,89
<i>Perceptron</i>	67,43	66,11	0,49	61,93
MD Eucl.	57,61	56,13	0,39	59,55
MD Mah.	53,79	51,60	0,35	52,35
Combinação 1	-	66,47	0,51	64,11
Combinação 2	-	67,59	0,52	68,54

Fonte: PAREDE et al. (2019)

No trabalho de SOUZA et al. (2019), utilizando o GEE no campo de pesquisa de café, também realiza-se o mapeamento das áreas cafeeiras, mas enquanto o anterior abordava imagens sem a banda de textura do satélite, neste novo estudo utilizam-se também das bandas texturais. Ao utilizar as bandas texturas também na classificação, observou-se uma melhora discreta sobre os resultados. A área de café ao ser classificada sem textura, obteve-se resultados próximos de 69,13%, enquanto a classificação utilizando das bandas texturais chegou a um resultado de 71,39%. Isso mostra que a utilização das bandas de textura beneficia o resultado das classificações. Não se limitando a terras brasileiras, o estudo do (KELLEY; PITCHER; BACON, 2018) se propõe a utilizar o GEE para mapear áreas de café onde o café é sombreado. Só que café sombreado é um desafio para os SR, pois sua semelhança com as florestas é bem grande. A partir desse tema, o autor aplica seu estudo sobre a região da Nicarágua. Utilizando de várias cenas *Landsat* e *Sentinel* de várias estações do ano, o autor através da plataforma GEE, consegue chegar em um resultado satisfatório, ao diferenciar áreas de café de áreas com manguezais, com precisão de 81,5%.

No capítulo 0 é apresentado a metodologia utilizada neste trabalho e a ferramenta *Google Earth Engine* para a análise do campo das vertentes na região de Santo Antônio do Amparo (PAREDE et al., 2019).

4. METODOLOGIA

4.1. Área de Estudo

O local de estudo é a cidade de Santo Antônio do Amparo, localizado na mesorregião Campo das Vertentes do Estado de Minas Gerais (Figura 5). O município possui uma área de 488,885 km², altitude média de 900m e seu clima é predominantemente Tropical de Altitude. Sua temperatura média é de 20 graus Celsius, com valores máximos de 30 e mínimos de 10 graus (IGBE, 2019).

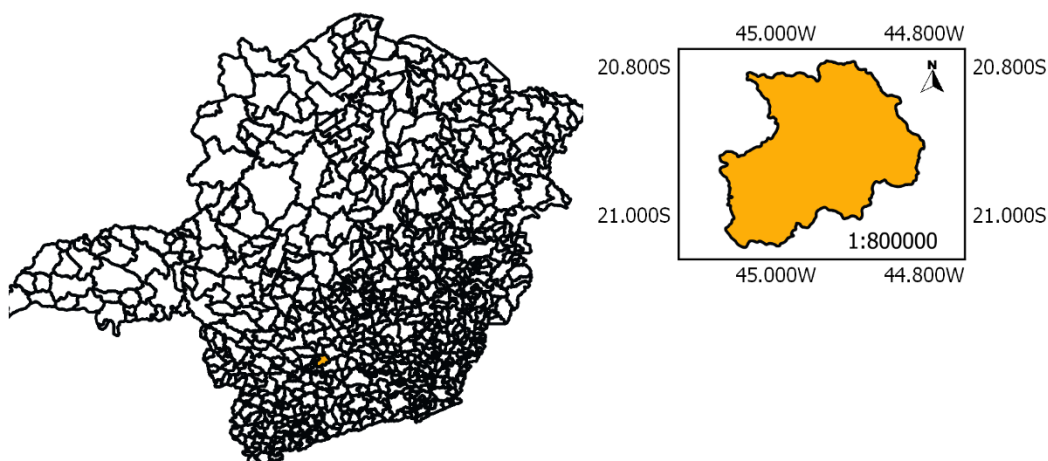


Figura 5 - Localização do município de Santo Antônio do Amparo em Minas Gerais

4.2. Materiais e Métodos

Utilizando a plataforma do *Google Earth Engine* (seção 3.3), este trabalho realizou o processamento de dados geoespaciais para subsidiar estudos de Indicação Geográfica. A Figura 6 apresenta o fluxograma de atividades realizadas para esse fim, passando principalmente pela caracterização ambiental do município de Santo Antônio do Amparo.

As seções de 4.2.1 a 4.2.10 detalham os produtos de SR utilizados nesse trabalho e os processos definidos.

Além do GEE, o SIG QGIS foi utilizado em algumas etapas auxiliares do processo. Antes da importação das geometrias no GEE, algumas delas precisaram passar por tratamento para assim estarem disponíveis para *upload*. Para as geometrias que não se encontravam com apenas a área do município, foi utilizada a função *Recortar*

juntamente com a geometria dos limites municipais para criar o recorte na geometria original. No caso da geometria de solos, haviam erros no arquivo, o que impossibilitavam o recorte e o uso da geometria. Para corrigir o problema foi utilizada a ferramenta *Corrigir Geometrias*, corrigindo assim todos os erros na geometria.

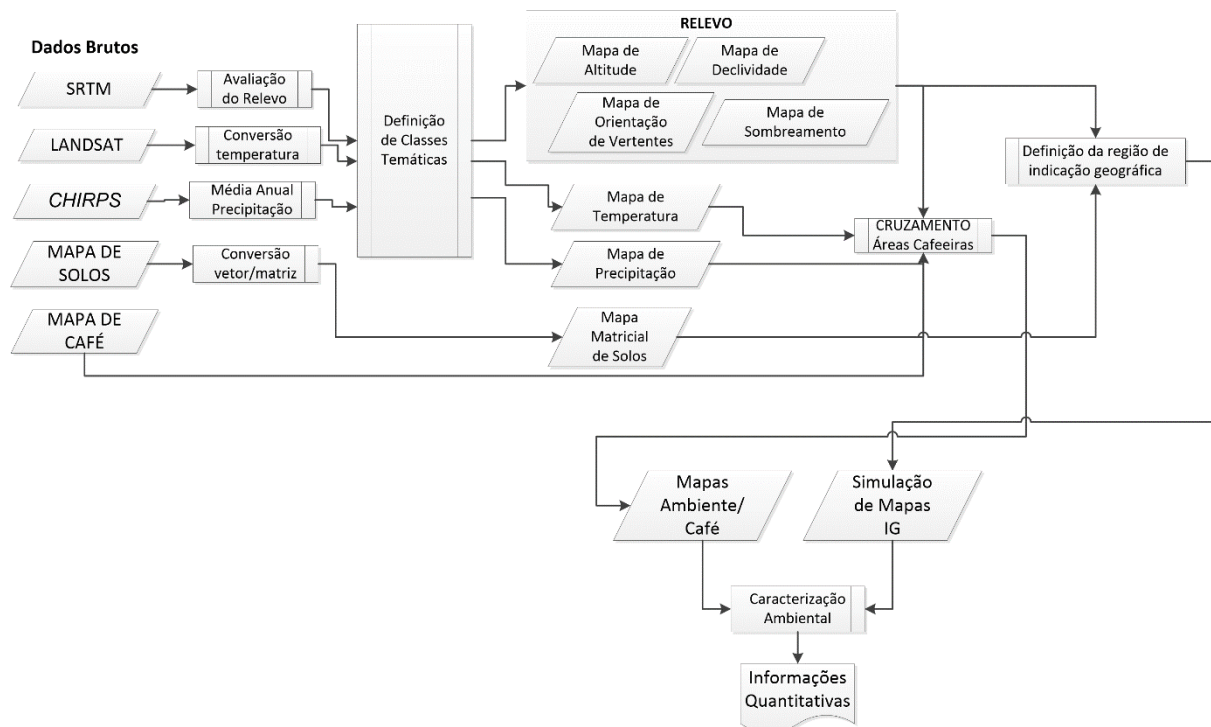


Figura 6 - Fluxograma de atividades

4.2.1. Dados brutos

Os dados apresentados na Figura 6 são descritos na

Tabela 4, exceto o Limite Municipal que foi utilizado para recortar e delimitar as áreas.

Tabela 4 - Tabela de Dados

Dado	Fonte	Resolução.	Coleção	Collection_Id
SRTM	GEE	30m	<i>Srtm Digital Elevation Data 30m</i>	USGS/SRTMGL1_003
Landsat 8	GEE	Reamostrado de 100m para 30m	<i>USGS Landsat 8 Collection 1 Tier 1 TOA Reflectance</i>	LANDSAT/LC08/C01/T1_TOA

Tabela 4 - Tabela de Dados

CHIRPS Daily	GEE	0,05 graus de arco	<i>CHIRPS Daily: Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data (version 2.0 final)</i>	UCSB- CHG/CHIRPS/D AILY
Mapa de Solos	UFV (2013)	-	-	-
Mapa de Café	Epamig	-	-	-
Limite Municipal	IEDE (2019)	-	-	-

4.2.1.1. SRTM

Esta imagem é fornecida pela NASA JPL ao *Google Earth Engine*. A sua resolução é de 30m e a data desses dados são de fevereiro de 2000. Essa imagem passou por processos de preenchimento das áreas vazias no mapa utilizando informações de outras fontes de dados, como: ASTER GDEM2, GMTED2010 e NED. O que não pôde ser preenchido por essas fontes, foi preenchido por dados comerciais (GOOGLE, 2019a).

4.2.1.2. Landsat 8

O *Landsat 8* é um conjunto de dados composto por uma coleção de imagens. Ao todo ele possui 12 bandas, utilizando neste trabalho apenas a banda 10. Essa banda possui uma resolução original de 100m convertido para a resolução de 30m. A banda 10 possui dados advindo do sensor infravermelho térmico e a partir desses dados é possível convertê-los para dados de temperatura. A versão do *Landsat 8* utilizada é o TOA 1 (*Top of Atmosphere*), também conhecido como albedo planetário (GOOGLE, 2019a). A vantagem de usar essa versão é que ela compara imagens de diferentes sensores, com isso, ela é capaz de remover o efeito de cosseno dos diferentes ângulos, compensar valores diferentes de irradiância e corrigir a variação na distância entre o Sol e a Terra (CHANDER; MARKHAM; HELDER, 2019). Esse *dataset* possui

uma coleção de imagens de 2013 até o presente e o intervalo de captação dos dados pelo satélite é de 16 dias (GOOGLE, 2019a).

4.2.1.3. CHIRPS Daily

O *dataset CHIRPS Daily* é um conjunto de imagens com dados sobre precipitação. Sua coleção de imagens é composta por imagens interpoladas geradas através do produto TRMMM (SILVA, 2018). Seu banco de imagens possui mais de 30 anos. A captação dos dados é quase global, com uma taxa de atualização de 1 dia. A resolução de suas imagens é de 0,05 graus de arco (GOOGLE, 2019a).

4.2.1.4. Solos

O mapa de solos foi escolhido na base de dados da UFV (2013), onde o dado já havia sido estudado, reconhecido e já possuía um formato do arquivo padrão para importação e utilização. O mapa se encontrava na folha 4 do arquivo para *download*, no formato gdb e em uma escala de 1:650.000. Para a utilização do mapa no GEE, foi utilizado o QGIS (seção 4.2) para realizar a conversão do arquivo. Como haviam geometrias inválidas no mapa, foi utilizada a função Corrigir Geometrias, em seguida, realizado o corte da região do município e exportação para o formato KML (próprio para importação no GEE).

4.2.1.5. Mapa de Café

O mapa de café em Santo Antônio do Amparo foi criado através dos estudos do MACIEL et al. (2016a). Foram utilizados dados do satélite *Landsat 8* nas datas compreendidas entre janeiro de 2014 e agosto de 2015. O arquivo utilizado neste trabalho foi o resultado final do estudo dos autores.

4.2.1.6. Limite Municipal

O Limite Municipal é a principal geometria da pesquisa. Ela é a geometria que compõe todo o contorno e área do município. A partir dela que as outras funções, *datasets*, imagens e afins serão filtrados e ou recortados. Ela servirá de base e referência. O *download* do limite foi realizado através do site do IEDE (2019) no formato *shapefile*. Esse arquivo compõe um mapa de todo o estado, então, assim como o mapa de solos,

esse arquivo foi aberto no QGIS (seção 4.2), selecionado apenas a área correspondente a área do município de Santo Antônio do Amparo e exportado no formato KML.

4.2.2. Avaliação do relevo

A partir do Modelo Digital de Elevação oriundo do produto de sensoriamento remoto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), foram gerados os mapas de altitude, declividade, orientação de vertente e sombreamento. O SRTM já é um mapa de altitude. O processamento nesse caso é apenas a definição das classes temáticas. Os demais mapas de relevo são derivados da informação de altitude. A classe de objeto *ee.Terrain* do GEE oferece algumas funções que derivam o mapa de altitude nos mapas de declividade, vertente e sombreamento. *Slope* calcula declividade do pixel através dos pixels ao redor. *Hillshade* calcula a iluminação pixel a pixel. *Aspect* assim como o *slope* utiliza os pixels ao redor do pixel para calcular o valor da vertente.

4.2.3. Definição das classes temáticas

Para todos os mapas serão geradas classes, e dessas classes, mapas classificados. O processo a ser utilizado é o descrito na seção 4.2.3. Dada uma imagem e as classes definidas, serão aplicadas algumas funções que realizam a transformação da imagem no mapa temático. São elas:

- *reduceRegion()*: Este método tem a função de gerar os valores mínimos e máximos de uma imagem dada. Utiliza-se o parâmetro *ee.Reducer.min()* para retornar o menor valor, e, *ee.Reducer.max()* para retornar o maior valor.
- *gt()*: Este método é o principal método para a classificação das imagens. Aplicando-o sobre a imagem, deve colocar como parâmetro a função *ee.image(x)*, onde x, deve ser colocado o vetor com os valores topo das classes de classificação. O retorno dessa função é uma nova imagem com o número de bandas equivalente ao número de classes, tendo valor 1 se for maior que o valor da classe e 0 se for menor ou igual.
- *reduce('sum')*: Com as bandas geradas pela função anterior, esta função irá reduzir as bandas a uma única banda correspondendo ao somatório dos valores das bandas pixel a pixel.

Todas essas funções, e outras, são encontradas no Catálogo de Desenvolvedores do *Google Earth Engine* (GOOGLE, 2019b).

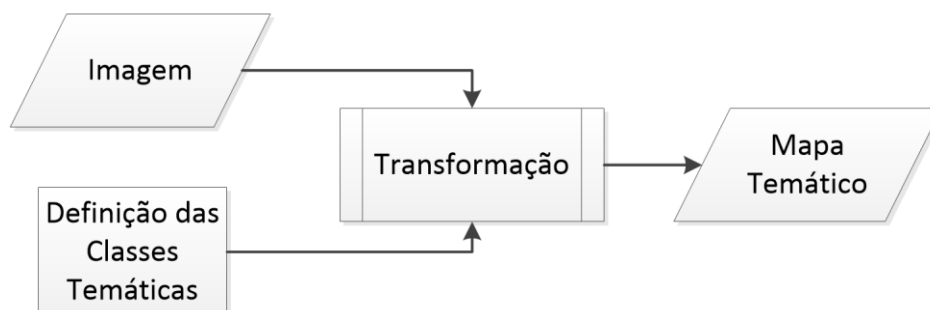


Figura 7 - Processo de classificação das classes

4.2.4. Classes de Altitude

As classes de altitude foram definidas a partir do menor e maior valor obtidos para o município. Na linha 1 e 5 da Figura 8, a função *reduceRegion*, associada às funções *min()* e *max()* retorna o menor e o maior valor da banda, respectivamente. Na linha 13, é gerado o vetor topo com os valores de classificação. Na linha 9 e 10, são gerados os valores de piso e teto das classes.

```

1 var MINALT = elevacao.reduceRegion({
2   reducer: ee.Reducer.min(), geometry: area, scale: 30 })
3   .get('elevacao').getInfo();
4
5 var MAXALT = elevacao.reduceRegion({
6   reducer: ee.Reducer.max(), geometry: area, scale: 30 })
7   .get('elevacao').getInfo();
8
9 var MINALT = MINALT - (MINALT % 100) + 50;
10 var MAXALT = MAXALT - (MAXALT % 100) + 50;
11
12 var classesDeElevacao = Array();
13 for (var i = MINALT + 100; i < MAXALT; i += 100) {
14   classesDeElevacao.push(i);
15 }
  
```

Figura 8 - Código desenvolvido no GEE para os valores de classe

4.2.5. Conversão temperatura

O satélite *Landsat 8* possui o sensor infravermelho térmico, que origina duas bandas termais (bandas 10 e 11), denominadas TIRS. A partir das bandas TIRS, é possível obter a temperatura da superfície terrestre (LST). O mapa de temperatura média anual da superfície terrestre para o município de Santo Antônio do Amparo foi obtido conforme fluxograma da Figura 9.



Figura 9 - Fluxo de geração do mapa de temperatura

As imagens foram coletadas do conjunto de dados “*USGS Landsat 8 Collection 1 Tier 1 TOA Reflectance*”, formando uma coleção denominada no GEE de *imageCollection*. Desta coleção foram escolhidas imagens mensais de 1 ano, contemplando o período de 01/10/2018 a 01/10/2019. A Tabela 5 apresenta a data de cada uma das 12 imagens usadas.

O trecho de código da Figura 10 apresenta a obtenção do mapa de temperatura média anual a partir das imagens TIRS do *Landsat 8*.

```

1  var periodo = ee.List.sequence(0, 12);
2
3  var collectYear = ee.ImageCollection(periodo
4  .map(function(y) {
5    return usgs
6      .filterBounds(area)
7      .filterDate(dataMin.advance(y, 'month'), (dataMin).advance(ee.Number(y).add(1), 'month'))
8      .sort('CLOUD_COVER').first();
9  }));
10
11 var temperatura = usgs.mean().clip(area).select("B10").subtract(273.5);

```

Figura 10 - Código desenvolvido no GEE para a obtenção do mapa de temperatura anual de superfície a partir da banda termal 10 do Landsat 8.

Tabela 5 - Tabela de datas das imagens Landsat 8 TOA 1

Nº	Mês	Data
1	Outubro	10/10/2018
2	Novembro	27/11/2018
3	Dezembro	13/12/2018
4	Janeiro	30/01/2019
5	Fevereiro	22/02/2019
6	Março	10/03/2019
7	Abril	20/04/2019
8	Maio	22/05/2019
9	Junho	30/06/2019
10	Julho	25/07/2019
11	Agosto	01/08/2019
12	Setembro	11/09/2019

Na linha 1 da Figura 10, a função *ee.List.sequence(0,12)* gera uma lista de valores de 0 a 11 representando a quantidade de meses a ser obtida as imagens. A função que inicia na linha 3 até a 9, irá acessar a coleção mês a mês e filtrar as imagens. Na linha 4, a função *map* irá navegará no vetor período, um a um (mês a mês), chamando a função contida dentro dela para cada elemento do vetor. Na linha 7, o filtro de data é aplicado utilizando a data inicial como referência. A função *advance* fará a data avançar x meses de acordo com o mês enviado como parâmetro no map. Na linha 6, a função *filterBounds()* seleciona apenas as imagens dentro da área de estudo. Na linha 8, efetua-se o filtro de nuvens. A função *first()*, associada à função *sort()*, seleciona a imagem que apresenta menos nuvens para o mês que está sendo avaliado. Na linha 5 a variável *usgs* retorna o valor da imagem da vez. Ao final da execução desse código, a variável *collectYear* (linha 2) é uma coleção composta por 12 imagens, sendo uma de cada mês.

Na linha 11 da Figura 10, a média anual da temperatura de superfície é efetivamente calculada. A função *mean()* executa a média dos valores das bandas pixel a pixel, resultando em uma única imagem com a média das 12 iniciais. Ao final, executa-se a transformação dos valores da banda 10, que estão em graus Kelvin, para valores em graus celsius, subtraindo de cada pixel o valor 273,5 (MINH, 2019). Essa etapa é executada pela função *subtract()*. Por fim, a função *Clip()* recorta a imagem com a área do município.

4.2.6. Média anual precipitação

No catálogo do GEE existem diferentes produtos relacionados à precipitação. Dentre eles, o CHIRPS - *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data*. Nogueira, Moreira e Volpato (2018) avaliaram a correlação de alguns produtos de SR para precipitação em relação a estações locais, no Estado de Minas Gerais. Os autores concluíram que os dados CHIRPS apresentaram a melhor correlação, sendo, portanto, a base de dados escolhida para esse trabalho.

De forma semelhante à obtenção do mapa de média anual de temperatura da superfície, obteve-se o mapa de média anual de precipitação, conforme ilustrado no trecho de código da Figura 11.


```

1 var chirps = ee.ImageCollection('UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY') .filter(ee.Filter.date(dataMin, dataMax));
2
3 var precipitation = chirps.mean().clip(area).select('precipitation').rename("precipitacao");

```

Figura 11 - Código desenvolvido no GEE para a obtenção do mapa de precipitação anual de superfície a partir do *dataset* CHIRPS.

Na linha 1, a variável *chirps* recebe uma coleção de 360 imagens filtradas a partir de 01/10/2018, sendo cada uma pertencente a um dia. Na linha 3, a função *mean()* executa uma matemática de bandas pixel a pixel, resultando em uma única imagem com a média de todas as 360 imagens. *Rename* apenas renomeia a banda e a função *clip* recorta a imagem com a geografia do município.

4.2.7. Conversão do mapa de solos em dado matricial

O mapa de solos foi obtido em formato vetorial no site do Departamento De Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2013), recortado no SIG QGis para os limites do município de Santo Antônio do Amparo e importado para o GEE.

Para que fosse possível realizar o cruzamento das informações de solos com os demais planos de informação (*layers*) gerados para o município, foi necessário converter o tipo do dado, de vetorial para matricial. O trecho de código da Figura 12 ilustra o processo.

```

1 var areaSolos = ee.FeatureCollection("users/jeanoliveira/SantoAntoniодоAmparoSolos");
2 var classesDeSolo = ee.List(areaSolos.aggregate_array("UM")).distinct().getInfo();
3
4 var areaSolosMod = areaSolos.map(function(feature) {
5   var ft = feature.get('UM');
6   return feature.set({
7     UM: ee.List(classesDeSolo).indexOf(ft));
8 });
9
10 var classesDeSoloInt = ee.List(areaSolosMod.aggregate_array("UM")).distinct().getInfo();
11
12 var areaSolosImg = areaSolosMod.reduceToImage({
13   properties: ['UM'],
14   reducer: ee.Reducer.first(),
15 });
16
17 planoDeInformacao = planoDeInformacao.addBands(areaSolosImg.gt(ee.Image(classesDeSoloInt)).reduce('sum').rename("classesDeSolo"));

```

Figura 12 - Código desenvolvido no GEE para a transformação do dado de solos de vetorial para matricial

Na linha 1, a variável *areaSolos* recebe os polígonos referentes aos tipos de solos do município. Na linha 2, as classes de solos definidas para cada polígono são selecionadas. A estrutura de repetição (loop) que se inicia na linha 3 altera os valores no formato de texto para valores de números inteiros, para que se possa comparar posteriormente. Na linha 10 adquire-se novamente os valores das classes, mas dessa vez no formato de número. Na linha 12 irá comprimir a coleção criada na linha 4 para apenas uma imagem e, finalmente, na linha 17, a imagem será classificada,

renomeada para *classesDeSolo* e adicionada a pilha de imagens classificadas da variável *planoDeInformacao*.

4.2.8. Cruzamentos com áreas cafeeiras

Após obter os mapas de relevo, temperatura, precipitação e solos para o município de Santo Antônio do Amparo, realizou-se o cruzamento desses mapas com as áreas de café. O mapa de café é um dado vetorial, fornecido pela EPAMIG em formato KML e importado para o GEE. Para cada mapa temático obtido nas etapas anteriores, gerou-se um mapa de cruzamento. O trecho de código da Figura 13 ilustra esse processo.

```
1 planoDeInformacao.select('classesElevacao').clip(areaCafe).rename("elevacaoCafe");
```

Figura 13 - Código desenvolvido no GEE para o cruzamento dos mapas com as áreas cafeeiras.

Na linha 1, é utilizada a função *clip*, que possui a função de cortar uma imagem com referência a outra, que neste caso é a área com café. A função *rename* é para renomear a nova banda com um nome apropriado.

4.2.9. Caracterização ambiental

De posse dos mapas do município e das áreas cafeeiras, realizou-se uma avaliação quantitativa dos valores de área para cada classe, tanto em relação ao município, quanto em relação à ocupação na cafeicultura.

O trecho de código da Figura 14 apresenta a obtenção dos dados numéricos em quilômetros quadrados, para uma determinada imagem no GEE.

```
1 for (var i = 0; i < classesDeSoloInt.length; i++) {
2   print(i + ": " + ee.Number((ee.Image(1).mask(planoDeInformacao.select('cafeSolo').eq(i)))
3     .multiply(ee.Image.pixelArea())
4     .reduceRegion(ee.Reducer.sum(), LimiteGeo, 30, null, null, false, 1e13)
5     .get('constant')))
6   .divide(1e6).getInfo().toFixed(5));
7 }
```

Figura 14 - Código desenvolvido no GEE calcular a área em uma imagem.

Na linha 1, inicia-se o laço (loop) responsável por iterar a área para cada classe, pois a função retorna a área de cada classe por vez. Na linha 2, a função *print* irá imprimir na área *Console* do GEE a área final calculada. A função *ee.Number* força o elemento dentro gerado a se tornar um número do padrão reconhecido pela plataforma. A

função *mask* extrai do elemento apenas aquele que for igual, através da função *eq*. A função *multiply* com o parâmetro *ee.Image.pixelArea* irá preparar a imagem para o cálculo de área aplicado sobre ela. A função *reduceRegion* irá fazer a soma dos valores dos pixels e gerar o valor da área, e para isso é necessário enviar como parâmetro uma geometria (*LimiteGeo*) que seja maior que a área total que se deseja consultar. A opção *get* com o parâmetro *constant* apenas retornar o valor gerado da banda *constant*. A função *divide* aplicada sobre a função *ee.Number* realizará a divisão do valor gerado por 1e6 (número no formato científico equivalente a 1.000.000), para transformar o valor gerado à unidade Km². A função *Getinfo* fará a extração do resultado de dentro do JSON gerado e a *ToFixed* limita o número de casas decimais.

4.2.10. Definição da região de potencial para produção de café de qualidade

A partir das informações obtidas na caracterização ambiental, algumas regras foram definidas para simular possíveis regiões de Indicação Geográfica para o município. A princípio, optou-se por utilizar apenas as imagens de altitude, declividade e solos na definição da IG. No entanto, o mesmo procedimento pode ser executado com qualquer regra definida.

O trecho de código da Figura 15 apresenta a implementação dessas regras no GEE. Da linha 1 a 5 são definidos os valores de entrada para a geração da região. Nas linhas 8 e 13, igualmente, são aplicados os filtros *mask* que recorta a imagem selecionando apenas a área desejada e as funções *lte* que retorna apenas pixels com valores menores ou iguais, e a função *gte*, que retorna pixels com valores maiores ou iguais. Na linha 18, a função *map* navega item por item dos tipos de solos selecionados e retorna o valor inteiro referente a cada um deles. Na linha 22, a imagem de solos recebe os mesmos filtros das linhas 8 e 13, com um adicional das funções *multiply(0)*, para zerar os valores das bandas e a função *add(1)*, para transformar todos os valores da banda em 1, pois imagens com bandas de valor 0 são invisíveis, e bandas com valor 1, visíveis. No fim é gerado uma coleção de imagens de solo, então é usada a função *mean()* apenas para unir as imagens em uma única imagem. Na linha 29, é realizado o cruzamento das informações das imagens geradas através da função *mask*.

```

1  var reqAltMin = 950,
2      reqAltMax = 2000;
3  var reqDeclMin = 0,
4      reqDeclMax = 12;
5  var reqSolo = ['LVAd1', 'LVAd15'];
6
7  // ALTITUDE
8  var reqAltitudeMask = planoDeInformacao.select('elevacao')
9      .mask(planoDeInformacao.select('elevacao').lte(ee.Image([reqAltMax])))
10     .mask(planoDeInformacao.select('elevacao').gte(ee.Image([reqAltMin]))));
11
12  // DECLIVIDADE
13  var reqDeclividadeMask = planoDeInformacao.select('declive')
14      .mask(planoDeInformacao.select('declive').lte(ee.Image([reqDeclMax])))
15      .mask(planoDeInformacao.select('declive').gte(ee.Image([reqDeclMin]))));
16
17  // SOLOS
18  var reqSolo = reqSolo.map(function(e) {
19      return ee.List(classesDeSolo).indexOf(e);
20  });
21
22  var reqSolosMask = planoDeInformacao.select('classesDeSolo').mask(
23      ee.ImageCollection(
24          reqSolo.map(function(e) {
25              return planoDeInformacao.select('classesDeSolo').mask(
26                  planoDeInformacao.select('classesDeSolo').eq(ee.Image([e])).multiply(0).add(1);
27              }).median();
28          })
29  );
30  var resultante = planoDeInformacao.mask(
31      reqAltitudeMask.mask(
32          reqDeclividadeMask.mask(reqSolosMask));

```

Figura 15 - Código desenvolvido no GEE para criar a definição da região com potencial para a produção de cafés de qualidade.

4.2.11. Exportação do mapa para tiff

O trecho de código das linhas 1 a 7 da Figura 16, ilustra o processo de exportação no GEE. Na linha 2, o parâmetro *image* recebe a variável correspondente ao mapa que se deseja exportar e a função *toDouble()* converte os valores das bandas para um valor aceito pela ferramenta. Na linha 3 é passado por parâmetro uma geometria que seja maior que a área total do mapa que se deseja exportar. Na linha 4, *scale* corresponde a escala do mapa. Na linha 5, *description* é o nome dado a imagem após a exportação. Na linha 6, *folder* é o nome da pasta dentro do *Google Drive* onde será salva a imagem após a exportação.

```

1  Export.image.toDrive({
2      image: resultante.toDouble(),
3      region: LimiteGeo,
4      scale: 30,
5      description: 'RESULTANTE',
6      folder: 'SANTOANTONIODOAMPARO'
7  });

```

Figura 16 – Função do GEE para exportar uma imagem.

5. RESULTADOS

Este capítulo descreve os resultados geoespaciais e quantitativos obtidos pelo processamento dos dados brutos no município de Santo Antônio do Amparo, além da avaliação de viabilidade de uso do GEE para delimitação de áreas de IG.

Os mapas apresentados neste capítulo foram gerados no software QGis, uma vez que o GEE não oferece um ambiente para esse fim. Para tanto, os dados são exportados do GEE em formato *tiff* e importados no QGis, como mostrado na seção 4.2.11.

Uma opção alternativa para a geração dos Mapas é utilizar a API do GEE para a linguagem de programação *Python*. Markert (2019) mostra através da ferramenta Cartooc (MARKERT, 2019a) a criação de mapas cartográficos unindo o processamento do *Earth Engine* e a programação em *Python* localmente, com uma mínima troca de dados entre o servidor da Google e o usuário.

5.1. Caracterização Ambiental De Santo Antônio Do Amparo

A Figura 17 apresenta o mapa com as áreas cafeeiras do município. A área total do município é de 490,88 km². Desse total, 80,63 km² estão ocupados pela cafeicultura, o que corresponde a cerca de 16,40% da área.

É importante ressaltar que todo o processamento no GEE é matricial e que a obtenção de valores numéricos de área considera a resolução do pixel da imagem. Regiões de borda do pixel podem ser ou não contabilizadas nesse caso, o que pode gerar valores um pouco diferentes dos obtidos num processamento vetorial. A metodologia para obtenção dos valores quantitativos das classes no GEE foi apresentada na seção 4.2.9. Esse mesmo procedimento foi executado em todos os mapas temáticos.

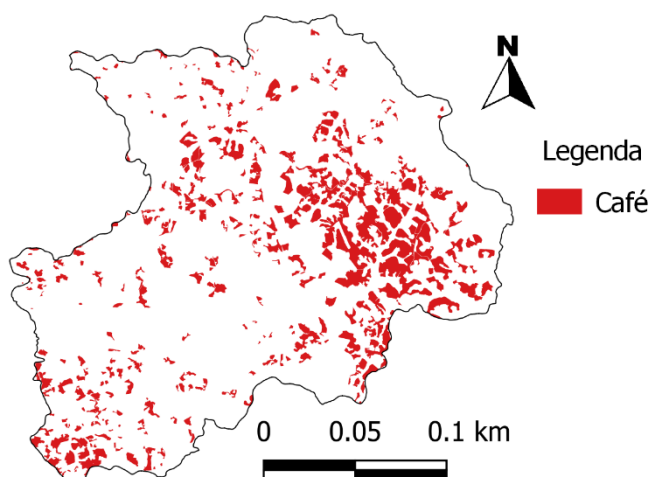


Figura 17 - Mapa de café em Santo Antônio do Amparo
Fonte: MACIEL et al. (2015)

5.1.1. Altitude

Para gerar o mapa de altitude foi utilizado o procedimento contido na seção 4.2.4. O menor valor encontrado para altitude foi de 799m e o maior de 1150m. A partir desses valores, gerou-se as classes 750-850, 850-900, 900-950, 950-1050, >1050. Dessas classes foi gerado o mapa de altitude.

A transformação da imagem numérica no mapa temático segue a metodologia apresentada na seção 4.2.3. Esse mesmo procedimento foi executado em todos os mapas temáticos. O mapa de altitude é apresentado na Figura 18. O mapa da Figura 19 apresenta o cruzamento da altitude com o café, cuja metodologia foi apresentada na seção 4.2.8. A quantificação das classes é apresentada na Tabela 6 e gráficos das figuras.

Na Tabela 6, a coluna Área Total representa a área total do município ocupada pela respectiva classe de altitude. Na coluna Área Café, a área total ocupada pela cafeicultura na respectiva classe de altitude. Já a coluna % Café Classe, indica a porcentagem da área da respectiva classe que está ocupada pela cafeicultura. Ou seja, da área total, quanto a cafeicultura ocupa.

Pelos gráficos e mapas apresentados, verifica-se que o município apresenta maior área ocupada por altitudes que variam entre 950 e 1050 metros. E, apesar de quantitativamente a cafeicultura ocupar maior área nessa classe, proporcionalmente, o café ocupa uma área maior na classe >1050 metros. Ou seja, da área total do município com altitude maior que 1050 metros, aproximadamente 46% dela está

ocupada pela cafeicultura. As áreas cafeeiras ocupam prevalentemente altitudes maiores que 950 metros.

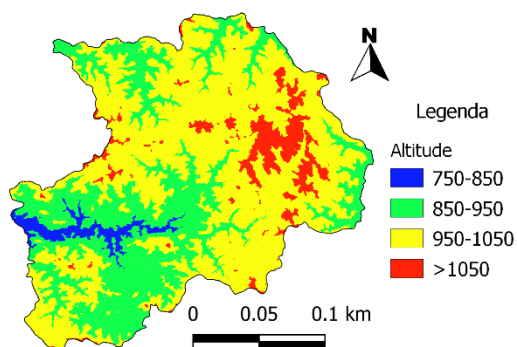


Figura 18 - Mapa de altitude

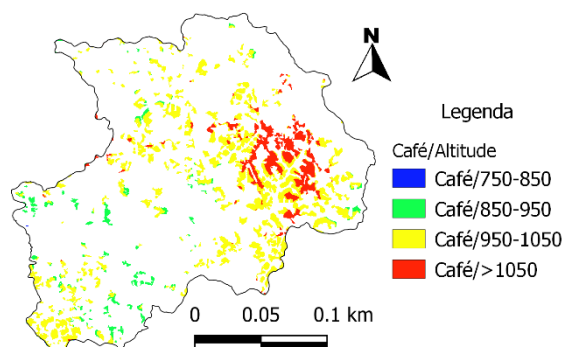


Figura 19 - Mapa de altitude x café

Tabela 6 - Quantificação das classes de elevação

ELEVAÇÃO (Km²)

Classes	Área Total	Área Café	% Café na Classe
750-850	14,91	0.15	1.01
850-900	158,22	7.99	5.06
950-1050	283,63	56.88	20.04
>1050	34,09	15.61	45.85
Total	490.88	80.63	



Figura 20 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de altitude (em km²)

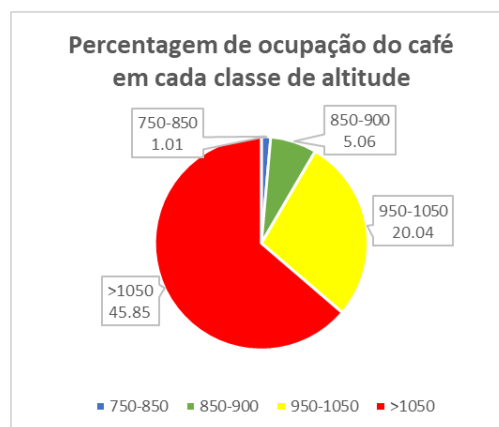


Figura 21 - Percentagem de ocupação das classes de altitude com a cafeicultura.

5.1.2. Declividade

As classes de declividade foram definidas conforme (EMBRAPA, 1979): Plano de 0 a 3%, Suave Ondulado de 3 a 8%, Ondulado de 8 a 20%, Forte ondulado de 20 a 45%, Montanhoso de 45 a 75% e Escarpado > 75%. A linha de código da Figura 22 apresenta a divisão das classes. A classificação dessa tarefa no GEE é apresentada na seção 4.2.3. Os resultados obtidos podem ser vistos nos mapas apresentados nas Figura 23 e Figura 24, na Tabela 7 e nos gráficos da Figura 25 e Figura 26.

```
1 var classesDeDeclividade = [3, 8, 20, 45, 75];
```

Figura 22 - Código desenvolvido no GEE para os valores de classes de declividade

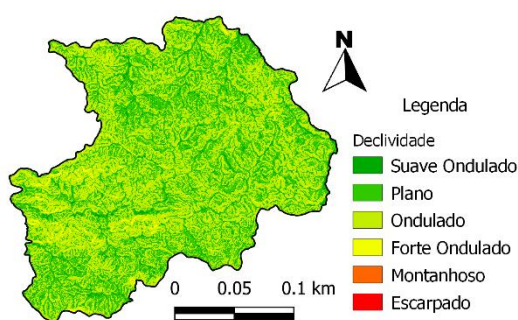


Figura 23 - Mapa de declividade

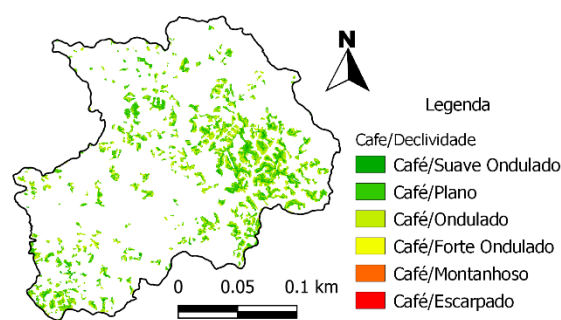


Figura 24 - Mapa de declividade x café

Tabela 7 - Quantificação das classes de declividade

DECLIVIDADE (Km ²)			
Classes	Área Total	Área Café	% Café na Classe
Plano	40,82	5,54	13,57
Suave Ondulado	183,93	36,33	19,75
Ondulado	252,50	38,32	15,18
Forte Ondulado	10,45	0,14	1,34
Montanhoso	0,00	0,00	0,00
Escarpado	0,00	0,00	0,00
Total	487,70	80,33	

A partir das informações coletadas pelos gráficos e mapas, percebe-se que o município apresenta maior parte de sua área em uma declividade ondulada e suave ondulada. A maior parte da área do município encontra-se em áreas onduladas e a

maior porção de café em áreas suave onduladas, com cerca de 19,75% de um total de 36,33km².

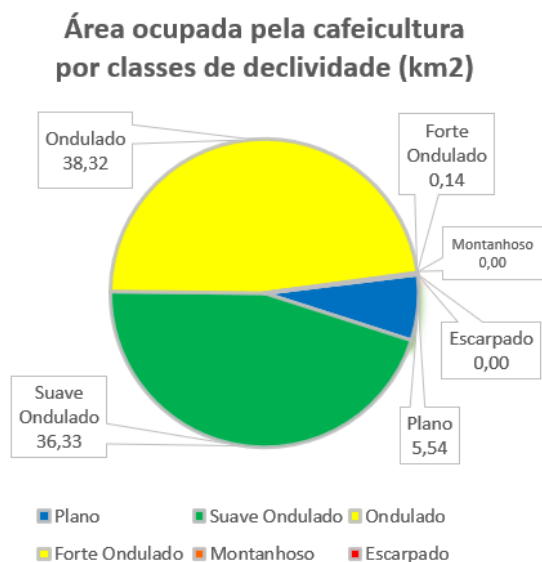


Figura 25 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de declividade

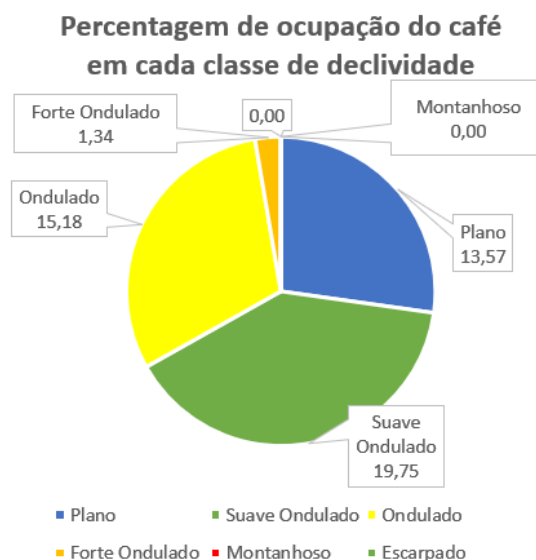


Figura 26 - Percentagem de ocupação das classes de altitude com a cafeicultura.

5.1.3. Orientação de Vertente

As classes de declividade foram definidas conforme Bernardes et al. (2012). Norte de 0° a 22,5° e de 337,50° a 360°, Nordeste de 22,50° a 67,50°, Leste de 67,50° a 112,50°, Sudeste de 112,50° a 157,50°, Sul de 157,50° a 202,50°, Sudoeste de 202,50° a 247,50°, Oeste 247,50° a 292,50°, Noroeste 292,50° a 337,50°.

A linha de código da Figura 27 apresenta a divisão das classes. A classificação dessa tarefa no GEE é apresentada na seção 4.2.3. Os resultados obtidos podem ser vistos nos mapas apresentados nas Figura 28 e Figura 29, na Tabela 8 e nos gráficos da Figura 30 e Figura 31.

```
1 var classesDeaspect = [25.5, 67.5, 112.5, 157.5, 202.5, 247.5, 295.5, 337.5];
```

Figura 27 - Código desenvolvido no GEE para os valores de classes de vertente

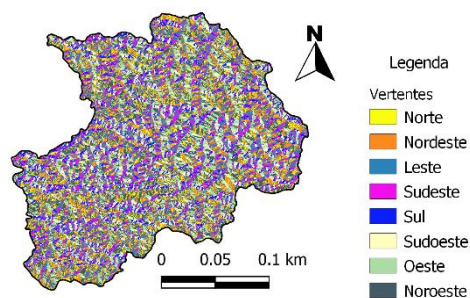


Figura 28 - Mapa de vertentes

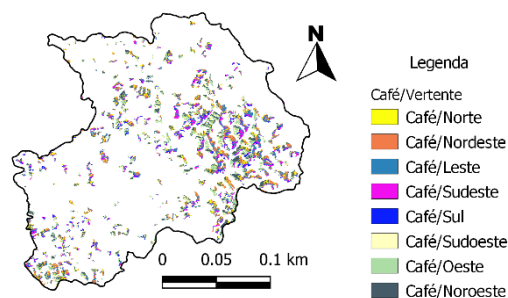


Figura 29 - Mapa de vertentes x café

Tabela 8 - Quantificação das classes de vertentes

DECLIVIDADE (Km²)

Classes	Área Total	Área Café	% Café na Classe
Norte	73,64	12,08	16,40
Nordeste	75,69	14,52	19,19
Leste	55,30	8,96	16,19
Sudeste	51,60	6,73	13,05
Sul	47,00	6,29	13,39
Sudoeste	69,28	12,38	17,87
Oeste	59,63	10,86	18,22
Noroeste	55,49	8,52	15,35
TOTAL	487,63	80,34	

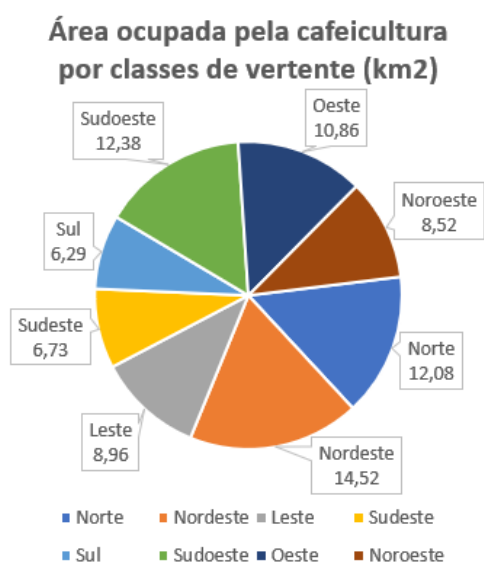


Figura 30 - Distribuição das áreas cafeiras por classe de vertente

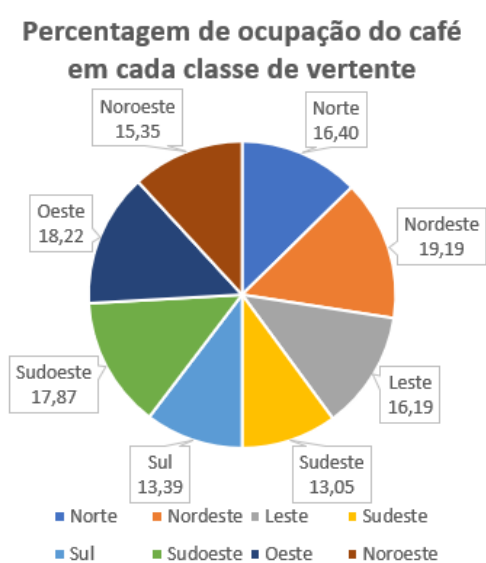


Figura 31 - Distribuição das áreas cafeiras por classe vertente x café

Pelos mapas e gráficos apresentados, verifica-se que a divisão de classes no município encontra-se uniformemente distribuída. No município, a maior frequência dos valores está contida entre Norte e Nordeste. Já o café está uniformemente distribuído, sendo menos frequente nas classes Sul e Sudoeste.

5.1.4. Sombreamento

O mapa de sombreamento (*Hillshade*) é uma técnica usada para visualizar o terreno como relevo sombreado, derivado do Modelo Digital de Elevação. O sombreamento é baseado em um ângulo de altitude solar e no azimute da iluminação em graus a partir do Norte. No GEE, esses ângulos têm valores padrões de 45° e 270°, respectivamente. O *Hillshade* fornece uma indicação rápida da forma do terreno em várias escalas do mapa e não deve ser utilizado em análises, mas apenas como forma de visualização (ARCGIS, 2019; PENNSTATE, 2019).

A linha de código da Figura 32 apresenta a divisão das classes. A classificação dessa tarefa no GEE é apresentada na seção 4.2.3.. Os resultados obtidos podem ser vistos nos mapas apresentados nas Figura 34 e Figura 35, na Tabela 9 e nos gráficos da Figura 36 e Figura 37.

```
1 var classesDeHillshade = [64, 128, 192];
```

Figura 32 - Código desenvolvido no GEE para os valores de classes de sombreamento

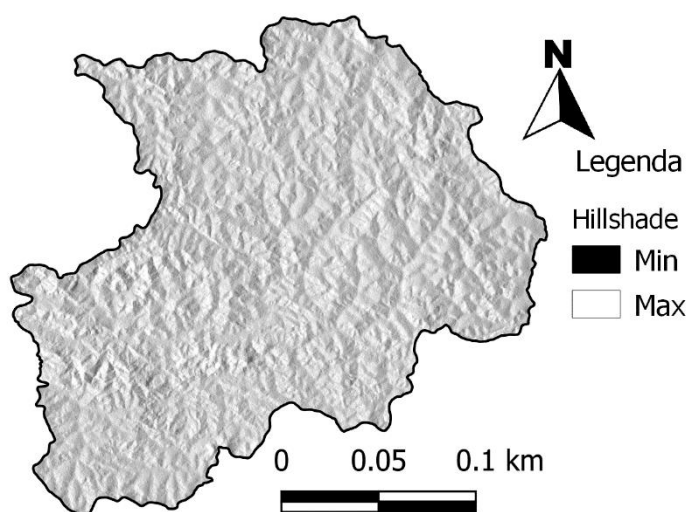


Figura 33 - Mapa de sombreamento

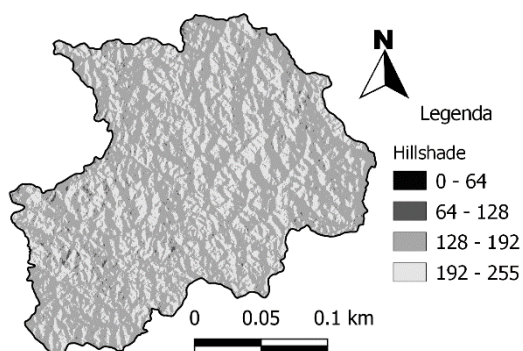


Figura 34 - Mapa de classes de sombreamento

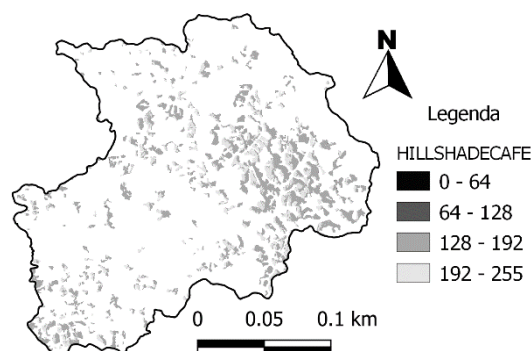


Figura 35 - Mapa de classes de sombreamento x café

Tabela 9 - Quantificação das classes de sombreamento

HILLSHADE (Km²)

Classes	Área Total	Área Café	% Café na Classe
0-64	1,12	0,19	16,96
64-128	5,85	0,43	7,35
128-192	322,90	52,88	16,38
192-255	157,80	26,81	16,99
TOTAL	487,6717	80,31	

Área ocupada pela cafeicultura por classes de hillshade (km2)

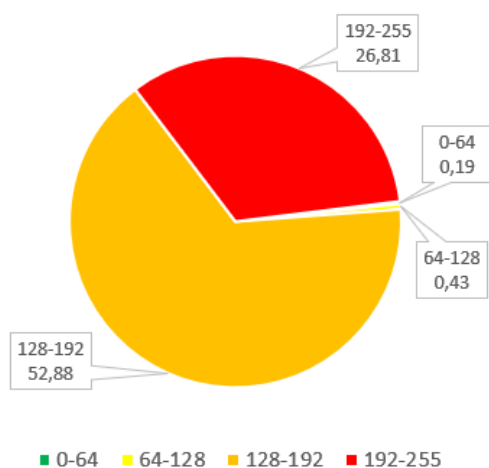


Figura 36 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de hillshade.

Percentagem de ocupação do café em cada classe de hillshade

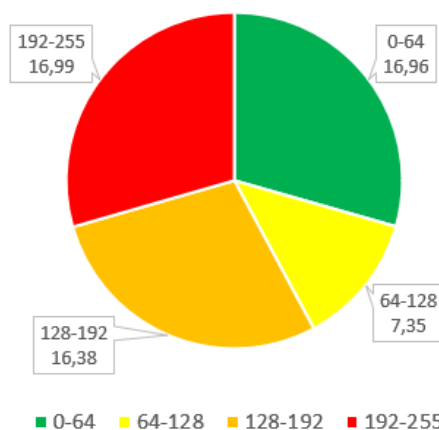


Figura 37 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de hillshade x café.

Pelos mapas e gráficos apresentados, verifica-se que em quantidade de área, o café está predominantemente nas classes de 192 até 255 e quando a porcentagem do café

predominante nas classes, exceto a classe 64-128 detém menor quantidade de café dentro da quantidade de área dessa classe.

5.1.5. Solos

O mapa de solos foi obtido através do Departamento de Solos do Centro de Ciências Agrárias (UFV, 2011), com as classes já previamente definidas. Como o mapa estava em formato vetorial, ele foi convertido para matricial, conforme metodologia apresentada na seção 4.2.6.

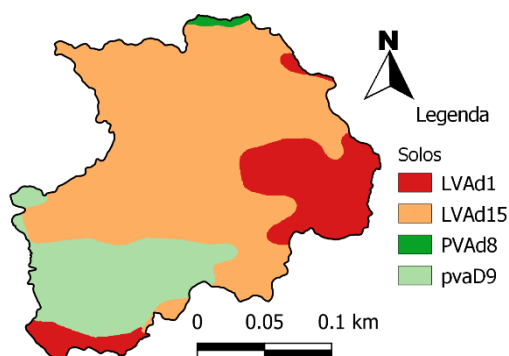


Figura 38 - Mapa de classes de solo

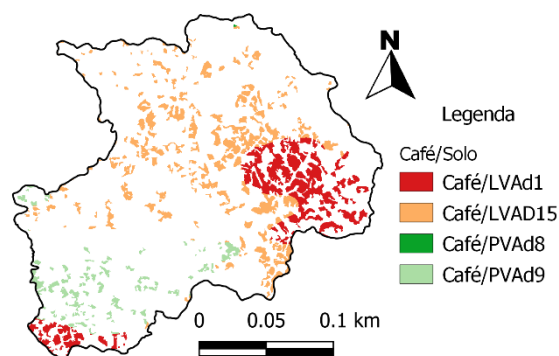


Figura 39 - Mapa de classes de solo x café

Tabela 10 - Quantificação das classes de solos

SOLOS (Km ²)			
Classes	Área Total	Área Café	% Café na Classe
LVAd1	82,02	29,15	35,54
LVAd15	309,41	41,25	13,33
PVAd8	3,05	0,03	0,85
PVAd9	96,68	10,34	10,69
	491,16	80,76	

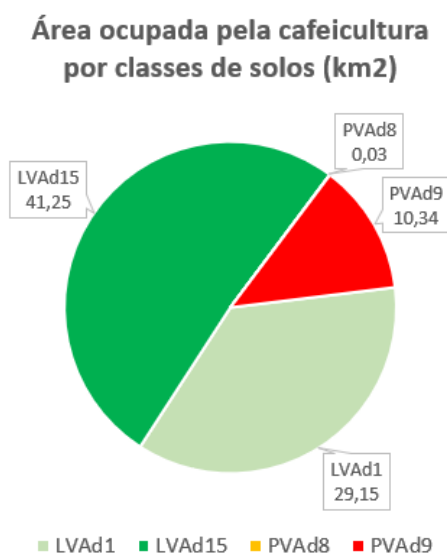


Figura 40 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de solos

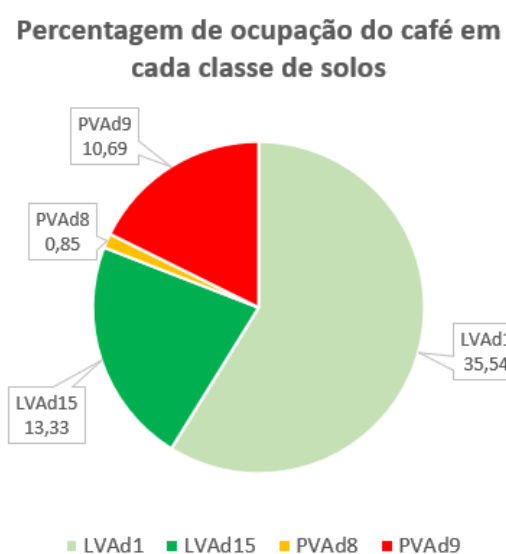


Figura 41 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de solos

Pelos gráficos e mapas apresentados, verifica-se que o município apresenta maior área ocupada por solos do tipo LVAAd15. E, apesar de quantitativamente a cafeicultura ocupar maior área nessa classe, proporcionalmente, o café ocupa uma área maior na classe LVAAd1. Ou seja, da área total do município com solos LVAAd1, aproximadamente 35,54% dela está ocupada pela cafeicultura. As áreas cafeeiras ocupam prevalentemente do tipo LVA.

5.1.6. Temperatura de Superfície

As classes de temperatura foram definidas a partir do menor e maior valor obtidos para o município, em procedimento idêntico ao apresentado para a altitude (seção 5.1.1). O maior e menor valores encontrados foram, respectivamente, 14°C e 22°C. Vale lembrar que esses valores correspondem a uma média anual. Dessa forma, foram definidas as seguintes classes: <16; 16 a 18; 18 a 20 e >20.

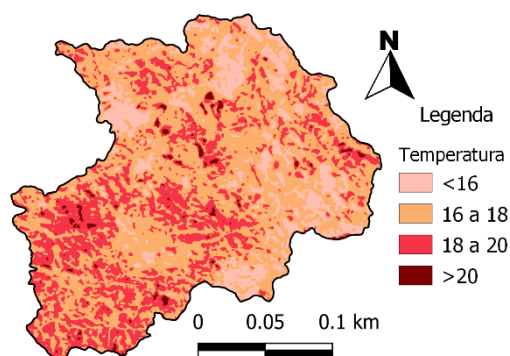


Figura 42 - Mapa de classes de temperatura

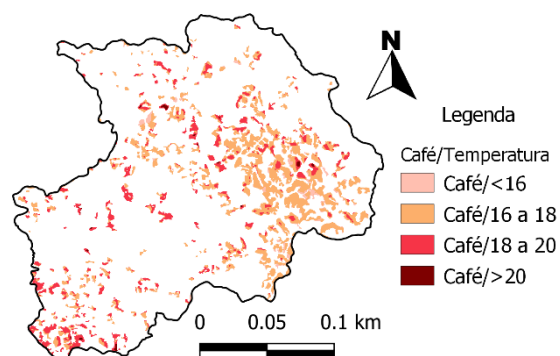


Figura 43 - Mapa de classes de temperatura x café

Tabela 11 - Quantificação das classes de temperatura

TEMPERATURA (Km²)

Classes	Área Total	Área Café	% Café na Classe
< 16	71,11	4,28	6,02
16-18	274,48	52,99	19,30
19-20	139,44	22,81	16,36
20 >	5,85	0,68	11,62
	490,87	80,75	

Área ocupada pela cafeicultura por classes de temperatura (km²)

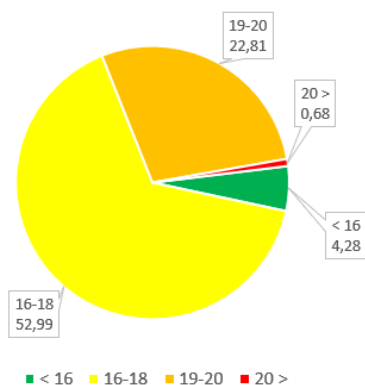


Figura 44 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de temperatura

Percentagem de ocupação do café em cada classe de temperatura

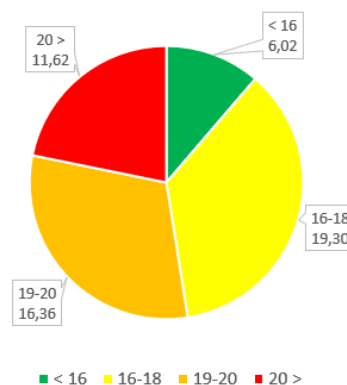


Figura 45 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de temperatura x café

Pelos gráficos e mapas apresentados, verifica-se que o município apresenta maior área ocupada por temperaturas entre 16 e 18 graus. E, respectivamente, a cafeicultura ocupa em sua maior parte, as classes de temperaturas entre 16 e 20 graus. A área total do município, de temperaturas entre 16 a 20 e ocupada pela cafeicultura é de

aproximadamente 75,80%. As áreas cafeeiras que ocupam prevalentemente área com temperaturas médias de 18 graus.

5.1.7. Precipitação

De forma análoga à altitude e temperatura, as classes de precipitação foram definidas de acordo com o menor e maior valor obtidos no plano de informação, sendo eles :4.2 mm e 4.7 mm. As seguintes classes foram definidas: <4.40; 4.40 a 4.50; 4.50 a 4.60 e >4.60. Para a precipitação, é importante ressaltar que a resolução do dado é de cerca de 0.05 graus de arco (5,4 km) (BAI et al., 2018), o que torna a informação um tanto quanto imprecisa para um estudo mais acurado sobre a precipitação da região.

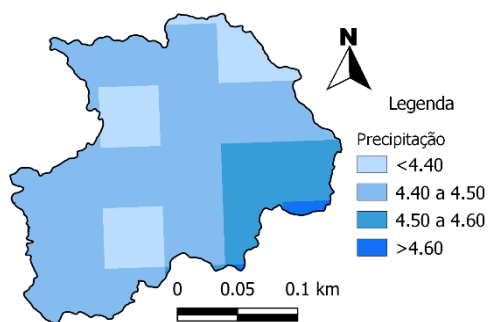


Figura 46 - Mapa de classes de precipitação

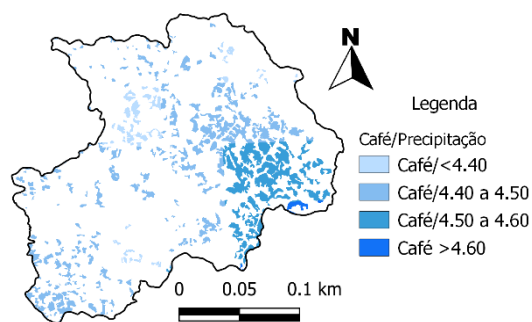


Figura 47 - Mapa de classes de precipitação x café

Tabela 12 - Quantificação das classes de precipitação

PRECIPITAÇÃO (Km ²)			
Classes	Área Total	Área Café	% Café na Classe
< 4,4	86,31	8,01	9,28
4,4 - 4,5	329,37	45,03	13,67
4,5 - 4,6	70,69	26,60	37,64
4,6 >	4,51	1,10	24,48
	490,87	80,75	

Área ocupada pela cafeicultura por classes de precipitação (km²)

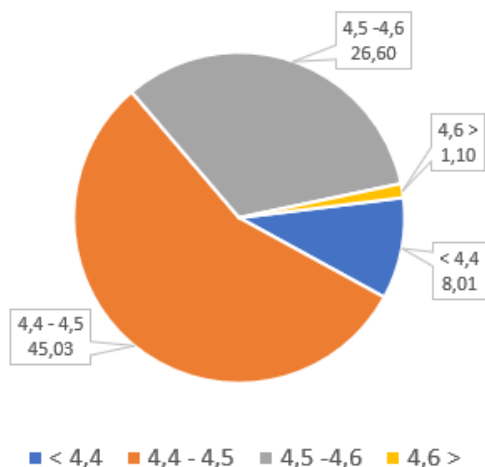


Figura 48 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de precipitação

Percentagem de ocupação do café em cada classe de precipitação

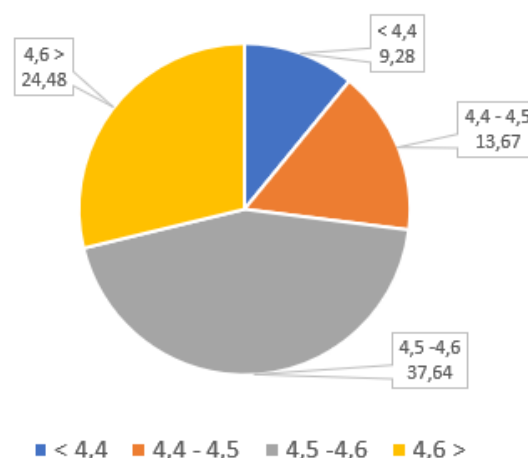


Figura 49 - Distribuição das áreas cafeeiras por classe de precipitação x café

Pelos gráficos e mapas apresentados, verifica-se que o município apresenta maior área ocupada por precipitações na faixa dos 4,4mm/dia e 4,5mm/dia. Analisando a ocupação do café em cada classe, nota-se que sua maior parte é ocupada por precipitações entre 4,5 mm/ia e 4,6 mm/dia. Aa área total do município com precipitações entre 4,5 mm/dia e 4,6 mm/dia ocupada pela cafeicultura com é aproximadamente 37,64%.

5.1.8. Discussão sobre a Caracterização Ambiental

A caracterização ambiental da cafeicultura de Santo Antônio do Amparo é descrita por (INÁCIO et al., 2018; MACIEL et al., 2016b, 2016a)

A Tabela 13 compara os resultados obtidos nesse estudo com os do Maciel et al. (2016a). São avaliadas algumas diferenças sutis nos resultados e outras, consideradas importantes.

Houve sutil diferença nas faixas de valores da altitude. Uma possível explicação é que a coleção disponibilizada no GEE é processada e dados de outros modelos digitais de elevação (MDE), como o GDEM, são utilizados para melhorar a acurácia do SRTM. No entanto, verifica-se uma diferença não muito significativa nos resultados.

O cruzamento do mapa de declividade com o café apresentou diferença significativa com o de Maciel et al. (2016a), que dizem ter encontrado maior área nas classes

ondulado e forte ondulado. Já, neste estudo, a maior área encontrada foi na classe suave ondulado, seguido da classe ondulado Tabela 7. Uma possível explicação também pode ser o uso de diferentes MDE. O que se pode perceber é que a coleção processada do GEE tem uma tendência maior a suavizar o terreno.

Outra diferença significativa foi nas temperaturas de superfície mínima e máxima. Neste trabalho, as temperaturas mínima e máxima foram cerca de 5°C menores do que aquelas encontradas por Maciel et al. (2016a). Esses autores utilizaram 6 datas da imagem *Landsat*, sendo 5 do ano de 2014 e 1 do ano de 2015. Nesse estudo, conforme apresentado na seção 4.2.4, a média foi de 12 imagens, uma para cada mês no intervalo entre 01/10/2018 a 01/10/2019.

Segundo Alves et al. (2013), as temperaturas médias anuais mais favoráveis à produção do café arábica ocorrem entre 18 °C e 22 °C, estando a ideal entre 19 °C e 21 °C. Nesse caso, nos resultados obtidos nesse trabalho, a área cafeeira ocupa preferencialmente regiões entre 16 e 20 °C, sendo aptas à produção do cafeeiro.

Tabela 13 - Análise dos resultados

	Este Estudo	Maciel et al. (2016)
Área do Município (km²)	487,70	488,5
Área Cafeeira (km²)	80,63	54,038
Faixa de Altitude	799 - 1150	803 - 1150
Café/ Altitude	950 a 1050 m	> 900m
Café/ Declividade	Suave Ondulado e Ondulado	Ondulado e Forte Ondulado
Café/ Vertente	Norte/ Nordeste; Sudoeste/ Oeste	-
Café/ Solos	Latossolo Vermelho Amarelo	Latossolo Vermelho Amarelo
Faixa de Temperatura	14°C e 22°C	20,9 °C – 27,6 °C
Faixa de Precipitação	4,2 - 4.7 mm	-

5.1.9. Simulação das regiões de potencial para produção de cafés de qualidade

O objetivo principal desse trabalho foi avaliar a viabilidade do GEE para subsidiar estudos de Indicação Geográfica. Isso passa pela caracterização ambiental e pela definição de áreas que podem compor a região de Indicação Geográfica. Neste trabalho, os mapas apresentados nessa seção são simulações, baseadas em regras definidas sobre a proporção de áreas ocupadas com café nos planos de informação altitude, declividade e solos.

O mapa da Figura 50 foi gerado considerando as seguintes regras:

- Altitude entre 950 m e 1050 m
- Declividade Suave Ondulado e Ondulado
- Latossolo Vermelho Amarelo (LVAd1 e LVAd15)

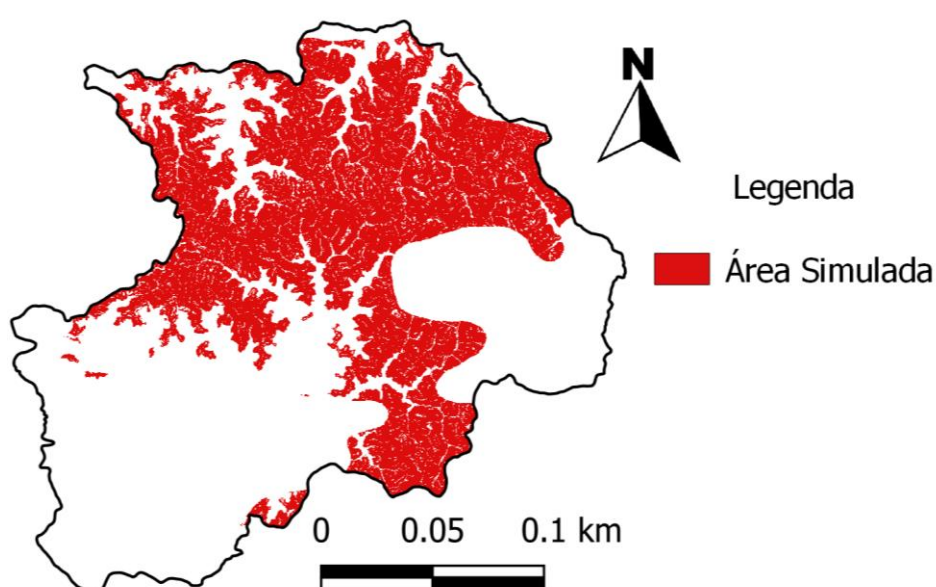


Figura 50 - Região com potencial para produção de cafés de qualidade simulada para o município de Santo Antônio do Amparo, considerando as regras: altitude entre 950 m e 1050 m, declividade suave ondulada e ondulada e solo tipo LVA.

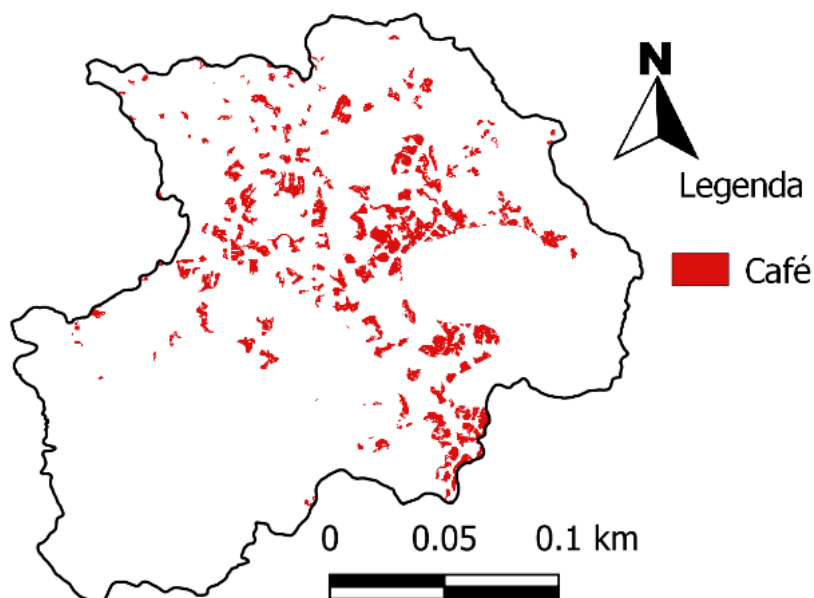


Figura 51 – Cruzamento das áreas cafeeiras com a simulação de região de IG apresentada na Figura 50

O mapa da Figura 52 foi gerado considerando as seguintes regras:

- xAltitude entre 950 m e 1050 m
- Declividade Ondulado
- Latossolo Vermelho Amarelo (LVAd15)
- Temperatura de 19 a 20° celsius.
- Precipitação de 4,4 a 4,5mm.

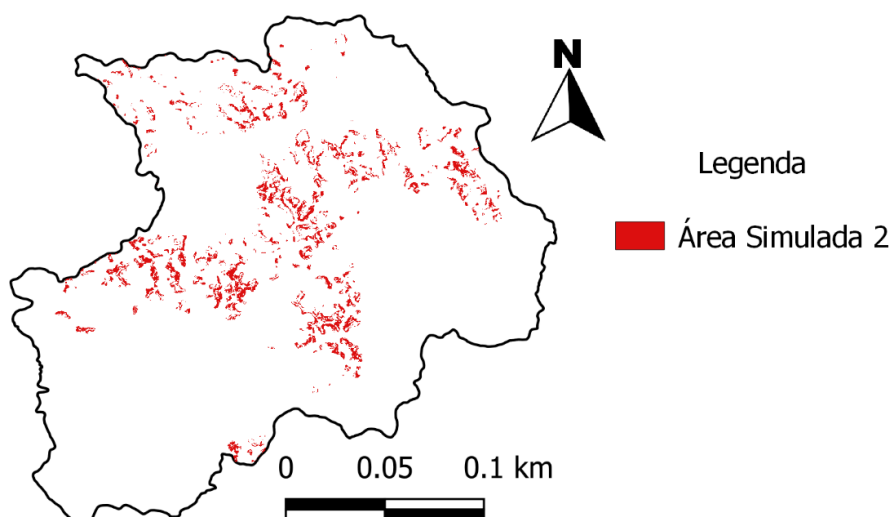


Figura 52 – Região com potencial para produção de cafés de qualidade simulada para o município de Santo Antônio do Amparo, considerando as regras: Altitude entre 950 m e 1050 m, declividade ondulada, solo tipo LVA15, temperatura entre 19 e 20° e precipitação entre 4,4 e 4,5mm.

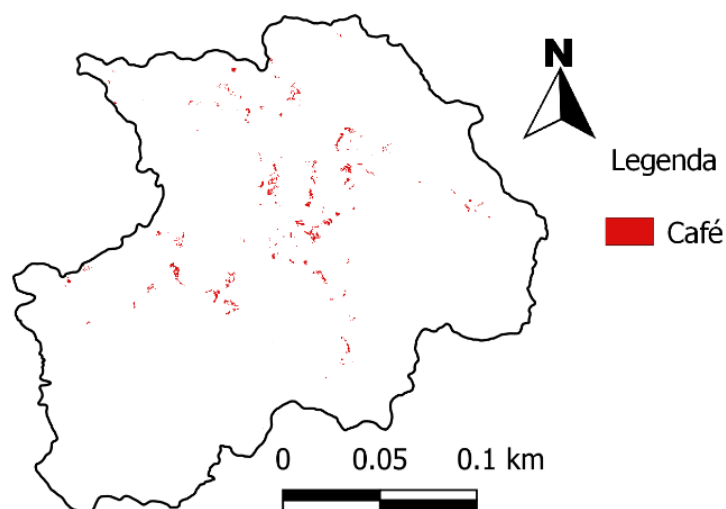


Figura 53 - Cruzamento das áreas cafeeiras com a simulação de região de IG apresentada na Figura 52

Os mapas da Figura 51 e Figura 53 apresentam as áreas cafeeiras que estariam dentro das regiões de IG simuladas. Na primeira simulação 43,38% das áreas cafeeiras seriam contempladas. Na segunda simulação 3,98% das áreas cafeeiras seriam contempladas.

Para a primeira simulação, as regiões cafeeiras caracterizam-se predominantemente da seguinte forma: altitude entre 950 e 1150, declive suave ondulado e ondulado, solo LVAd1 e LVAd15. Temperaturas e precipitação foi utilizada todas as classes.

Já na segunda simulação, as regiões cafeeiras caracterizam-se predominantemente da seguinte forma: altitude entre 950 e 1050, declive ondulado, solo LVAd15. Temperaturas entre 18 e 20 °C e precipitação entre 4,4 e 4,5 mm. Nesse trabalho, as simulações das regiões de IG foram feitas apenas com base nas informações ambientais. Para a definição precisa de uma IG, principalmente na categoria de denominação de origem, são necessários outros parâmetros como sociais, detalhamento do tipo de solo e a espacialização da qualidade da bebida. Em seu trabalho, Barbosa et al. (2009) estudaram as relações entre a qualidade sensorial dos cafés com as características ambientais e geográficas do estado de Minas Gerais. Zanella et al. (2012) relatam alta correlação estatística entre a qualidade da bebida de café, a altitude e latitude para o município de Carmo de Minas, na Serra da Mantiqueira mineira. Os autores afirmam que quanto maior a altitude, maior a qualidade sensorial da bebida de café.

As análises feitas especialmente por Barbosa et al. (2009) são facilmente implementáveis no GEE e podem ser utilizadas na simulação nas regiões de IG.

5.2. Uso do GEE para Subsidiar Regiões de IG

Nos trabalhos (INÁCIO et al., 2018; MACIEL et al., 2016a), os autores afirmam que a utilização de geotecnologias auxilia a caracterização dos ambientes cafeeiros. Já em (ALVES et al., 2013), os autores afirmam que a caracterização ambiental permite conhecer a dinâmica espacial e temporal da cafeicultura regional, estabelecer as relações entre a qualidade do café e o ambiente. Dessa forma, uma boa caracterização ambiental fornece fundamentação científica para obtenção de uma Denominação de Origem.

No entanto, percebe-se que os trabalhos citados necessitam de diferentes softwares e procedimentos para chegar aos resultados.

A caracterização ambiental e a simulação de regiões de Indicação Geográfica utilizando o GEE mostrou-se eficiente, não apenas pelas funções previamente definidas no ambiente, mas o fato de obter os dados de SR diretamente, já pré-processados, sem a necessidade de fazer o *download* dos dados.

Os tempos foram obtidos em um computador Intel Core i5 4200U 1.6Ghz, 8GB de RAM e link de internet de 30MB. As funções compreendem o carregamento do dado bruto, processamento e conversão no mapa temático (classes). Em média, os mapas, simulações, cruzamento de classes, cruzamento das áreas cafeeiras com a simulação de região de IG apresentada, áreas cafeeiras e ambiental do relevo levaram poucos segundos para execução, já o cálculo de área sobre as imagens, esse sim demandava mais tempo e recurso, levando um tempo de 2 minutos ou mais dependendo do dado.

Quanto ao desempenho de processamento do GEE, pode-se dizer que é extremamente rápido. Grande parte das funções retornam as informações quase que instantaneamente. Mas em alguns casos houve uma certa demora na aquisição das informações, como é o caso da obtenção dos valores de áreas. Neste caso, a demora não é da plataforma do Google, mas sim da maneira que foi programada o código. Na sua documentação (GOOGLE, 2019a), na seção chamada “*Client vs. Server*” explica-se a importância da programação no lado do servidor. Por se tratar da linguagem *javascript*, ela pode ser executada no lado do *cliente* (navegador), mas é altamente recomendado a execução no lado do *server* (Google). A Google recomenda a programação para execução no *server site*, mas o contra um empecilho é a curva de aprendizado. Embora tenha documentação, programar no lado do *server* requer tempo e prática para se acostumar, pois mesmo sendo semelhante ao *javascript* regular, suas funções podem ser um pouco complicadas para quem não as conhece.

No mais, um código híbrido ou apenas desenvolvido para o lado do cliente, impactará apenas no seu tempo de execução.

O propósito deste trabalho é utilizar a ferramenta *Google Earth Engine* para auxiliar nas Indicações Geográficas. Até o momento, da conclusão deste documento, não foram achados artigos, monografia, tese ou qualquer documento correlato sobre o tema *Google Earth Engine* combinado com Indicações Geográficas. Espera-se que este trabalho seja o primeiro do tipo e que possa contribuir com futuros trabalhos.

Todo código fonte deste trabalho poderá ser encontrado no link:

<https://github.com/jeanoliveira92/caracterizacao-ambiental-gee-ig>

6. CONCLUSÃO

Este estudo foi realizado com o objetivo de apresentar áreas com potencial para a produção de café de qualidade utilizando a plataforma *Google Earth Engine* como uma ferramenta de auxílio a dados e informações geoespaciais das regiões.

Os resultados gerados através deste apresentaram resultados satisfatórios para a cidade de Santo Antônio do Amparo. O algoritmo foi capaz de gerar dados com fidelidade às informações sobre cada região e região de café. Com o algoritmo reproduzido dentro da plataforma do GEE, o usuário será capaz de analisar os diversos parâmetros da região, como temperatura, precipitação, a altitude, declividade e outros. Essa se torna uma abordagem completa sobre a área, e com esses dados, é possível caracterizar o tipo do produto de cada região dado a sua qualidade. Foi possível reproduzir as simulações, dadas as entradas de parâmetros, gerando os mapas (Figura 50 a Figura 53).

A metodologia se mostrou viável e possível de se reproduzir os resultados, sendo que em Santo Antônio do Amparo, o café se encontra principalmente em quantidade, nas regiões de 950 a 1050 metros. Quanto a declividade, pode se notar que está distribuído entre declives suaves ondulados e ondulados. O solo é um aspecto importante para o plantio e uma análise bem feita é capaz de agregar um valor muito grande a qualidade do produto. O café dessa região se encontra, em sua grande parte, em solos do tipo Latossolo Vermelho Amarelo. A precipitação anual média é de 4,4 a 4,6mm e as temperaturas médias vão de 16 a 20º celsius. Todas essas informações são importantes a fim de caracterizar o café e a sua região de predominância.

O GEE pode trazer resultados significantes quanto a região, mas uma limitação quanto ao seu uso fica por conta da limitação das informações dos satélites (coleção de dados terceiros podem possuir melhores resoluções, quantidade e qualidade de dados). Nota-se no resultado uma pequena variação quanto a área das regiões, e isso é devido a análise sobre uma imagem digital, pois áreas de margem tendem a possuir resultados menos fieis por não possuírem pixels vizinhos, visto que os algoritmos que realizam a classificação dos mapas analisam a imagem como um todo.

As informações deste trabalho deverão ser utilizadas para auxiliar áreas com potencial para a produção de café de qualidade em Santo Antônio do Amparo, mas visa também auxiliar outras regiões com esse mesmo propósito. Para trabalhos futuros, é possível

agregar mais valor a este trabalho, utilizando-se de outros conjuntos e de intervalos de tempo maiores (mais meses ou anos).

De um modo geral, o GEE associado a SR mostrou-se muito satisfatório, como também mostrou que as geotecnologias podem auxiliar e agilizar diversos processos que antes eram feitos presencialmente. É claro, que este trabalho não invalida o teste in loco, mas com ele é possível ter-se uma previsibilidade muito grande antes que seja necessário os testes e análises locais.

REFERÊNCIAS

- ABIC. Café com certificação de origem começa a ganhar corpo no Brasil. **Jornal do Commercio – PE**, 2018. Disponível em: <<http://abic.com.br/cafe-com-certificacao-de-origem-comeca-ganhar-corpo-no-brasil/>>. Acesso em: 8 abr. 2019.
- ALVES, Helena Maria Ramos; BARBOSA, Juliana Neves; BORÉM, Flavio Meira; VOLPATO, Margarete Marin Lordelo; VIEIRA, Tatiana Grossi Chquiloff; LACERDA, Marilusa Pinto Coelho. Relações entre ambiente e qualidade sensorial de cafés em minas gerais. **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, p. 2007–2011, 2011.
- ALVES, Helena Maria Ramos; VIEIRA, Tatiana Grossi Chquiloff; VOLPATO, Margarete Marin Lordelo; SILVA, Lucas Ferreira Modesto da; LACERDA, Marilusa Pinto Coelho; BORÉM, Flávio Meira. Mapeamento do uso da terra da Indicação Geográfica da Região da Serra da Mantiqueira de Minas Gerais. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, n. 1, p. 1–4, 2013.
- IMAGEM. **Sobre o ArcGIS**. 2019. Disponível em: <<https://www.img.com.br/arccgis>>. Acesso em: 29 nov. 2019.
- BAI, Lei; SHI, Chunxiang; LI, Lanhai; YANG, Yanfen; WU, Jing. Accuracy of CHIRPS Satellite-Rainfall Products over Mainland China. **Remote Sensing**, v. 10, p. 362, 2018.
- BARBOSA, Juliana Neves; BORÉM, Flávio Meira; ALVES, Helena Maria Ramos; SOUZA, Vanessa Cristina De Oliveira; VOLPATO, Margarete Marin Lordelo; VIEIRA, Tatiana Grossi Chquiloff; SANTOS, Walbert Júnior Reis Dos; SOUZA, Katiane Ribeiro. Cafés de qualidade do estado de minas gerais e sua relação com os fatores climáticos. **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 2009.
- BATISTA, L. A. A indicação geográfica como indutora da organização dos pequenos produtores: O caso “Café das montanhas do Sul de Minas Gerais”. **Universidade Federal Fluminense**, 2012. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/handle/1/7564>>. Acesso em: 8 abr. 2019
- BERNARDES, Tiago; MOREIRA, Maurício Alves; ADAMI, Marcos; RUDORFF, Bernardo Friedrich Theodor. Diagnóstico físico-ambiental da cafeicultura. **Coffee Science**, v. 7, p. 139–151, 2012.
- BEZERRA, J. D. C.; JÚNIOR, J. R. S. DO N. A. Indicação Geográfica (Ig) Sob O Ponto De Vista Geográfico Para O Queijo De Coalho Do Agreste De Pernambuco. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. p. 326–337, 2016.

BOLFE, É. L.; PEREIRA, R. S.; MADRUGA, P. R. DE A. Geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicados à análise de recursos florestais. **Ciência Rural**, v. 34, p. 105–111, 2004.

BORSATO, D.; PINA, Marcos Vinícios Roberto; SPACINO, Kelly Roberta; SCHOLZ, Maria Brígida dos Santos; FILHO, Armando Androcioli. Application of artificial neural networks in the geographical identification of coffee samples. **Eur Food Res Technol**, p. 233: 533, 2011.

BRASIL. **Decreto – Lei nº 200/67 de 25 de Fevereiro da Casa Civil**, 1967. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/De10200.htm>

BRASIL. Instrução normativa nº 095/2018, de 28 de dez. de 2018. **Revista da Propriedade Industrial**, 2018.

CALDAS, Alcides dos Santos; CERQUEIRA, Patrícia da Silva; PERIN, Teresinha de Fátima. Mais além dos arranjos produtivos locais: as indicações geográficas protegidas como unidades de desenvolvimento local. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, 2005.

CALDAS; Alcides dos Santos. Indicações Geográficas: marco regulatório e distribuição espacial. In: CALDAS, A. S; BRITO, C.; FONSECA, A. A. M.; PERTILE, Noeli. (Org.). **Gestão do Território e Desenvolvimento: novos olhares e tendências**, v. 1, n. JM, p. 127–152, 2013.

CERDAN, Claire Marie Thuillier; BRUCH, Kelly Lissandra; SILVA, Aparecido Lima da; COPETTI, Michele; FÁVERO, Klenize Chagas; LOCATELLI, Liliana. **Indicação Geográfica de Produtos Agropecuários: Importância Histórica e Atual**. v. 1, 2014.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. **Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors**. v. 1, n. 2009, p. 1–24, 2019.

CONAB. Tabela de levantamento. **Informações Agropecuárias**, 2019.

CÓRDOVA, Ulisses de Arruda; SANTOS, Andréia Pires Dos. Indicação geográfica: oportunidade para produtos típicos da Serra Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, v. v.32, n. n.1, p. 14–15, 2019.

CPC. Indicação Geográfica: Caminho para qualidade e valorização do café brasileiro. Consorcio Pesquisa Café. **Consorcio Pesquisa Café**, 2012. Disponível em: <<http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/imprensa/noticias/218-indicacao-geografica-caminho-para-qualidade-e-valorizacao-do-cafe-brasileiro>>.

Acesso em: 7 jun. 2019.

CRUZ, B. E. V. DA; HESPANHOL, R. A. M. Indicação geográfica e queijos artesanais : marco legal e desafios a uma política para este segmento no Brasil. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, p. 37, 2018 Disponível em: <<http://journals.openedition.org/confins/15222>>. Acesso em: 30 jul. 2019.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS, 1). 1979.

GIOMETTI, A. B. DOS R.; PANCHER, A. M. Geotecnologias na Representação do Espaço Geográfico. **Conteúdos e Didática de Geografia**, p. 72–91, 2012.

GOOGLE. **Google Engine Data Catalog**, 2019a. Disponível em: <<https://developers.Google.com/earth-engine/datasets/>>. Acesso em: 18 ago. 2019

GOOGLE. **Earth Engine Documentation**, 2019b. Disponível em: <<https://developers.Google.com/earth-engine>>

GORELICK, Noel; HANCHER, Matt; DIXON, Mike; ILYUSHCHENKO, Simon; THAU, David; MOORE, Rebecca. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18–27, 2017.

HUGHES, J. Coffee and Chocolate – Can We Help Developing Country Farmers Through Geographical Indications? **International Intellectual Property Institute**, 2009.

IEDE. **Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais**, 2019 Disponível em: <<http://iede.fjp.mg.gov.br/Catalogo.html>>.

IGBE. IBGE Cidades. **Sistema Agregador de Informações**, 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/santo-antonio-do-amparo>>

IMAGEM. **ArcGIS**. Disponível em: <<https://www.img.com.br/arcgis>>. Acesso em: 29 nov. 2019.

INÁCIO, Franklin Daniel; VOLPATO, Margarete M. L.; ALVES, Helena Maria R.; CAMPOS, Beatriz F. D.; RIBEIRO, Leandro José; VIEIRA, Tatiana G. C.; DANTAS, Mayara F.; AGREDO, Julián M.. Geotecnologias para a caracterização ambiental do município de Santo Antônio do Amparo. **XV Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica**, n. 15, 2018.

INPE. SPRING. **Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas**. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>>. Acesso em: 29 nov de 2019.

INPI. **Instituto Nacional da Propriedade Industrial**, 2018. Disponível em:

<<http://www.inpi.gov.br/sobre/estrutura>>

INPI. **INDICAÇÕES GEOGRÁFICAS RECONHECIDAS** Portal: Guia básico de indicação geográfica, 2019a. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/indicacao-geografica/arquivos/lista_com_as_indicacoes_geograficas_concedidas_-_10-03-2015.pdf>

INPI. **Pedidos de indicação geográfica concedidos e em andamento**, 2019b. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/indicacao-geografica/pedidos-de-indicacao-geografica-no-brasil>>

JAY, T. A Case of Champagne: A Study of Geographical Indications. **Corporate Governance eJournal**, v. 29, 2013.

JUNQUEIRA, B. DE A.; JUNIOR, E. A. B. Recomendações para delimitação de área de indicações geográficas e emissão de instrumento oficial. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2016.

KELLEY, L. C.; PITCHER, L.; BACON, C. Using Google Earth Engine to Map Complex Shade-Grown Coffee Landscapes in Northern Nicaragua. **Remote Sensing**. 2018.

LOPES, Dilliani Naiane Mascena; PINTO, Luísa Janaína Lopes Barroso; CAJADO, Francisco José Lopes; ARAÚJO, Glácio Souza; SILVA, José William Alves da. Indicação Geográfica No Brasil – O Caso Do Camarão Da Costa Negra. **INGI**. v. 3, p. 306–319, 2019.

MACIEL, D.A.; ALVES, H.M.R.; VOLPATO, M.M.L.; VIEIRA, T.G.C.; GONÇALVES, T.G.; SILVA, V.A.; DANTAS, M.F.; COELHO, G.L.N.; HOYOS, J. M.A.. Imagens Do Satélite Landsat 8 Para Caracterização Dos Ambientes Cafeeiros De Santo Antônio Do Amparo , MG. **CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS**, p. 62, 2016a.

MACIEL, D. A. et al. Caracterização e distribuição espacial dos ambientes cafeeiros do município de Santo Antônio do Amparo, MG, por meio de geotecnologias. **XIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica**, n. 1, p. 1–5, 2016b.

MAFRA, Luiz Antonio Staub. Indicação Geográfica e construção do mercado: a valorização da origem no Cerrado Mineiro. 2008. 137 f. **Tese (Doutorado em Ciências Sociais Aplicadas) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, Seropédica, 2008.

MARKERT, K. KMarkert/cartoe: 0.03. **Zenodo**, 2019a. Disponível em: <<https://doi.org/10.5281/zenodo.2542609>>

MARKERT, K. N. Cartoee: Publication quality maps using Earth Engine. **The Journal of Open Source Software**. v. 9, n. 2007, p. 9–10, 2019b.

MINH, N. D. **Heat in the City: Visualize Brightness Temperature Via Google Earth Engine (elementary level)**. Disponível em: <<https://medium.com/@ndminhhus/hanoi-urbanization-and-heat-island-effect-via-Google-earth-engine-part-1-3-709dee170fc3>>. Acesso em: 8 out. 2019.

MOZZILA. **Javascript**. Disponível em: <<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Aprender/JavaScript>>. Acesso em: 5 nov. 2019.

MUTANGA, O.; KUMAR, L. Google Earth Engine Applications. **Remote Sens**, p. 591, 2019.

NEILSON, J.; WRIGHT, J.; AKLIMAWATI, L. Geographical indications and value capture in the Indonesia coffee sector. **Journal of Rural Studies**, v. 59, n. May 2017, p. 35–48, 2018.

NIEDERLE, P. A. Controvérsias sobre a noção de Indicações Geográficas enquanto instrumento de desenvolvimento territorial: a experiência do Vale dos Vinhedos em questão. **47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, 2009.

NOGUEIRA, S. M. C.; MOREIRA, M. A.; VOLPATO, M. M. L. **Evaluating Precipitation Estimates from Eta , TRMM and CHRIPS Data in the South-Southeast Region of Minas Gerais State - Brazil**. 2018.

PAREDES, Daniel Altino Cotti; SOUZA, Vanessa C. O.; Volpato, Margarete M. L.; ALVES, Helena M. R.. Viabilidade Da Plataforma Google Earth Engine Em Pesquisas Cafeeiras No Sul De Minas Gerais. In: **ANAIS DO XIX Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto**, 2019, Santos. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/viabilidade-da-plataforma-google-earth-engine-em-pesquisas-cafeeiras-no-sul-de-minas-gerais>>. Acesso em: 08 abr. 2019.

PENA, R. F. A. **Commodities**, 2019. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/commodities.htm>>. Acesso em: 5 nov. 2019

PENNSSTATE. **GEOG 480: Exploring Imagery and Elevation Data in GIS Applications - Slope, Aspect, and Hillshade**. Disponível em: <<https://www.e-education.psu.edu/geog480/node/490>>. Acesso em: 6 nov. 2019.

PESTANA, A.; LAGE, A.; FÉLIX, C. **Medição de deslocamentos com**

Sistemas Globais de Navegação por Satélite, 2013.

RESENDE, M.F.S.; COSTA, H.H.S.; ANDRADE, E.H.P.; ACÚRCIO, L.B.; DRUMMOND, A.F.; CUNHA, A.F.; NUNES, A.C.; MOREIRA, J.L.S.; PENNA, C.F.A.M.; SOUZA, M.R. Queijo de minas artesanal da Serra da Canastra: influência da altitude das queijarias nas populações de bactérias acidoláticas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, p. 1567–1573, 2011.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J.; ABARZUA, C. E. Elaboração de vinho espumante na propriedade vitícola. **Embrapa Uva e Vinho**, 2000.

SAUTIER, D.; MENGISTIE, G.; TIBEBE, D. Honey and Geographical Indications : Why is honey a good pilot product for the implementation of Geographical Indications labeling in Ethiopia ? **Apimondia Symposium**, 2018.

SCHUSSLER, L. Protecting ‘Single-Origin Coffee’ within the Global Coffee Market: The Role of Geographical Indications and Trademarks. **Estey Journal of International Law and Trade Policy**, Estey Centre Journal of International Law and Trade Policy, Volume 10, Number 1, 2009, pages 149-185. n. 1753-2016–141177, p. 37, 2009.

SEBRAE. **IG – Região da Serra da Mantiqueira de Minas Gerais Indicações Geográficas Brasileiras**, 2018. Disponível em: <<https://datasebrae.com.br/ig-regiao-da-serra-da-mantiqueira/>>. Acesso em: 2 ago. 2019

SENADO. **Royalties**. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/agencia/infos/inforoyalties_.htm>. Acesso em: 5 nov. 2019.

SILVA, A. L. F. **Estudo de seca na Península Ibérica usando o Google Earth Engine**. FCUP, 2018.

SILVA, Marina Bezerra da; LIMA, Renata Carine Tôrres de; SOUSA, LibniMihomem; SANTOS, João Antônio Belmino dos; SANTOS, Mário Jorge Campos dos; CAMARGO, Maria Emília. Indicações de procedência: um estudo dos depósitos realizados no brasil entre os anos de 1999 a 2018. **REVISTA INGI**, v. 3, n. Jan/Fev/Mar, p. 236–249, 2019.

SOUZA, Vanessa Cristina Oliveira de; PAREDES, Daniel Altino; VOLPATO, Margarete Marin Lordelo; ALVES, Helena Maria Ramos. Aplicações Do Google Earth Engine Na Cafeicultura Do Sul De Minas Gerais. **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2019.

SUH, J.; MACPHERSON, A. The impact of geographical indication on the revitalisation

of a regional economy: A case study of “Boseong” green tea. **Area**, v. 39, n. 4, p. 518–527, 2007.

TEUBER, R. **Geographical Indications of Origin as a Tool of Product Differentiation: The Case of Coffee**, 2007. Disponível em: <<https://econpapers.repec.org/RePEc:ags:aaa105:7866>>

TONIETTO, J.; FALCADE, I. **Indicações Geográficas de Vinhos do Brasil.Territoires du vin [Online]**, 2018. Disponível em: <<http://preo.u-bourgogne.fr/territoiresduvin/index.php?id=1570%0A%0A>>. Acesso em: 16 maio. 2019

UFV. **Departamento de Solos**. Disponível em: <http://www.dps.ufv.br/?page_id=742>. Acesso em: 12 out. 2019.

VEINBERG, Pablo Sebastian; AYRES, Fausto Vêras Maranhão; BELLINI, Bruno Cavalcante; SÁ, Ivandro Claudino de. Um sistema de informação geográfica na web para auxiliar pesquisas biológicas sobre a fauna ameaçada de extinção. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 2, n. 25, p. 107, 2014.

VIEL, Jorge Antônio; ROSA, Kátia Kellem da; HOFF, Rosemary; MOURA, Nina Simone Vilaverde. **Geomorphological Mapping And Land Use And Land Cover In Vale Dos Vinhedos Designation Of Origin - Rio Grande Do Sul State, Brazil** By Geotechnologies. v. 20, p. 448–461, 2019.

ZANELLA, L; BORÉM, R A T; SOUZA, C G; BORÉM, F M; ALVES, H M R. Relationship Between Coffee and Environmental Conservation in the Serra da Mantiqueira , Minas Gerais , Brazil. **EPAMIG**, p. 935–939, 2012.