

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

JORGE ANTÔNIO VIEL

Padrões de formas de relevo e de uso e cobertura da terra na análise de áreas de viticultura por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento: um estudo de caso no Vale dos Vinhedos

Porto Alegre
2018

JORGE ANTÔNIO VIEL

Padrões de formas de relevo e de uso e cobertura da terra na análise de áreas de viticultura por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento: um estudo de caso no Vale dos Vinhedos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto para obtenção do Título de Mestre em Sensoriamento Remoto.

Área de Concentração: Sensoriamento Remoto Aplicado.

Orientadora: Dra. Kátia Kellem da Rosa

Porto Alegre

2018

JORGE ANTÔNIO VIEL

Padrões de formas de relevo e de uso e cobertura da terra na análise de áreas de viticultura por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento: um estudo de caso no Vale dos Vinhedos

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Cláudio Wilson Mendes Junior, UFRGS

Rosemary Hoff, Embrapa

Nina Simone Vilaverde Moura, UFRGS

Kátia Kellem da Rosa (Orientadora), UFRGS

CIP - Catalogação na Publicação

Viel, Jorge Antônio

Padrões de formas de relevo e de uso e cobertura da terra na análise de áreas de viticultura por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento: um estudo de caso no Vale dos Vinhedos / Jorge Antônio Viel. -- 2018.

66 f.

Orientadora: Kátia Kellem da Rosa.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Sensoriamento Remoto. 2. Geoprocessamento. 3. Modelo Digital de Elevação. 4. Geomorfologia. I. Rosa, Kátia Kellem da, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

À minha namorada Alcione, pelo apoio e paciência. Obrigado por sempre estar ao meu lado.

Aos meus pais e irmãs, pelo apoio prestado.

À professora Kátia Kellem da Rosa, pela orientação, críticas e sugestões.

Aos professores Cláudio e Nina, pelos comentários e sugestões.

Aos colegas de mestrado, pela amizade e discussões.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, pela estrutura disponibilizada para o desenvolvimento desta dissertação.

À Embrapa Uva e Vinho, pelo apoio na realização do mestrado, em especial a pesquisadora Dra. Rosemary Hoff, pela paciência e boas sugestões.

À CAPES, pela bolsa de estudo em nível de pós-graduação.

“O importante é nunca deixar de fazer perguntas. A curiosidade tem em si mesma a própria razão de existir. Não podemos deixar de nos abalar com a maravilha ao contemplar os mistérios do tempo, da vida, da maravilhosa estrutura da realidade. É suficiente se buscarmos simplesmente compreender um pouco desse mistério a cada dia. Nunca percam a curiosidade. Nunca deixem de se maravilhar.”

Albert Einstein

RESUMO

Este estudo tem o objetivo de avaliar a importância da geomorfologia na implantação, gestão e monitoramento das áreas destinadas a indicações geográficas para vinhos e espumantes. Desta forma, desenvolveram-se dois estudos paralelos. O primeiro buscou analisar a acurácia vertical dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs) SRTM v.3, Alos World 3D e ASTER GDEM v.2 na região da denominação de origem Vale dos Vinhedos, RS. Para tanto, os dados desses MDEs, com resolução espacial de 30 m, foram comparados com os de um MDE fotogramétrico com resolução espacial de 5 m no terreno, por meio de análises de regressão e correlação linear, e de perfis topográficos derivados desses modelos. O Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) de cada MDE foi analisado, para identificar a escala máxima de seu uso em estudos morfométricos. Foram avaliadas as escalas 1:25.000, 1:50.000 e 1:100.000, por meio de cálculos da Tolerância Vertical e do Erro Médio Quadrático (EMQ). Todos MDEs atenderam o PEC altimétrico classe A na escala 1:100.000. Na escala 1:50.000, enquadraram-se na classe C, enquanto que na escala 1:25.000 não houve enquadramento. O MDE SRTM v.3 foi o que apresentou melhores resultados morfométricos e o maior coeficiente de correlação de Pearson ($r=0,995$). O segundo estudo objetivou investigar os padrões de uso e cobertura da terra na região da denominação de origem Vale dos Vinhedos e relacioná-los com o mapeamento geomorfológico. Para esse estudo, foram mapeados a geomorfologia e as classes de uso e cobertura da terra. Ambos os mapeamentos foram realizados utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. O padrão de relevo em forma de morros, na área de estudo, possui maior representatividade ocupando 77,13% da mesma. No mapeamento de uso e cobertura da terra a classe de maior representatividade foi a Floresta (nativa ou não), ocupando 36% da área de estudo. O cruzamento entre o mapeamento geomorfológico e os padrões de uso e cobertura da terra permitiu identificar 35 classes. Conclui-se que os resultados obtidos podem servir de base para a escolha de MDEs, bem como, auxiliar no desenvolvimento de mapeamentos geomorfológicos.

Palavras-chave: Modelo digital de elevação; Geoprocessamento; Geomorfologia; Indicações geográficas.

ABSTRACT

This work aims to evaluate the importance of geomorphology in the implantation, management and monitoring of the areas destined to geographical indications for wines and sparkling wines. Therefore, two parallel studies were developed. The first study had the objective to analyze the vertical accuracy of digital elevation models (DEM) SRTM v.3, Alos Worlds 3D and ASTER GDEM v.2 in Vale dos Vinhedos designation origin region localized in Rio Grande do Sul state. For such, the DEM's data, with spatial resolution of 30 meters were compared with a photogrammetric DEM with spatial resolution of 5 meters in the ground by correlation and regression analyzes as well as topographic profiles derivate that models. The cartographic accuracy standard of all DEM was analyzed to identify the maximum scale of use in morphometric studies. Were investigated the scales 1:25.000, 1:50.000 and 1:100.000 by calculations vertical tolerance and mean square error (MSE). Every DEM analyzed respected the cartographic accuracy standard A group in 1:100.000 scale, as well as, C group in 1:50.000 scale. All DEM are not classified into any class in 1:25.000 scale. The SRTM v.3 DEM show better Pearson correlation ($r=0,995$) and morphometrics results. The second study investigated the land use and land cover pattern in Vale dos Vinhedos origin designation region and relates them with geomorphological mapping. For this work were mapped the geomorphology and the land use and land cover group. Both mappings were made with remote sensing and geoprocessing techniques. The High Hill landform patterns, in the study area, is more representative occupying 77,13%. In mapping of the land cover and land use the group more representative was Forest (native or not) occupying 36%. The crossing between geomorphology and land cover and land use patterns resulted in identification of 35 class. The results obtained in the studies it can be use as base for DEM choice and support the development of geomorphological mappings.

Keywords: Digital elevation model; Geoprocessing; Geomorphology; Geographic indications.

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

O desenvolvimento sustentável, termo em voga nos dias atuais, depende do equilíbrio entre sociedade e natureza. A agricultura está em constante pressão, para que novas técnicas sejam desenvolvidas e que os danos ao ambiente sejam minimizados, assim podendo produzir maiores quantidades de alimentos em áreas menores, ao mesmo tempo, diminuindo a quantidade de insumos químicos despejados nos solos, água e ar. O planejamento e gestão do espaço são ferramentas essenciais para alcançar o desenvolvimento agrícola, mas respeitando o ambiente e as formas de vida que nele habitam e se desenvolvem. As Indicações Geográficas (IGs) surgiram como alternativa de agregar valor e qualidade aos produtos, podendo prever em seus estatutos regras para uma produção sustentável.

As IGs estão associadas à Lei Federal 9.279 de 1996, que regulamenta os direitos e obrigações sobre a propriedade industrial. Segundo a referida Lei, existem dois tipos de Indicações Geográficas, sendo que a indicação de procedência, conforme o Art. 17 é definida como “o nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que se tenha tornado conhecido como centro de extração, produção ou fabricação de determinado produto ou de prestação de determinado serviço”. Já a denominação de origem, conforme o Art. 178 é definida como “o nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que designe produto ou serviço cujas qualidades ou características se devam exclusiva ou essencialmente ao meio geográfico, incluídos fatores naturais e humanos”.

A região da Denominação de Origem (DO) Vale dos Vinhedos atua como um importante polo turístico do estado do Rio Grande do Sul. Todos os anos, turistas de vários lugares procuram na DO Vale dos Vinhedos paisagens deslumbrantes e culinária típica. Sendo assim, pode-se citar o turismo enológico e a vitivinicultura como importantes atrativos. Desta forma, surge à necessidade de investimentos para fomentar e melhorar as práticas agrícolas na região. Com isso, a partir do final do século XX, iniciou-se uma série de estudos com o objetivo de agregar valor aos produtos originários do setor vitivinícola, principalmente o vinho. As IGs surgiram como opção de agregar valor aos produtos e demonstrar a sua procedência, desta forma, garantindo que parâmetros referentes à produção e à qualidade dos produtos sejam respeitados.

O reconhecimento de indicações geográficas perpassa pelo o entendimento da dinâmica de ocupação do espaço, desta forma, estudos geomorfológicos associados ao entendimento do uso e cobertura da terra, podem contribuir para a implantação, monitoramento e gestão das áreas destinadas a indicações geográficas de vinhos de qualidade.

A evolução das geotecnologias proporcionou a criação de Modelos Digitais de Elevação (MDEs), que contribuem de maneira efetiva ao estudo do relevo. Segundo Felgueiras e Câmara (2004), os MDEs são representações matemáticas computacionais da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. Segundo Florenzano (2008), com a utilização dos dados de MDEs com o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é possível obter, de forma automatizada, parâmetros morfométricos (declividade, hipsometria, orientação de vertentes, curvatura vertical, curvatura horizontal, rugosidade do relevo etc), essenciais nos estudos geomorfológicos, para fornecer uma base de dados para o reconhecimento de feições do relevo. Para a aplicação de mapeamentos geomorfológicos são necessários estudos que auxiliem na escolha dos MDEs.

Os mapeamentos geomorfológicos e MDEs são utilizados em diversos estudos que envolvem a gestão da ocupação do espaço e análise ambiental. Como exemplo, pode-se citar o estudo desenvolvido por Moreira (2013) que utilizou a compartimentação geomorfológica para determinar a fragilidade ambiental do município de Cambará do Sul. Da mesma forma, Steinke *et al.* (2007) demonstraram a importância da evolução dos mapeamentos geomorfológicos para o Distrito Federal, com a utilização de multiparâmetros de análise, gerado por MDEs. Tinós *et al.* (2014) e Tinós (2016) realizaram mapeamento geomorfológico da região de Poços de Caldas de maneira automatizada, utilizando parâmetros morfométricos extraídos de MDE.

Os MDEs proporcionam a extração de variáveis topográficas e padrões de formas de relevo de forma automatizada. Sendo assim, o desenvolvimento de técnicas em geoprocessamento para o estudo do relevo em ambientes SIGs, onde é possível realizar de forma integrada a análise dos fatores temporal, espacial e social, contribuem para o aprimoramento dos mapeamentos geomorfológicos, diminuindo a subjetividade dos mesmos.

Observa-se que um dos aspectos mais importantes a serem considerados no mapeamento geomorfológico é a escala. O tratamento taxonômico a ser adotado está diretamente relacionado a esse aspecto (STEINKE, 2003, p. 16). Segundo o mesmo autor “A

escala de estudo do relevo determina as estratégias e técnicas de abordagem da análise geomorfológica” (STEINKE, 2003, p. 16).

Ross (1992) definiu uma metodologia de compartimentação geomorfológica dividida em táxons, que respeita uma ordem cronológica e de escala. O primeiro táxon está relacionado às grandes unidades de relevo, onde a morfoestrutura representa as características estruturais, genéticas que constituem o relevo. O segundo táxon representa as unidades morfoesculturais, que são unidades menores geradas pelas ações climáticas ao longo do tempo geológico, formando diferentes formas nessa grande estrutura. O terceiro táxon é representado pelas unidades dos padrões de formas semelhantes do relevo, representa os processos climáticos atuais, apresentando diferenças em função da rugosidade ou dos índices de dissecação. O quarto táxon representa as formas de relevo individualizadas, que podem ser formas de agradação ou denudação. As formas de agradação podem ser planícies fluviais, terraços fluviais ou marinhos, planícies marinhas, planícies lacustres. De outro modo, as formas de denudação podem ser colinas, morros, topos planos, aguçados ou convexos e são geralmente resultantes do desgaste realizado pela erosão. O quinto táxon é representado pelas vertentes ou setores dessas vertentes pertencentes a cada uma das formas individualizadas. As vertentes de cada tipologia de forma são geneticamente distintas em cada um dos setores destas vertentes também se mostram diferentes. Por fim, o 6º táxon representa as formas encontradas na vertente, sendo produzidas por processos morfogenéticos atuais.

A Geomorfologia e o padrão de uso e cobertura da terra têm sua dinâmica alterada em função de ações antrópicas. Os desequilíbrios entre essas duas variáveis causam danos à dinâmica ambiental. Por este desequilíbrio repercutir sobre a qualidade e produtividade dos solos, dinâmica de movimentos de massa, assoreamento de corpos hídricos, entre outras questões sócio-ambientais, verifica-se a necessidade de manejos para o controle e prevenção dos processos erosivos. Com isso, a preocupação com o uso sustentável da terra está aumentando, fazendo com que se busquem alternativas para uma produção consciente, que respeite o ambiente, de forma a agregar valor ao produto.

Com relação à agricultura, em algumas culturas, como os vinhedos, principal cultura da área de estudo, a posição na vertente altera as características do produto como demonstrado por Vaudour *et al.* (2010), Pupnik *et al.* (2016) e Sandru(2015). Dependendo da sua posição na vertente o vinhedo receberá uma quantidade maior de iluminação solar. Esse fator reflete diretamente na quantidade de açúcar do fruto e conseqüentemente na qualidade do seu

produto final, o vinho. Desta maneira, Hoff *et al.* (2011), ressaltam que “o conhecimento do território pelo uso da terra, biomas e os atributos do relevo, valorizam os produtos oriundos dos sistemas agrícolas, de modo a minimizar impactos ambientais e proporcionar uma maior rentabilidade aos produtores [...]”.

Sendo assim, esta dissertação tem o objetivo de demonstrar a importância da geomorfologia nos estudos que envolvam a implantação, monitoramento e gestão de áreas destinadas a Indicações Geográficas para vinhos de qualidade, tendo como metas: a) avaliar a acurácia vertical e o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) dos MDEs SRTM v.3, ASTER GDEM v.2 e Alos World 3D; b) realizar o mapeamento dos padrões de relevo da região da DO Vale dos Vinhedos; c) avaliar a eficácia da realização de mapeamentos geomorfológicos de maneira automatizada; d) realizar o levantamento dos padrões de uso e cobertura da terra da região da DO Vale dos Vinhedos e por fim, e) investigar as relações entre o mapeamento geomorfológico e os padrões de uso e cobertura da terra.

1.2 Área de Estudo

A região da DO para vinhos de qualidade Vale dos Vinhedos está localizada na região nordeste do estado Rio Grande do Sul, abrangendo parte dos municípios de Bento Gonçalves, Garibaldi e Monte Belo do Sul (Figura 1).

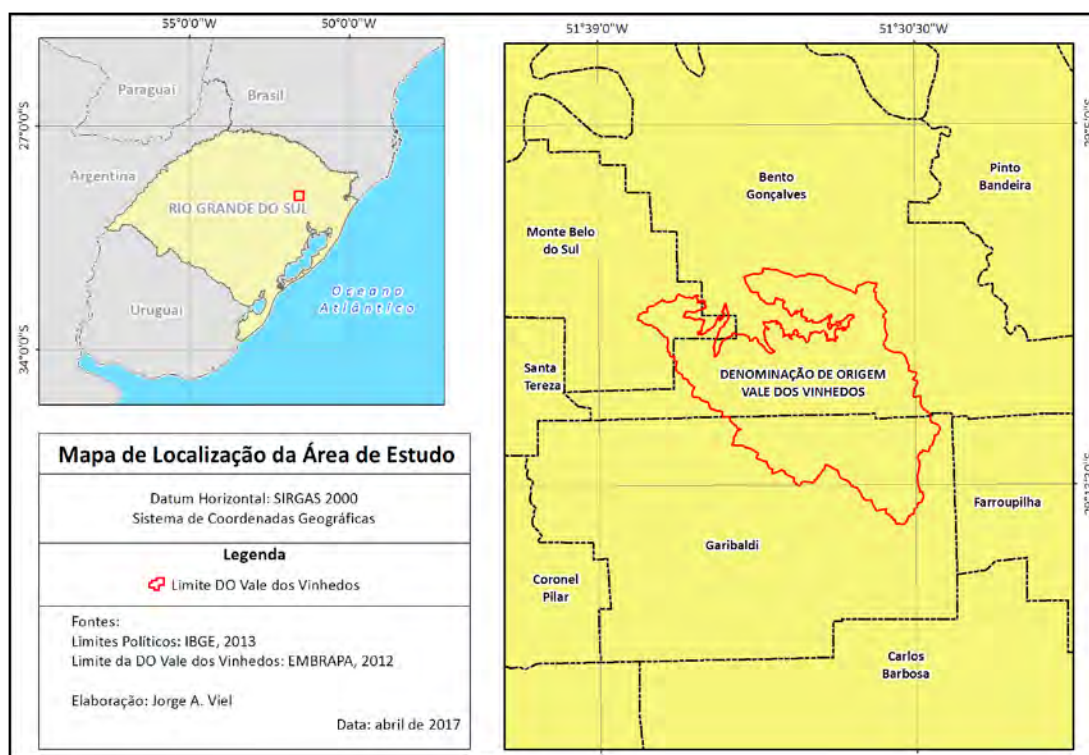


Figura 1: Localização da área de estudo.

A área geográfica da DO para vinhos de qualidade apresenta o total de 72,45 km² (TONIETTO *et al.*, 2013). A região da “Serra Gaúcha” foi colonizada no final do século XIX, principalmente por imigrantes italianos, e tem no setor vitivinícola uma importante fonte de renda. O ecoturismo e o turismo enológico estão em amplo desenvolvimento. Segundo Falcade (2011, p.25-26), “no nordeste do Rio Grande do Sul, na região da Serra Gaúcha, a vitivinicultura teve seu maior crescimento, com importância econômica para milhares de produtores”.

A área de estudo está inserida na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e no Bioma Mata Atlântica, existindo fragmentos de vegetação preservados, devido à declividade de algumas áreas, impossibilitando práticas agrícolas. A cobertura vegetal nas vertentes é composta pela Floresta Estacional Decidual e nos topos dos morros pela Floresta Ombrófila Mista. Atualmente a vegetação apresenta variados níveis de degradação, principalmente no topo dos morros, pois geralmente estes são áreas com menores declividades, sendo mais propícias ao desenvolvimento da agricultura. De acordo com a classificação climática de Köppen a região enquadra-se em clima Cfb caracterizado por apresentar estações do ano bem definidas com verão ameno e chuvas uniformemente distribuídas. Segundo dados da estação meteorológica localizada na Embrapa Uva e Vinho, no município de Bento Gonçalves, as normais climatológicas apresentam uma temperatura média anual de 17,8 °C e uma precipitação média anual de 1889 mm.

A geologia da área de estudo pertence ao Grupo São Bento, formação Serra Geral (CPRM, 2008), tendo nas maiores altitudes a presença de rochas ácidas como Riodacitos, Riólitos (fácies Caxias) e nas menores altitudes encontram-se rochas básicas como os Basaltos (fácies Gramado). A Serra Geral é formada por uma sucessão de derrames ocasionados pelo vulcanismo fissural que ocorreu no período Cretáceo Inferior da era Mesozóica (248,2 a 65 Ma). A área de estudo possui como morfoestrutura a Bacia Sedimentar do Paraná e como morfoescultura o Planalto Meridional (SUERTEGARAY & FUJIMOTO, 2004). A hidrografia é encaixada e desenvolveu-se sobre fraturas e falhas na crosta. O modelado possui vales encaixados e topos ondulados, apresentando topografia diversificada, com gradiente altimétrico variando de 376 a 724 metros. As litologias mais resistentes aos processos de dissecação atuam como divisores de água. A paisagem da DO Vale dos vinhedos pode ser observada na Figura 2.



Figura 2: Paisagem da região da denominação de origem Vale dos Vinhedos. Foto do autor. (10/08/2017).

1.3 Referencial teórico

Segundo o Ministério da Agricultura:

O registro de Indicação Geográfica (IG) é conferido a produtos ou serviços que são característicos do seu local de origem, o que lhes atribui reputação, valor intrínseco e identidade própria, além de distingui-los em relação aos seus similares disponíveis no mercado. São produtos que apresentam uma qualidade única em função de recursos naturais como solo, vegetação, clima e saber fazer (MAPA, 2017).

Estudos para indicações geográficas de vinhos foram desenvolvidos por Falcade e Mandelli (1999), que realizaram a caracterização geográfica do Vale dos Vinhedos, RS. Tonietto e Falcade (2003) concretizaram um estudo sobre as regiões vitícolas brasileiras. Falcade (2011), estudou a paisagem vitícola como símbolo para as indicações geográficas de vinhos e Pereira *et al.* (2016) em seu estudo compararam os regulamentos de uso e controles de indicações geográficas de vinhos brasileiras e italianas.

Sendo assim, percebe-se a necessidade de reconhecer as áreas de indicações geográficas de forma completa, tanto nos parâmetros físicos, bem como, nos parâmetros sociais e econômicos. No que diz respeito aos parâmetros físicos cabe destacar a importância dos estudos geomorfológicos para as indicações geográficas de vinhos (HOFF *et al.*, 2015).

Com isso, a Geomorfologia pode ser entendida como:

A ciência que estuda as formas do relevo. As formas representam a expressão espacial de uma superfície, compondo as diferentes configurações da paisagem morfológica. E o seu aspecto visível, a sua configuração, que caracterizam o modelado topográfico de uma área (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 1).

Christofoletti (1980), destaca quatro principais sistemas para a compreensão das formas do relevo que são: a) o sistema climático; b) o sistema biogeográfico; c) o sistema geológico e d) o sistema antrópico.

Segundo o autor supracitado, o sistema climático sustenta e mantém o dinamismo dos processos, por meio do calor, da umidade e dos movimentos atmosféricos. Já o sistema biogeográfico atua como fator de diferenciação na modalidade e intensidade processos, fornecendo e retirando matéria. O sistema geológico é o principal fornecedor de material, por meio da disposição e variação litológica. Por fim, o autor comenta que o sistema antrópico é responsável pela distribuição da matéria e energia dentro dos sistemas.

Segundo Christofoletti (1980), a geomorfologia estuda as formas de relevo, o processo ou grupo de processos que vem atuando na modelagem da paisagem e a relação entre eles. A existência e o funcionamento desses processos têm suas origens nas forças originárias do interior da Terra, nas forças externas, oriundas da ação do clima e nas forças resultantes da ação biológica e do homem. As formas, os processos e as suas relações constituem um sistema geomorfológico aberto, pois recebem influências e atuam sobre outros sistemas terrestres através da troca de energia e matéria.

Segundo Argento (2012), a geomorfologia serve de base para a compreensão das estruturas espaciais, não só em relação à natureza física dos fenômenos, mas também em relação à natureza socioeconômica dos mesmos, o que demonstra o caráter multidisciplinar da ciência. Mapear estas estruturas espaciais pressupõe conhecer onde se localizam, como se distribuem no espaço geográfico, porque ocorrem daquela forma e como irão ocorrer no futuro [...].

O entendimento e representação do relevo tornou-se foco central de pesquisadores:

[...] pesquisadores, preocupados quanto ao entendimento e representação do relevo, acabaram por contribuir com propostas taxonômicas e metodologias de análise do relevo que influenciaram pesquisas importantes na linha holística. Dentre os que mais se destacaram, merecem ser mencionados Tricart, Mescerjakov, Demek e Sotchava (TINÓS, 2016, p. 47).

Tricart (1965), estabeleceu que o relevo necessita ser investigado e representado observando quatro tipos de dados: a) morfográficos: referente as formas topográficas, b) morfométricos: fornece informações quantitativas sobre as formas topográficas, c) morfogênicos: representam a gênese das formas topográficas e d) cronológicos: representa a cronologia dos processos genéticos. Desta forma, MDEs surgem como alternativa para extração de variáveis morfométricas de maneira automatizada. Segundo Steink (2003), “as cartas morfométricas possuem capacidade de auxiliar no entendimento da estrutura morfológica do relevo tornando mais ricas e lógicas as extensas análises descritivas das formas, idades e gênese do relevo”.

Entre os MDEs, destacam-se os que são disponibilizados gratuitamente como o MDE SRTM v.3 (*Shuttle Radar Topography Mission*), este é um modelo criado pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) em parceria com a *National Geospatial Intelligence Agency* (NGA) em voo realizado no ano de 2000. Segundo Rodrigues et al. (2006), esse projeto realizou mapeamento topográfico da superfície terrestre utilizando interferometria de ondas em latitudes menores que 60°, da mesma forma, segundo os autores supracitados, a resolução espacial do MDE é de 30 metros, tendo para 90% dos pontos analisados, na América do Sul, erro inferior a 9 metros.

O MDE ALOS World 3D gerado a partir do sensor PRISM (*Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping*) a bordo do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), foi gerado pela *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA). Essa missão teve a duração de 5 anos, iniciando em 2005 e terminando em 2014, sendo seus dados disponibilizados no ano de 2014. Segundo Tadono et al. (2014), esse modelo possui resolução espacial de 30 metros e acurácia vertical de 5 metros. Segundo os mesmos autores o PRISM é um sensor óptico com três radiômetros, tendo, um deles a visada nadir, outro para frente (*forward*) e outro para trás (*backward*).

Por fim, o MDE ASTER GDEM V.2, gerado em cooperação entre a NASA e o Ministério da Economia, Indústria e Trabalho Japonês. O MDE ASTER GDEM v.2 foi lançado em 2011. O radiômetro de emissão e reflexão térmica espacial (ASTER) é um sensor a bordo do satélite Terra que usa câmeras no comprimento infravermelho, tendo duas visadas uma no nadir e a outra *backnadir*. Segundo Tachikawa et al. (2011), esse modelo possui resolução espacial de 30 metros e acurácia vertical que varia dependendo da área. Segundo os mesmos autores, esse modelo possui acurácia vertical de 6,1 metros em áreas planas e abertas,

já para áreas de relevo irregular e florestadas esse modelo possui acurácia vertical de 15,1 metros.

Autores com Hengl e Reuter (2009) e SEIJMONSBERGEN *et al.* (2016), destacam a importância da integração de dados obtidos por sensores remotos, como os MDEs, para a identificação de feições geomorfológicas e ressaltam a relevância de refletir sobre a escala de abordagem relacionando-a com a resolução espacial dos dados. Sendo assim, autores como Souza (2015); Oliveira (2005); Dias *et al.* (2011), realizaram a análise da acurácia vertical dos MDEs SRTM, ASTER GDEM, TOPODATA, da mesma forma, os autores analisaram a melhor escala de aplicação dos mesmos.

Os estudos geomorfológicos, em regiões vitivinícolas, contribuem para a determinação da qualidade do produto. Segundo Tonietto e Carbonneau (2004), os índices climáticos vitícolas, além da umidade relativa do ar, comprovam a existência de zonas caracterizadas por topoclimas, determinados pelas diferenças de altitude, dentre outros fatores topográficos também importantes que caracterizam a paisagem, que oscila entre topos de patamares, encostas e fundos de vales, com diferentes declividades e exposições, bem como por outros fatores ligados à meteorologia determinada pelas massas de ar que atuam na região.

Segundo Hoff *et al.* (2015, p. 176) “estudos geológicos e geomorfológicos têm sido utilizados nos projetos de indicações geográficas [...]”. Segundo os mesmos autores “estes estudos contribuem para a caracterização do meio natural, bem como apoiam a delimitação das IGs, relacionando o relevo e os tipos de rochas à distribuição e adequação da viticultura” Hoff *et al.* (2015, p. 176). Ainda segundo Hoff *et al.* (2015, p. 178), “pode-se observar que as diferenças do meio físico relativas às rochas e ao relevo esculpido a partir de seus materiais – geodiversidade - poderão agregar valor à tipicidade de cada *terroir* vitivinícola e à indicação geográfica dos produtos”. Desta forma, Hoff *et al.* (2013) afirmam que “os atributos do relevo como a altimetria se referem aos níveis regionais que concentram umidade; a declividade do terreno se refere àquela que melhor se adapta à mecanização da cultura; a exposição solar se refere à iluminação diária da planta”.

Estudos Geomorfológicos estão sendo desenvolvidos continuamente por diversos especialistas em todo mundo, fato que obteve contribuição do aprimoramento das geotecnologias como Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. Segundo Florenzano (2008, p. 32) “a partir do surgimento da fotografia aérea, foi possível obter: visão sinótica,

base cartográfica de apoio aos trabalhos de campo, dados sobre o relevo com grande riqueza de detalhes, além de dados sobre cobertura vegetal, uso da terra [...]”.

Com isso, Tinós (2016, p. 67) salienta que “os estudos mais recentes de cartografia geomorfológica têm abarcado a análise digital do relevo a partir de modelos digitais de elevação (MDE) e a automatização do processo de classificação das formas do relevo”.

Os mapeamentos temáticos, dentre eles o geomorfológico, seguiram a evolução da cartografia e vêm, cada vez mais, utilizando novas ferramentas como o Geoprocessamento, tanto para o mapeamento em si, bem como, para a análise e interface com outros temas ambientais que estão inseridos no âmbito da pesquisa geomorfológica (STEINK, p. 11, 2003). Segundo Steink (p. 18, 2003), as técnicas de Geoprocessamento podem ser entendidas como “uma tecnologia destinada ao armazenamento e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas de aplicações envolvendo a cartografia digital, o processamento digital de imagens e os SIGs”. Sendo assim, segundo o mesmo autor:

Observa-se, que a utilização da tecnologia do geoprocessamento pela geomorfologia e pelas geociências, de uma forma geral, pode contribuir de forma significativa com as ciências espaciais, já que os problemas de tratamento da grande quantidade de dados com que elas lidam, são, em sua maioria, substancialmente reduzidos (STEINK, p. 19, 2003).

Diversos estudos, como os desenvolvidos por Hoff *et al.* (2014), mostram a importância dos SIGs para a fruticultura. Neste estudo, os autores identificaram as áreas de vinhedos que estariam estabelecidas em Áreas de Preservação Permanente (APP) referentes à rede de drenagens. Da mesma forma, Hoff *et al.* (2011), utilizaram o processamento digital de imagens orbitais e SIG para apoio à agricultura de precisão nas culturas da videira e macieira no Rio Grande do Sul, os autores utilizaram índices de vegetação para o manejo das parcelas de videira e macieira.

Hoff *et al.* (2013) utilizaram imagens orbitais como alternativa para restituição do relevo e uso da terra de indicações geográficas vitivinícolas na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Também, Viel *et al.* (2017a, 2017b), estudaram a perda superficial de solos na DO Vale dos Vinhedos. Para desenvolver os estudos, os autores, utilizaram a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) e técnicas de geoprocessamento.

Em um mundo competitivo, onde cada vez mais a qualidade dos produtos será valorizada, principalmente os de origem agrícola, a produção sustentável e com responsabilidade social terá espaço perante os métodos convencionais de cultivo. Para tal, são necessários estudos que permitam conhecer de forma clara os processos envolvidos nas formas de cobertura e utilização do espaço e as relações presentes entre os elementos que compõe o ambiente.

Capítulo 2 – METODOLOGIA, RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.1 Apresentação

A dissertação é apresentada na forma de dois artigos submetidos em periódicos (Figura 3). O primeiro deles, intitulado “**Análise da acurácia vertical dos modelos digitais de elevação SRTM v.3, WORLD 3D, ASTER GDEM v.2: Um estudo de caso no Vale dos Vinhedos, RS – Brasil**” foi submetido para a Revista Brasileira de Cartografia e tem o objetivo de analisar a acurácia vertical dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs) aplicados na área da Denominação de Origem (DO) Vale dos Vinhedos, RS. Os resultados desta análise podem ser utilizados como base para a escolha de MDEs para a realização de trabalhos em áreas com características físicas semelhantes a da DO Vale dos Vinhedos. O segundo artigo, intitulado “**Geomorphological mapping and land use and land cover through Remote Sensing and Geoprocessing**”, foi submetido para a revista Pesquisa Agropecuária Brasileira e tem o objetivo de realizar o mapeamento geomorfológico e de uso e cobertura da terra de forma automatizada, para contribuir na implantação, monitoramento e gestão de áreas destinadas a Indicações Geográficas (IGs) para vinhos de qualidade. Ambos os artigos tiveram como área de estudo a região da Denominação de Origem (DO) Vale dos Vinhedos, conhecida mundialmente pela produção de vinhos e espumantes.

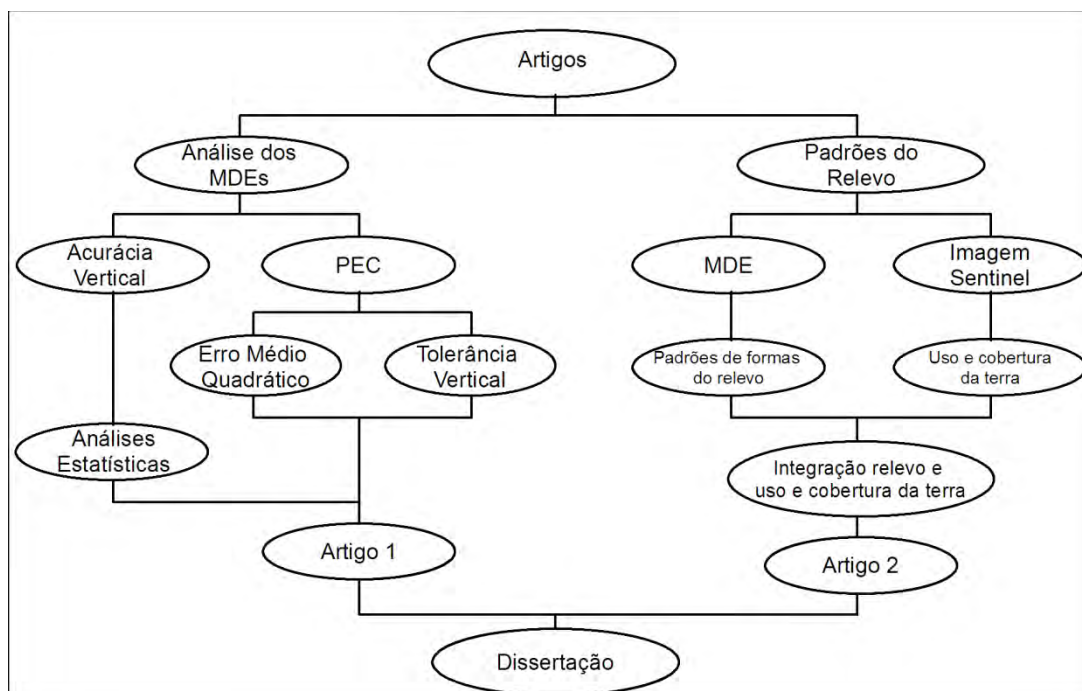


Figura 3: Fluxograma metodológico do desenvolvimento dos artigos.

2.2 Análise da acurácia vertical dos modelos digitais de elevação SRTM v.3, WORLD 3D, ASTER GDEM v.2: Um estudo de caso no Vale dos Vinhedos, RS – Brasil

2.2 Análise da acurácia vertical dos modelos digitais de elevação SRTM v.3, WORLD 3D, ASTER GDEM v.2: Um estudo de caso no Vale dos Vinhedos, RS – Brasil



REVISTA BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA

CAPASOBREPÁGINA DO USUÁRIOPEQUISAATUALANTERIORESNOTÍCIAS

[Capa](#) > [Usuário](#) > [Autor](#) > [Submissões](#) > #2147 > [Resumo](#)

#2147 SINOPSE

[RESUMO](#) [AVALIAÇÃO](#) [EDIÇÃO](#)

SUBMISSÃO

Autores Título Documento original Docs. sup.	<p>Jorge Antônio Viel, Kátia Kellem da Rosa, Claudio Wilson Mendes Jr. ANÁLISE DA ACURÁCIA VERTICAL DOS MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO SRTM v.3, WORLD 3D, ASTER GDEM v.2: UM ESTUDO DE CASO NO VALE DOS VINHEDOS, RS – BRASIL</p> <p>2147-13095-1-SMDOCK 2018-01-03 2147-12995-1-SRTIF 2017-12-14 2147-12996-1-SRTIF 2017-12-14 2147-12997-1-SRTIF 2017-12-14 2147-12998-1-SRTIF 2017-12-14 2147-12999-1-SRTIF 2017-12-14 2147-13000-1-SRTIF 2017-12-14 2147-13001-1-SRTIF 2017-12-14 2147-13002-1-SRTIF 2017-12-14 2147-13003-1-SRTIF 2017-12-14 2147-13004-1-SRXLSX 2017-12-14 2147-13005-1-SRXLSX 2017-12-14 2147-13006-1-SRXLSX 2017-12-14 2147-13007-1-SRXLSX 2017-12-14 2147-13008-1-SRXLSX 2017-12-14 2147-13009-1-SRXLSX 2017-12-14</p> <p>INCLUIR DOCUMENTO SUPLEMENTAR</p>
Submetido por Data de submissão Seção Editor	<p>Jorge Antônio Viel janeiro 3, 2018 - 03:15 Artigos Alan Salomão Graps </p>

IDIOMA
Selecione o idioma
Português (Brasil) Submeter

USUÁRIO
Logado como:
javiel
Perfil
Sair do sistema

CONTEÚDO DA REVISTA
Pesquisa

Escopo da Busca
Todos ▼

Procurar
Por Edição
Por Autor
Por título

AUTOR
Submissões
Ativo (2)
Arquivo (0)
Nova submissão

TAMANHO DE FONTE

A A A

AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA VERTICAL DOS MODELOS DIGITAIS DE ELEVÇÃO SRTM, ALOS WORLD 3D E ASTER GDEM: UM ESTUDO DE CASO NO VALE DOS VINHEDOS, RS – BRASIL

Evaluation of the Vertical Accuracy of Digital Elevation Models SRTM, ALOS WORLD 3D and ASTER GDEM: a case study in Vale dos Vinhedos, RS - Brazil

RESUMO

Este estudo tem como objetivo avaliar a acurácia vertical dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs) SRTM v.3, Alos World 3D e ASTER GDEM v.2 na região da denominação de origem Vale dos Vinhedos, RS. Para tanto, os dados desses MDEs, com resolução espacial de 30 m, foram comparados com os de um MDE fotogramétrico com resolução espacial de 5 m no terreno, por meio de análises de regressão e correlação linear, e de perfis topográficos derivados desses modelos. O Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) de cada MDE foi analisado, para identificar a escala máxima de seu uso em estudos morfométricos, nas escalas 1:25.000, 1:50.000 e 1:100.000, por meio de cálculos da Tolerância Vertical e do Erro Médio Quadrático (EMQ). Todos esses MDEs atenderam o PEC altimétrico classe A na escala 1:100.000. Na escala 1:50.000, enquadraram-se na classe C, enquanto que na escala 1:25.000 não houve enquadramento. O MDE SRTM v.3 foi o que apresentou melhores resultados morfométricos e o maior coeficiente de correlação de Pearson ($r=0,995$). Todos os MDEs avaliados neste estudo apresentaram morfologia próxima a do MDE fotogramétrico. Portanto, recomenda-se o uso de todos os MDEs analisados em estudos morfométricos da área de estudo, sendo necessário observar o objetivo do trabalho, bem como a escala de análise e a apresentação desses dados.

Palavra-chave: Acurácia vertical, SRTM v.3, Alos World 3D, ASTER GDEM.

ABSTRACT

This work aims to evaluate the vertical accuracy of the digital elevation models (DEMs) SRTM v.3, Alos World 3D and ASTER GDEM v.2 in Vale dos Vinhedos designation of origin (DO) region, RS. Thus, the DEM data with 30 m of the spatial resolution were compared with photogrammetric DEM data with 5 m of the spatial resolution by linear regression and correlation analyzes, and also, topographic profiles carried out with these models. The Cartographic Accuracy Standard (PEC) of each DEM was analyzed to identify the maximum scale for morphometric application, in scales 1:25.000, 1:50.000 and 1:100.000, by calculations of Vertical Tolerance and the Mean Square Error (MSE). All DEMs. All the models studied were classified in class A for the 1:100,000 scale, and for the 1:50,000 scale the analyzed models were classified in class C, while in 1:25.000 scale doesn't have application. The DEM SRTM v.3 presented smaller altimetry errors compared to ASTER GDEM and Alos World 3D, as for morphometric analysis and Pearson correlation coefficient ($r=0,995$). It is worth mentioning that all models analyzed are statistically and morphologically close. Therefore, they can be used to conduct several studies, however it is necessary to have in mind the goal of the work, and the scale of analysis and presentation.

Keywords: Vertical accuracy, SRTM v.3, Alos World 3D, ASTER GDEM.

1. INTRODUÇÃO

A evolução das geotecnologias permitiu o aprimoramento e a produção de diversos mapeamentos. Dentre as geotecnologias, cabe destacar o Sensoriamento Remoto, o Geoprocessamento e os Sistemas de Posicionamento Global (GPS). A evolução computacional permitiu a análise e manipulação de milhares de dados. Na área do Geoprocessamento tornou-se possível a integração entre diversos planos de informação, sendo possível realizar as mais variadas análises topológicas. Os sistemas GPS, por meio de pares de coordenadas, permitem a localização de objetos na superfície terrestre com precisão de milímetros. Por meio do Sensoriamento Remoto pode-se imagear toda a superfície terrestre e identificar objetos de todos os

tamanhos, desde oceanos até objetos medindo poucos centímetros.

Dentre as mais variadas evoluções na área de Sensoriamento Remoto, destaca-se a criação de Modelos Digitais de Elevação (MDE). Esses modelos são “[...] arquivos que contêm registros altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas, como uma imagem com um valor de elevação em cada pixel [...]” (VALERIANO, p. 21, 2008). Diversas análises podem ser realizadas por meio dos MDEs. Valeriano (2008) fala que, embora a variável topográfica seja importante, diversos outros dados podem ser extraídos dos MDEs, como declividade, curvatura vertical e horizontal, direção de fluxo entre outros.

Diversos estudos já foram realizados utilizando esses modelos, como exemplos, citam-se os trabalhos

desenvolvidos por Steink e Sano (2011), no qual os autores utilizaram índices morfométricos obtidos por meio de MDE, para a compartimentação geomorfológica semiautomatizada do Distrito Federal, Brasil. Gaida *et al.* (2016), avaliaram a influência do relevo na resposta espectral da vegetação, para tal, os autores utilizaram o MDE ASTER GDEM (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer – Global Digital Elevation Map*). Os MDEs são utilizados em estudos que buscam a caracterização física de diversos locais, destes, podem-se incluir áreas de grandes extensões como em estudo realizado por Robaina *et al.* (2010), que utilizaram o MDE SRTM como auxílio à compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Ibicuí, localizada no estado do Rio Grande do Sul. Autores como Hoff *et al.* (2015), utilizaram o MDE SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) como auxílio na caracterização geológica e geomorfológica de indicações geográficas para vinhos de qualidade.

Vários autores analisaram a acurácia vertical de diversos MDEs. Os modelos globais mais estudados são os que podem ser obtidos gratuitamente como o SRTM e ASTER GDEM. Pode-se citar Souza (2015), que avaliou a acurácia vertical dos MDEs Topodata, ASTER GDEM e SRTM. Na análise realizada por esse autor, o MDE ASTER GDEM foi o que obteve melhor resultado, porém, deve-se destacar, que a análise varia em função das peculiaridades da área de estudo.

Atualmente existem outros modelos disponibilizados gratuitamente, porém, com poucos estudos sobre os mesmos. Como exemplo, pode-se citar o MDE ALOS World 3D, gerado a partir do sensor PRISM (*Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping*) a bordo do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), disponibilizado gratuitamente pela *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a acurácia vertical dos MDEs ALOS World 3D, SRTM v.3 e ASTER GDEM v.2 na região da denominação de origem (DO) para vinhos de qualidade Vale dos Vinhedos, utilizando como verdade terrestre um MDE gerado a partir de levantamento aerofotogramétrico.

A análise da acurácia vertical de diferentes MDEs disponíveis para a área de estudo e região do entorno foi necessária, pois possibilitou determinar para quais mapeamentos e escalas os mesmos puderem ser utilizados. Desta forma, os resultados poderiam ser utilizados como base para a escolha de MDEs na aplicação de estudos em outras áreas que não possuam um MDE de maior acurácia vertical.

1.1 Área de Estudo

A região da DO para vinhos de qualidade Vale dos Vinhedos está localizada na região nordeste do estado Rio Grande do Sul, abrangendo parte dos municípios de Bento Gonçalves, Garibaldi e Monte Belo do Sul (Figura 1). A área geográfica da denominação de origem para vinhos de qualidade tem 72,45 km² (TONIETTO *et al.*, 2013)

Essa região, conhecida como “Serra Gaúcha”, foi colonizada no final do século XIX, principalmente por imigrantes italianos, e tem no setor vitivinícola uma importante fonte de renda. O ecoturismo e o turismo enológico estão em amplo desenvolvimento. Segundo Falcade (2011, p. 25 -26) “no nordeste do Rio Grande do Sul, na região da Serra Gaúcha a vitivinicultura teve seu maior crescimento, com importância econômica para milhares de produtores”.

A área de estudo está inserida na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas. A mesma está localizada no Bioma Mata Atlântica, existindo fragmentos de vegetação preservados devido à declividade de algumas áreas, impossibilitando práticas agrícolas. A cobertura vegetal nas vertentes é composta pela Floresta Estacional Decidual e nos topos dos morros pela Floresta Ombrófila Mista, mas atualmente a vegetação apresenta-se degradada, principalmente no topo dos morros, pois geralmente são áreas com menores declividades, mais adequadas às práticas agrícolas. De acordo com a classificação climática de Koppen essa região enquadra-se em um clima Cfb, caracterizado por apresentar estações do ano bem definidas com verão ameno e chuvas uniformemente distribuídas. Segundo dados da estação meteorológica localizada na Embrapa Uva e Vinho, no município de Bento Gonçalves, as normais climatológicas apresentam uma temperatura média anual de 17,8 °C e uma precipitação média anual de 1889 mm.

A geologia da área de estudo pertence à Formação Serra Geral (CPRM, 2008), ocorrendo nas maiores altitudes rochas ácidas como riodacitos e riolitos (fácies Caxias), enquanto que nas menores altitudes encontram-se rochas básicas como os basaltos (fácies Gramado). A Serra Geral foi formada por uma sucessão de derrames oriundos de vulcanismo fissural, que ocorreram durante o período Cretáceo Inferior da era Mesozóica (248,2 a 65 Ma). A área de estudo possui como morfoestrutura a Bacia Sedimentar do Paraná e como morfoescultura o Planalto Meridional. A hidrografia é encaixada e desenvolveu-se sobre fraturas e falhas na crosta. O modelado possui vales encaixados e topos ondulados, com topografia diversificada, de relativo gradiente altimétrico, variando de 376 a 724 m. As litologias mais resistentes aos processos de dissecação atuam como divisores de água. A paisagem da DO Vale dos vinhedos pode ser observada na Figura 2.

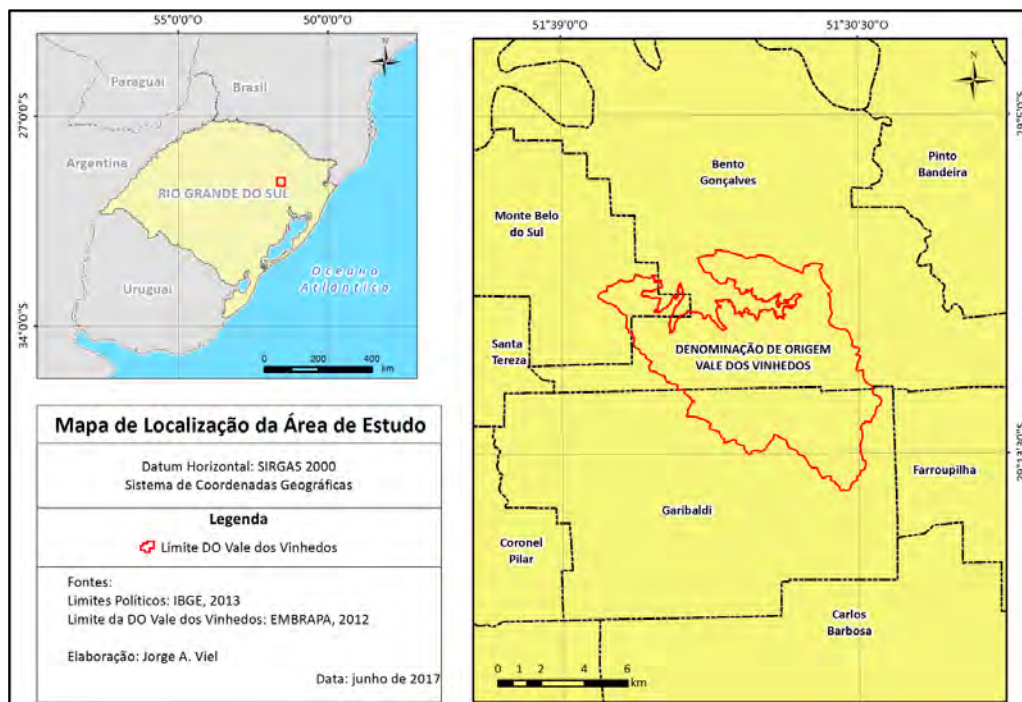


Fig. 1– Localização da área de estudo.



Fig. 2: Paisagem da região da DO Vale dos Vinhedos. Fonte: Autor (2017).

2. MATERIAL E MÉTODO

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados quatro MDEs, mas apenas três passaram pela análise da acurácia vertical, pois utilizou-se o MDE gerado a partir de levantamento aerofotogramétrico como verdade do terreno. Sendo assim, realizou-se a análise da acurácia vertical dos MDEs SRTM v.3, ASTER GDEM v.2 e ALOS World 3D.

O levantamento aerofotogramétrico foi realizado em 01 de novembro de 2005 pela empresa Multiespectral Mapas Digitais. A restituição fotogramétrica objetivou produtos para a escala de

trabalho na escala de 1:5000. Como produtos finais foram gerados um ortofotomosaico, com resolução espacial de 60 cm e curvas de nível de equidistância de 5 m entre as mesmas e acurácia vertical de 50 cm.

Para gerar o MDE realizou-se a interpolação das curvas de nível, disponibilizadas pela Embrapa Uva e Vinho, por meio de uma Rede Triangular Irregular (RTI). O método RTI foi adotado neste estudo, pois segundo Maune *et al.* (2007), este representa de maneira satisfatória regiões de relevo irregular, evidenciando descontinuidades na inclinação do terreno como picos, depressões, divisores de águas, vales e desfiladeiros.

Converteu-se essa RTI em um MDE, com resolução espacial de 5 m.

O MDE SRTM v.3 (*Shuttle Radar Topography Mission*) é um modelo criado pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), em parceria com a *National Geospatial Intelligence Agency* (NGA). Segundo Rodrigues *et al.* (2006), esse projeto realizou mapeamento topográfico da superfície terrestre, a partir de dois radares acoplados ao ônibus espacial *Endeavour*. Foram obtidas imagens desses sensores em latitudes menores que 60°, que foram utilizadas para a geração de imagens interferométricas da superfície terrestre e de MDEs com resolução espacial de 30 m. Conforme esses autores, para a América do Sul, 90% dos pontos analisados apresentaram um erro altimétrico inferior a 9 m.

O MDE ALOS World 3D foi gerado a partir do sensor PRISM (*Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping*) a bordo do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), foi gerado pela *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA). Essa missão teve a duração de 9 anos, iniciando em 2005 e terminando em 2014, sendo seus dados disponibilizados no ano de 2014. Segundo Tadono *et al.* (2014), esse modelo possui resolução espacial de 30 metros e acurácia vertical de 5 metros. Segundo os mesmos autores o PRISM era um sensor óptico com três radiômetros, tendo, um deles a visada nadir, outro para frente (*forward*) e outro para trás (*backward*).

Outro modelo utilizado no trabalho foi o ASTER GDEM v.2, o modelo foi gerado em cooperação entre a NASA e o Ministério da Economia, Indústria e Trabalho Japonês. O MDE ASTER GDEM v.2 foi lançado em 2011. O radiômetro de emissão e reflexão térmica espacial (ASTER) é um sensor a bordo do satélite Terra que usa câmeras no comprimento infravermelho, tendo duas visadas uma no nadir e a outra *backnadir*. Segundo Tachikawa *et al.* (2011), esse modelo possui resolução espacial de 30 metros e acurácia vertical que varia dependendo da área. Segundo os mesmos autores, esse modelo possui acurácia vertical de 6,1 metros em áreas planas e abertas, já para áreas de relevo irregular e florestadas esse modelo possui acurácia vertical de 15,1 metros.

2.1 Análise dos MDEs

O teste da acurácia vertical dos MDEs para a área da DO Vale dos Vinhedos foi desenvolvido por meio de técnicas estatísticas que permitiram analisar as estatísticas básicas dos MDEs como média e desvio padrão, da mesma forma, foram analisadas as estatísticas das classes dos produtos morfométricos derivados dos MDEs, como a declividade. Também foram analisados os perfis topográficos para comparação entre os modelados da superfície. Cabe destacar que foi utilizado o MDE gerado pelo aerolevanteamento como verdade terrestre.

A correlação entre os modelos foi determinada com base no coeficiente de correlação linear de Pearson. Segundo Feijoo (2010) esse coeficiente é baseado em modelos de regressão linear e busca determinar o nível de associação entre as amostras. Esse coeficiente varia de +1 à -1, sendo +1 a correlação positiva perfeita e -1 a correlação negativa perfeita.

A declividade é uma variável importante para o entendimento da ocupação espacial, bem como dos processos geomorfológicos. Sendo assim, analisaram-se as declividades da área de estudo e se os MDEs produzem informações diferentes em relação à área das classes definidas. Para a divisão da declividade em classes, utilizou-se o sistema adotado pela Embrapa, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Distribuição das classes de declividade conforme a Embrapa.

Declividade	Classe
0 – 3%	Plano
3 – 8%	Suave Ondulado
8 – 20%	Ondulado
20 – 45%	Forte Ondulado
45 – 75%	Montanhoso
> 75%	Escarpado

Para uma melhor análise estatística dos dados de elevação dos MDEs, foi calculado o Erro Médio Quadrático (EMQ), apresentado na Equação 1. Esse teste avalia a qualidade do ajuste de um modelo e ele é obtido por meio da raiz da média da diferença entre o que é testado e o valor real (ou considerado real).

$$EMQ = \sqrt{\frac{\sum(Z_i - Z_t)^2}{n - 1}} \quad (1)$$

Onde:

- Z_i = o valor altimétrico do MDE;
- Z_t = o valor do ponto de controle;
- n = número total de pontos de controle.

Realizou-se uma análise do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) altimétrico dos MDEs. O PEC foi estabelecido pelo Decreto 89.817, de 20 de Julho de 1984, que estabeleceu normas para a produção e representação de dados cartográficos, dividindo os produtos cartográficos em classes A, B ou C, sendo a Classe A um produto de melhor qualidade, a classe B um produto intermediário e Classe C um produto de menor qualidade. Neste trabalho foram avaliados os dados correspondentes à elevação (PEC altimétrico), não considerando o PEC em relação ao erro horizontal (planimétrico).

O PEC foi analisado para as escalas 1:25.000, 1:50.000 e 1:100.000. Convencionalmente costuma-se apresentar curvas de nível com equidistância de 10 m para a escalas 1:25.000, de 20 m para escala 1:50.000 e de 50 m para escala 1:100.000, conforme trabalhos realizados por Santos *et al.* (2010), Dias *et al.* (2011) e Souza (2015).

Segundo o Decreto 89.817 de 20 de Julho de 1984, a tolerância vertical e o erro médio quadrático (EMQ) respeitam a equidistância entre as curvas de nível. A tolerância vertical para a Classe A deve ser de 1/2 da equidistância entre as curvas de nível; já o EMQ deve ser 1/3 da equidistância entre as curvas de nível. Para a classe B, a tolerância vertical deve respeitar 3/5

da equidistância entre as curvas de nível e o EMQ de $\frac{2}{5}$ da equidistância entre as mesmas. Para a classe C, a tolerância vertical deve respeitar $\frac{3}{4}$ da equidistância entre as curvas de nível e o EMQ de $\frac{1}{2}$ da equidistância entre estas. Para a obtenção da tolerância vertical foram analisados 1312 pontos dos MDEs; já para a análise do EMQ foram utilizados todos os pixels dos modelos. Na Tabela 2, pode-se observar os limites de tolerância vertical e EMQ para as escalas analisadas.

Tabela 2: Limites de tolerância vertical e erro médio quadrático para as escalas analisadas.

	Tolerância Vertical (metros)	Erro Médio Quadrático (metros)
Classe A de 1:25.000	5,0	3,3
Classe B de 1:25.000	6,0	4,0
Classe C de 1:25.000	7,5	5,0
Classe A de 1:50.000	10,0	6,0
Classe B de 1:50.000	12,0	8,0
Classe C de 1:50.000	15,0	10,0
Classe A de 1:100.000	25,0	16,6
Classe B de 1:100.000	30,0	20,0
Classe C de 1:100.000	36,6	25,0

Fonte: Souza, 2015.

Por fim, foi realizada uma comparação entre os perfis topográficos de cada MDE. Isso foi realizado para demonstrar qual representa de maneira eficaz a morfologia da região, tendo como base o perfil topográfico do MDE gerado a partir dos dados do aerolevantamento. Foram gerados dois segmentos (A-B) e (C-D), com extensão de 2.500 metros. Os mesmos têm sentido oeste/leste e rumo nordeste, sendo o valor da elevação coletado a cada 30 metros.

3. RESULTADO E DISCUSSÕES

Analisando os dados estatísticos dos MDEs (Tabela 3), observou-se que as médias dos MDEs ficaram próximas, sendo as médias dos MDEs SRTM v.3 e ASTER GDEM v.2 as que apresentaram maior proximidade com a média do MDE gerado dos dados fotogramétricos. Com relação aos dados de elevação, observou-se que o MDE SRTM v.3 registrou a elevação máxima mais aproximada do MDE fotogramétrico, com uma diferença de 9 m. O MDE que apresentou maior diferença em relação à elevação máxima foi o ASTER GDEM v.2, com 17 m em relação ao MDE utilizado como verdade terrestre. Com relação à elevação mínima, o MDE que apresentou os resultados mais próximos aos valores do MDE fotogramétrico foi o Alos World 3D, já os modelos SRTM v.3 e ASTER GDEM v.2

apresentaram, entre eles, a mesma elevação.

Na análise dos dados de declividade dos MDEs, ressalta-se a importância em se observar o erro inerente a cada modelo utilizado. Desta forma, ao utilizar esses dados é relevante considerar que a análise dos produtos inicia com um erro intrínseco, referente a cada modelo. Analisando os dados de declividade (Tabela 4) dos MDEs para a área da DO Vale dos Vinhedos, concluiu-se que o MDE Alos World 3D foi o modelo que teve a maior aproximação da declividade máxima obtida pelo MDE gerado pelo aerolevantamento. Com relação à declividade mínima, todos os três modelos apresentaram a mesma resposta, sendo essa muito próxima do MDE utilizado como verdade do terreno.

A divisão da declividade em classes permitiu identificar as diferenças entre os MDEs em relação à área ocupada por essa variável (Tabela 3). Com relação à classificação de relevo Plano, percebe-se que os MDEs obtiveram respostas semelhantes em relação à área de estudo. Porém quando analisa-se a área em hectares percebe-se uma diferença considerável entre o MDE gerado pelo aerolevantamento e o MDE ASTER GDEM v.2. O MDE Alos World 3D teve maior similaridade com o modelo utilizado como verdade do terreno.

A classificação Suave Ondulado representou cerca de 1000 ha da área de estudo (Tabela 3), sendo o MDE SRTM v.3 o que obteve resultado mais aproximado do MDE gerado pelo aerolevantamento. O relevo Ondulado representa 43% da área de estudo e novamente os dados gerados pelo MDE SRTM v.3 foram os que obtiveram resultado mais aproximado do MDE utilizado como verdade do terreno. O relevo Forte Ondulado é a segunda classe mais representativa, com 37% da região da denominação de origem Vale dos Vinhedos, sendo os dados de declividade a partir do MDE ALOS World 3D o os que obtiveram maior similaridade.

O relevo escarpado possui a menor representatividade na área de estudo, ocupando em torno de 4 ha. Para esta classe, o modelo SRTM v.3 foi o que obteve maior proximidade em relação aos dados de declividade gerados pelo MDE fotogramétrico. Os resultados possibilitaram identificar que os MDEs ALOS World 3D e ASTER GDEM v.2 registraram para esta classe maior representatividade, ultrapassando 10 ha.

Desta forma, percebe-se que as declividades de maior representatividade são as situadas entre 8% e 45%, englobando as classes de relevo Ondulado e Forte Ondulado respectivamente. Essas duas classes representam 80% da região da DO Vale dos Vinhedos. Cabe destacar que essa representatividade foi evidenciada pelos dados de declividades gerados para todos os MDEs avaliados. Na Figura 3 observa-se a distribuição espacial da declividade da área de estudo, derivada do MDE fotogramétrico.

Tabela 3: Dados estatísticos referentes à elevação dos MDEs analisados.

Estatísticas	Aerolevantamento	World 3D	SRTM v.3	ASTER GDEM v.2
Elevação máxima (m)	722	735	731	739
Elevação mínima (m)	377	388	393	393
Elevação média (m)	570	576	575	575
Desvio padrão (m)	65	64	64	64

Tabela 4: Dados estatísticos referentes à declividade dos MDEs analisados.

Estatísticas	Aerolevantamento	World 3D	SRTM v.3	ASTER GDEM v.2
Declividade máxima (%)	97,17	101,45	88,95	119,49
Declividade mínima (%)	0,031	0	0	0
Declividade média (%)	18,54	20,55	18,44	19,87
Desvio padrão (%)	11,32	13,64	11,31	12,34

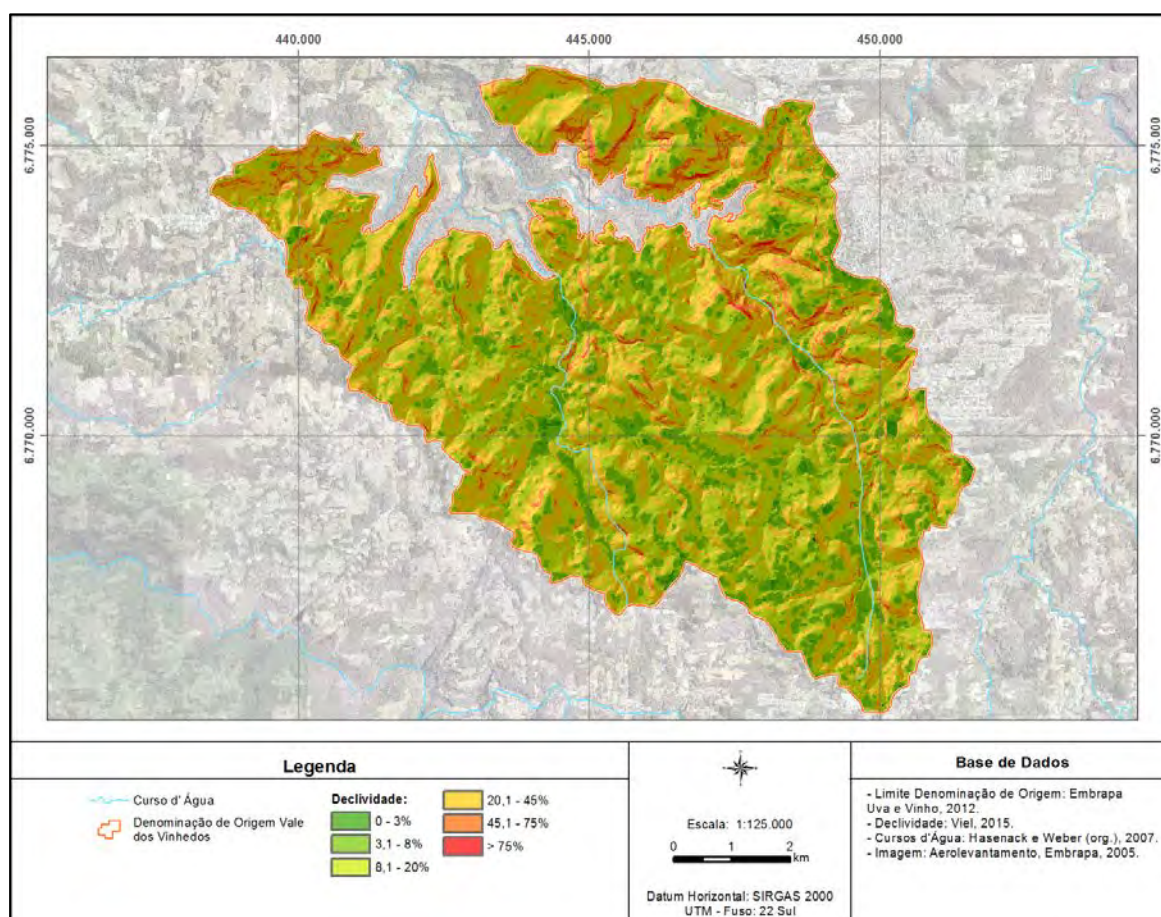


Fig. 3: Distribuição espacial da declividade na área de estudo.

Tabela 5: Distribuição da declividade em relação à área de estudo para cada MDE analisado.

Classes	Aerolevantamento		World 3D		SRTM v.3		ASTER GDEM v.2	
	Área (ha)	*	Área (ha)	*	Área (ha)	*	Área (ha)	*
0 – 3% (Plano)	225,81	3	221,13	3	240,75	3	173,34	2
3 – 8 (Suave Ondulado)	1059,30	14	981,45	14	1030,14	14	908,37	13
8 - 20% (Ondulado)	3159,81	43	2853,00	39	3162,33	44	3016,08	42
20 - 45% (Forte Ondulado)	2736,09	37	2743,38	38	2645,10	36	2844,81	39
45 – 75% (Montanhoso)	184,23	2,9	433,08	5,8	183,42	2,96	291,87	3,8
> 75% (Escarpado)	3,96	0,1	15,39	0,2	2,61	0,04	11,79	0,2

* Porcentagem em relação à área de estudo.

A análise estatística permitiu identificar uma forte correlação entre os valores dos MDEs testados com os do MDE fotogramétrico.

A correlação entre o MDE fotogramétrico e o Alos World 3D pode ser observada na Figura 4. No gráfico é possível observar que existe uma forte correlação positiva entre esses dois MDEs. Quando se analisada a elevação média, percebe-se uma diferença de 6 m entre os mesmos. O coeficiente de correlação desses modelos teve valor de $r = 0,994$, indicando uma alta correlação linear entre esses MDEs.

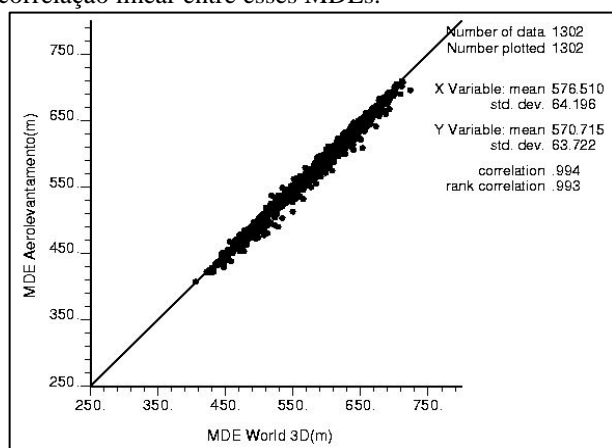


Fig. 4: Correlação entre o MDE fotogramétrico e o MDE do Alos World 3D.

O MDE SRTM v.3 apresentou forte correlação com o modelo utilizado como verdade do terreno (Figura 5). O coeficiente de correlação apresentou valor de $r = 0,995$, indicando assim uma alta correlação positiva entre esses dados. Analisando a média da elevação, observou-se uma diferença de 5 m entre os modelos.

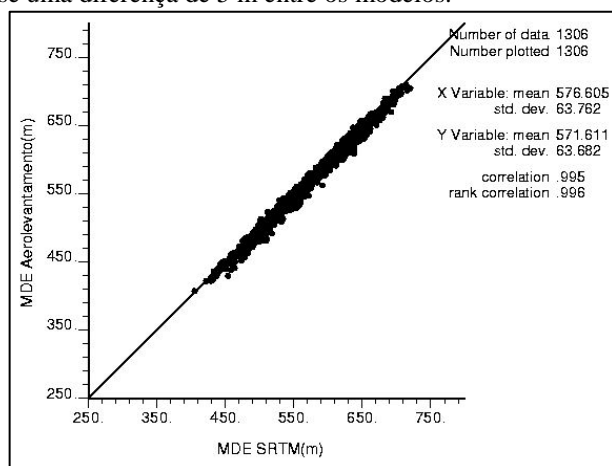


Fig. 5: Correlação entre o MDE gerado pelo aerolevante e o MDE SRTM v.3.

A Figura 6 apresenta a correlação entre o MDEs ASTER GDEM v.2 e o gerado pelo aerolevante. A análise da correlação permite determinar uma forte correlação positiva entre esses dois MDEs. O valor do coeficiente de correlação obtido foi $r = 0,994$, que indica uma forte correlação positiva. Os valores das médias da elevação apresentaram uma diferença de 5 m entre esses modelos.

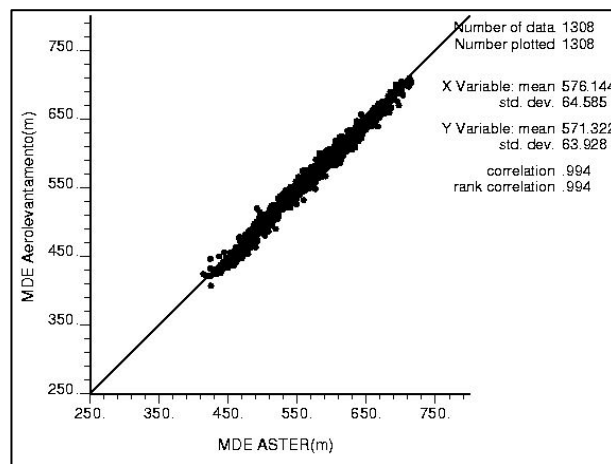


Fig. 6: Correlação entre o MDE gerado pelo aerolevante e o MDE ASTER GDEM v.2.

Com a análise da correlação, observou-se que todos os MDEs testados apresentaram uma alta correlação com o MDE fotogramétrico, sendo que o melhor resultado foi obtido para o MDE SRTM v.3. Os resultados vão ao encontro de *Morais et al. (2017)*. Assim como *Morais* ressalta que a acurácia altimétrica depende do método de obtenção. O ASTER GDEM v.2 e Alos World 3D são obtidos por estereoscopia de imagens ópticas, enquanto que o SRTM v.3 é gerado por interferometria de imagens de radar da banda C.

A baixa acurácia da elevação do ASTER GDEM v.2 e do Alos World 3D pode estar relacionada com a presença de nuvens, sobra, corpos da água, assim como afirmam *Lang e Welch (1999)*.

3.1 Análise do Padrão de Exatidão Cartográfica

O PEC permite classificar os produtos cartográficos conforme sua precisão. Na Tabela 6 estão descritas as análises estatísticas realizadas com os MDEs testados, para a classificação do PEC (altimétrico) de cada um destes dados.

Na região da DO Vale dos Vinhedos todos os modelos se enquadraram no PEC (altimétrico) classe A na escala de 1:100.000, tanto na tolerância vertical, quanto no EMQ. Observando a tolerância vertical e o EMQ, observamos que todos os modelos se enquadraram na classe C para a escala 1:50.000. Os modelos não se enquadram nas classes A e B na escala 1:50.000 e nas classes A, B e C da escala 1:25.000. Por meio das análises realizadas constatou-se que o MDE SRTM foi o que obteve melhor resultado em relação ao PEC altimétrico.

3.1 Análise dos perfis topográficos gerados a partir dos MDEs

A análise dos perfis topográficos permitiu avaliar a morfologia apresentada pelos MDEs estudados. No segmento A/B (Figura 7) o perfil que apresentou maior semelhança morfológica com o MDE gerado pelo aerolevante foi o SRTM v.3. Por outro lado, o MDE que apresentou menor semelhança com o modelo

fotogramétrico foi o ALOS World 3D, seguido pelo ASTER GDEM v2.

Tabela 6: Análises estatísticas para o enquadramento do Padrão de Exatidão Cartográfica (altimétrico).

MDE World 3D			
Escala	Classe	Tolerância Vertical (nº de pontos)	Erro Médio Quadrático
1:25.000	A	53% apresentaram elevação \leq 5 metros	9,18 metros
	B	59% apresentaram elevação \leq 6 metros	
	C	67% apresentaram elevação \leq 7,5 metros	
1:50.000	A	77% apresentaram elevação \leq 10 metros	
	B	83% apresentaram elevação \leq 12 metros	
	C	90% apresentaram elevação \leq 15 metros	
1:100.000	A	98% apresentaram elevação \leq 25 metros	
	B	99% apresentaram elevação \leq 30 metros	
	C	100% apresentaram elevação \leq 36,6 metros	
MDE SRTM v.3			
Escala	Classe	Tolerância Vertical (nº de pontos)	Erro Médio Quadrático
1:25.000	A	57% apresentaram elevação \leq 5 metros	8,47 metros
	B	62% apresentaram elevação \leq 6 metros	
	C	71% apresentaram elevação \leq 7,5 metros	
1:50.000	A	82% apresentaram elevação \leq 10 metros	
	B	88% apresentaram elevação \leq 12 metros	
	C	93% apresentaram elevação \leq 15 metros	
1:100.000	A	99% apresentaram elevação \leq 25 metros	
	B	100% apresentaram elevação \leq 30 metros	
	C	100% apresentaram elevação \leq 36,6 metros	
MDE ASTER GDEM v.2			
Escala	Classe	Tolerância Vertical (nº de pontos)	Erro Médio Quadrático
1:25.000	A	53% apresentaram elevação \leq 5 metros	8,35 metros
	B	59% apresentaram elevação \leq 6 metros	
	C	67% apresentaram elevação \leq 7,5 metros	
1:50.000	A	79% apresentaram elevação \leq 10 metros	
	B	86% apresentaram elevação \leq 12 metros	
	C	93% apresentaram elevação \leq 15 metros	
1:100.000	A	99% apresentaram elevação \leq 25 metros	
	B	100% apresentaram elevação \leq 30 metros	
	C	100% apresentaram elevação \leq 36,6 metros	

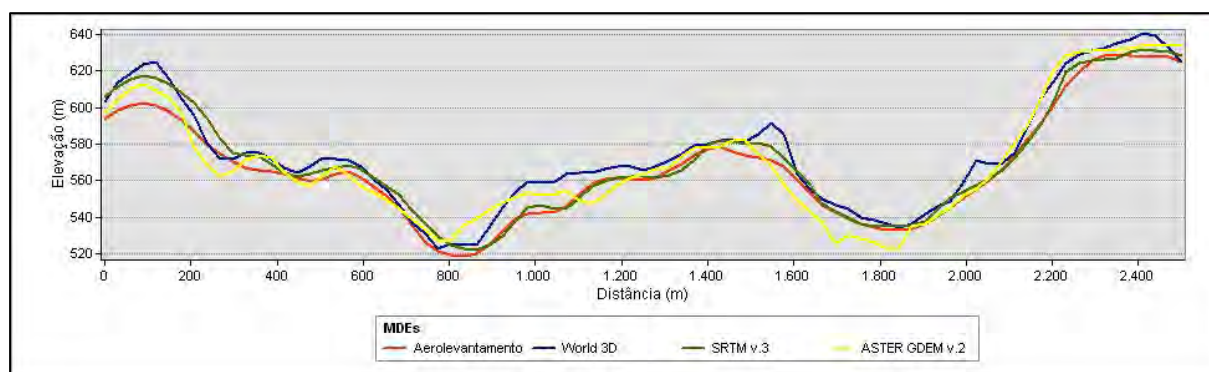


Fig. 7: Segmentos A/B dos perfis topográficos gerados a partir dos MDEs para a região da DO Vale dos Vinhedos.

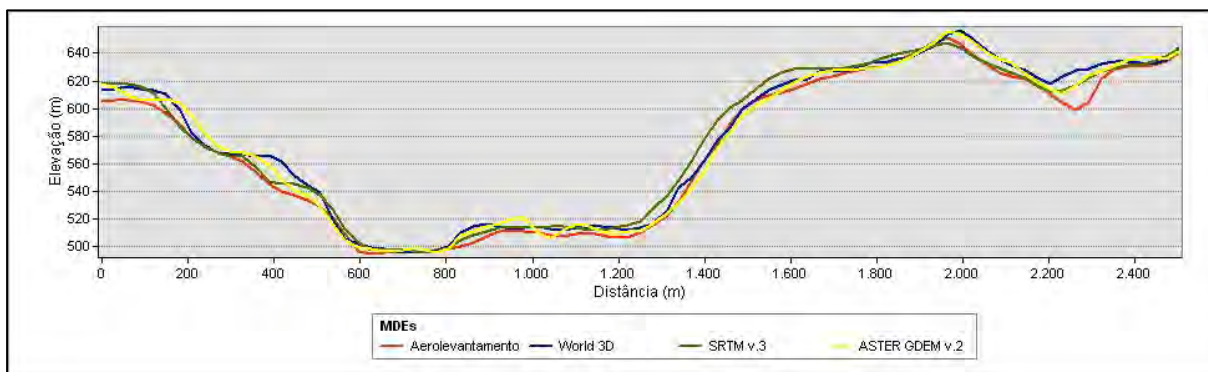


Fig. 8: Segmentos C/D dos perfis topográficos gerados a partir dos MDEs para a região da DO Vale dos Vinhedos.

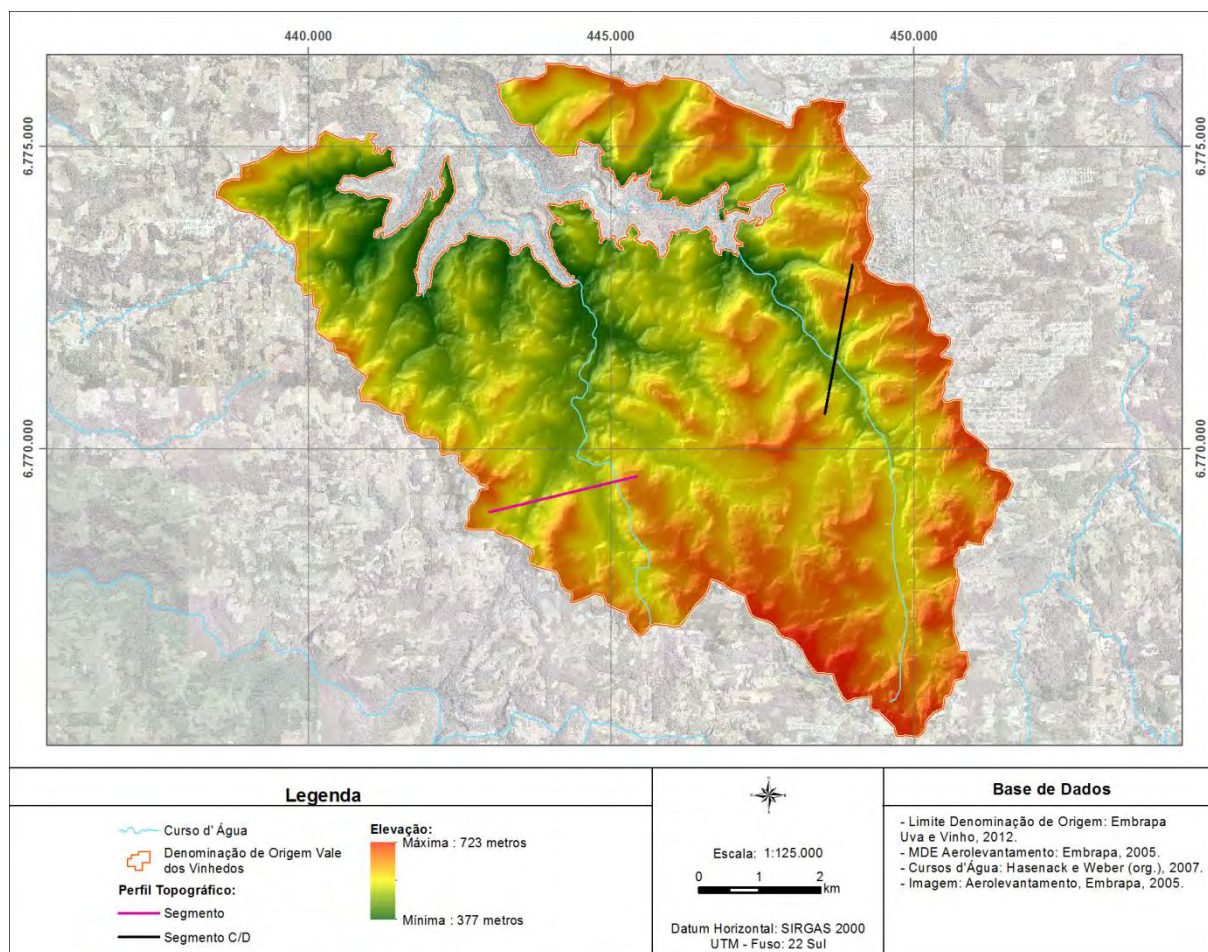


Fig. 9: Localização dos segmentos utilizados para gerar os perfis topográficos.

No segmento C/D (Figura 8), o MDE SRTM v.3 foi o que apresentou maior semelhança com o MDE gerado pelo aerolevamento, porém o modelo ASTER GDEM v.2 apresenta, da mesma forma, uma boa relação com o modelo gerado pelo aerolevamento. Análises geomorfológicas, como entalhamento dos vales para verificação de rugosidade, podem ser influenciadas por estas diferenças de representação dos perfis topográficos.

Analisando os dois perfis, percebe-se que as principais diferenças entre os MDEs ocorreram nas regiões de fundo de vale. O modelo ALOS World 3D não apresentou boa relação morfológica nos dois perfis topográficos. Na Figura 9, pode-se observar a localização dos segmentos utilizados para gerar os

perfis topográficos.

4. CONCLUSÕES

As análises estatísticas permitiram avaliar quantitativamente os MDEs ALOS World 3D, SRTM v.3 e ASTER GDEM v.2. Esses modelos são utilizados para a realização de diversos estudos, tendo como ponto principal a sua gratuidade e a cobertura quase total da superfície terrestre.

Estatisticamente, o MDE que apresentou maior proximidade com o modelado da superfície terrestre foi o SRTM v.3, pois elevações médias foram próximas às do MDE fotogramétrico. Na análise de correlação linear de Pearson esse modelo foi o que apresentou melhor

resultado. Além disso, os dados de declividade derivados do MDE SRTM v.3 tiveram maior similaridade com os derivados do MDE fotogramétrico.

Quando analisado o PEC altimétrico, concluiu-se que todos os modelos podem ser utilizados para a escala 1:100.000, pois os mesmos enquadram-se nas classes A, B e C. Para a escala 1:50.000 os modelos enquadram-se somente na classe C, enquanto que nenhum destes sequer chegou a essa classe na escala 1:25.000. Portanto, para a região da DO Vale dos Vinhedos recomenda-se não utilizar os MDEs analisados para estudos que necessitem escalas maiores do que 1:50.000. Cabe salientar que o Decreto Federal 89.817 de 20 de julho de 1984 está defasado com relação a dados digitais.

Os perfis topográficos permitiram avaliar qualitativamente os MDEs Alos World 3D, SRTM v.3 e ASTER GDEM v.2. Nesta análise mais uma vez o MDE SRTM v.3 apresentou maior relação com o MDE fotogramétrico. Os resultados podem estar relacionados ao método de aquisição dos MDEs analisados.

Por fim, cabe destacar que os modelos analisados apresentaram dados relativamente próximos, tanto estatisticamente, quanto morfologicamente. Sendo assim, esses modelos podem ser utilizados para diversos estudos, devendo-se considerar o objetivo do estudo e a precisão desejada, considerando a escala de análise e de apresentação desses dados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, Embrapa Uva e Vinho e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Decreto nº 89.817. **Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Brasília, 1984. Disponível em: > http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm<. Acesso em: 25 jun. 2017.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2008. **Mapa Geológico do Rio Grande do Sul**: escala 1:750.000. Disponível em: >http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_rio_grande_sul.pdf<. Acesso em: 19 ago. 2017.
- DIAS, F. de M.; MICELI, B. S.; SEABRA, F. M.; SANTOS, P. R. A. dos; FERNANDES, M. do C. Avaliação Vertical de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) em Diferentes Configurações Topográficas para Médias e Pequenas Escalas. (INPE, Ed.) In: 2008, Curitiba, PR, Brasil. **Anais...** Curitiba, PR, Brasil: 2011.
- FALCADE, I. **A Paisagem Como Representação Espacial: A Paisagem Vitícola Como Símbolo Das Indicações De Procedência De Vinhos Das Regiões Vale Dos Vinhedos, Pinto Bandeira E Monte Belo (Brasil)**. 2011. UFRGS, 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/36052>>. Acesso em: 15 abr. 2017.
- FEIJOO, A. M. L. C. de. Correlação. In: **A pesquisa e a Revista Brasileira de Cartografia N° XX/YY**
- estatística na psicologia e na educação**. Rio de Janeiro: Centro edelstein de Pesquisa Sociais, 2010. p. 70–77.
- GAIDA, W.; BREUNIG, F. M.; GALVAO, L. S.; TELES, T. S.; BALBINOT, R. Variações da reflectância e dos índices de vegetação em função dos parâmetros da modelagem topográfica no Parque Estadual do Turvo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM**, v. x, n. x, p. 1–19, 2016. Disponível em: <<http://www.revistas.unam.mx/index.php/rig/article/view/52159>>. Acesso em: 13 jun. 2017.
- LANG, H. R.; WELCH, R. **Aster Digital Elevation Models - Algorithm Theoretical Basis Document**. 1999. Disponível em: ><https://eosps.nasa.gov/sites/default/files/atbd/atbd-ast-14.pdf><. Acesso em: 19 Set. 2016.
- HOFF, R.; DUCATI, J. R.; FARIAS, A. R.; DALCIN, M. **Geologia, geomorfologia, sensoriamento remoto e sig como suporte à caracterização da indicação geográfica Campanha para vinhos de qualidade, RS, Brasil**. n. 2003, p. 175–178, 2015.
- MAUNE, D. F.; KOPP, S. M.; CRAWFORD, C. A.; ZERVAS, C. E. **Introduction: Digital Elevation Models, Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual**. 2. ed. Maryland: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2007.
- MORAIS, J. D.; FARIA, T. S.; ELMIRO, M. A. T.; NERO, M. A.; SILVA, A. de A.; NOBREGA, R. A. de A. &. Altimetry assessment of aster GDEM v.2 and SRTM v.3 digital elevation models: a case study in urban area of Belo Horizonte, MG, Brazil. **Boletim de Ciências Geodésicas**, 23(4), 654-668, 2017.
- ROBAINA, L. E. de S.; TRENTIN, R.; BAZZAN, T.; RECKZIEGEL, E. W.; VERDUM, R. Compartimentação Geomorfológica Da Bacia Hidrográfica Do Ibicuí, Rio Grande Do Sul, Brasil: Proposta De Classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 2, p. 11–23, 2010.
- RODRIGUEZ, E.; MORRIS, C. S.; BELZ, J. E.; CHAPIN, E. ; MARTIN, J. ; HENSLEY, S. An assessment of the SRTM topographic products. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 72, n. 3, p. 249–260, 2006.
- SANTOS, S. D. R.; HUINCA, S. C. M.; MELO, L. F. D. S.; SILVA, M. T. Q. S. DA; DELAZA, L. S. Considerações sobre a utilização do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) nos dias atuais. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, n. 2001, p. 1–5, 2010. Disponível em: <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/CartografiaeSIG/Cartografia/A_259.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2017.
- SOUZA, J. O. P. de. Análise da Precisão Altimétrica dos Modelos Digitais de Elevação para Área Semiárida do Nordeste Brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia -USP**, v. 30, n. 2015, p. 56–64, 2015.
- STEINKE, V. A.; SANO, E. E. Semi-Automatic Identification , Gis-Based Morphometry of Geomorphic

Features of Federal District of Brazil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, p. 3–9, 2011.

TACHIKAWA, T.; KAKU, M.; IWASAKI, A.; GESCH, D.; OIMOEN, M.; ZHANG, Z.; DANIELSON, J.; KRIEGER, T.; CURTIS, B.; HAASE, J.; ABRAMS, M.; CRIPPEN, R.; CARABAJAL, C. ASTER Global Digital Elevation Model Version 2 – Summary of Validation Results. **Japan Space Systems**, p. 27, 2011. Disponível em: <http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/ver2Validation/Summary_GDEM2_validation_report_final.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2017.

TADONO, T.; ISHIDA, H.; ODA, F.; NAITO, S.; MINAKAWA, K.; IWAMOTO, H. Precise Global

DEM Generation by ALOS PRISM. **ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. II-4, n. May, p. 71–76, 2014. Disponível em: <<http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-4/71/2014/>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

TONIETTO, J.; ZANUS, M. C.; FALCADE, I.; GUERRA, C. C. **O Regulamento de Uso da Denominação de Origem Vale dos Vinhedos Vinhos Finos Tranquilos e Espumantes**. Bento Gonçalves, 2012.[s.l.: s.n.].

VALERIANO, M. D. M. Topodata : Guia Para Utilização De Dados. **INPE**, v. 8, p. 73, 2008.

2.3 Mapeamento geomorfológico e do uso e cobertura da terra através de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

Submission Confirmation

 Print

Thank you for your submission

Submitted to
Pesquisa Agropecuária Brasileira

Manuscript ID
PAB-0537

Title
Geomorphological mapping and land use and land cover through Remote Sensing and Geoprocessing

Date Submitted
12-Feb-2018

[Author Dashboard](#)

© Clarivate Analytics | © ScholarOne, Inc., 2018. All Rights Reserved.

ScholarOne Manuscripts and ScholarOne are registered trademarks of ScholarOne, Inc.

ScholarOne Manuscripts Patents #7,257,767 and #7,263,655.

 [@ScholarOneNews](#) |  [System Requirements](#) |  [Privacy Statement](#) |  [Terms of Use](#)

Geomorphological mapping and land use and land cover by Remote Sensing and Geoprocessing

Abstract – The objective of this study was to investigate the land use and land cover patterns in the region Vale dos Vinhedos designation of origin and to relate them to the geomorphological mapping aiming to contribute to the implementation, monitoring and management of the areas intended to Geographical Indications for quality wines. For this purpose, the geomorphology and the classes of land cover and land use were mapped. Both mappings were carried out using Remote Sensing and Geoprocessing techniques. The shape pattern similar to high Hills is the most representative in the study area, occupying 77.13%. In the mapping of land use and land cover the most representative class is Forests (native or not), occupying 36% of the study area. The intersection between of the geomorphological mapping with land use and land cover patterns resulted in the identification of 35 classes. The land use and land cover map, integrated with the geomorphological mapping, for the study area, shows the relationship between them and allows to relate their uses with the balance of morphogenetic and morphodynamic processes, providing a better understanding of the dynamics of occupation and evolution of the space.

Index terms: geographical indications, sustainable production, vineyards, space occupation.

Mapeamento geomorfológico e do uso e cobertura da terra através de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

Resumo – O presente trabalho objetivou investigar os padrões de uso e cobertura da terra da região da denominação de origem Vale dos Vinhedos e relaciona-los com o mapeamento geomorfológico visando contribuir para a implantação, monitoramento e gestão das áreas destinadas às Indicações Geográficas para vinhos de qualidade. Para tal, mapearam-se a geomorfologia e as classes de cobertura e uso da terra. Ambos os mapeamentos foram realizados utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. O Padrão em forma semelhante de Morros possui a maior representatividade na área de estudo, ocupando 77,13%. No mapeamento de uso e cobertura da terra, a classe com maior representatividade é a de Florestas (nativas ou não), ocupando 36% da área de estudo. O cruzamento do mapeamento geomorfológico com os padrões de uso e cobertura da terra resultou na identificação de 35 classes. O mapeamento do uso e cobertura da terra, integrado ao mapeamento geomorfológico, para a área de estudo, mostra a relação existentes entre estes e permite relacionar os usos com o equilíbrio dos processos morfogenéticos e morfodinâmicos, proporcionando maior entendimento da dinâmica de ocupação e evolução do espaço.

Termos para a indexação: indicações geográficas, produção sustentável, vinhedos, ocupação do espaço.

Introduction

The understanding of space occupation involves the comprehension of the physical and social variables that occur in a given area. In this way, geomorphology, integrated with the land use and land cover patterns, provides a better understanding of the dynamics of occupation and evolution of the geographical space. It should be noted that the tool

41 framework provided by geotechnologies enables the mapping to be more accurate and
42 quicker, reducing the operational cost of projects.

43 Geomorphological studies and land use and land cover mapping are continually
44 improved by several experts worldwide, a fact that received contribution from the
45 development of geotechnologies such as Remote Sensing and Geographical Information
46 System (GIS). The development of analysis tools in addition to the improvement of the
47 techniques and representation tools of the phenomena enable the representation of the genesis
48 of landforms, and also, the dynamics of space occupation and its relations with the structure
49 and processes (ROBAINA et al., 2010).

50 Digital Elevation Models (DEMs) enable the definition of morphometric parameters of
51 the relief, in this way reducing the subjectivity of the geomorphological mappings. Therefore,
52 "the technological advances of new remote sensors, [...] allow geomorphologists to map,
53 measure and study a variety of geomorphological phenomena more quickly and accurately."
54 (FLORENZANO, P. 2008, 33-34). Thus, Tinós (2016, p. 67) points out that "the most recent
55 studies of geomorphological cartography have included the digital analysis of the relief based
56 on DEMs and the automation of the classification process of relief forms.

57 Automated geomorphological mappings are produced as an attempt to reduce their
58 subjectivity. Tinós (2016, p. 67) states that the precision of the delimitation of relief units
59 depends greatly on the experience of the photo interpreter, showing a high degree of
60 subjectivity in the mappings. A study carried out by Van Westen (1993) pointed out that in a
61 geomorphological mapping performed by volunteer interpreters through photointerpretation,
62 only 10% of the area was classified as being the same geomorphological unit by the photo
63 interpreters.

64 This work intends to investigate the land use and land cover patterns of the Vale dos
65 Vinhedos DO region for quality wines and relate them to the geomorphological mapping in

66 order to contribute to the implementation, monitoring and management of areas destined to
67 Geographical Indications (GIs) for quality wines.

68 **Materials and Methods**

69 The Vale dos Vinhedos DO region for quality wines is located in the northeastern
70 portion of Rio Grande do Sul State, covering a part of the municipalities of Bento Gonçalves,
71 Garibaldi and Monte Belo do Sul (Figure 1). The geographical area of the DO for quality
72 wines totals 72.45 km² (TONIETTO et al., 2013)

73 The wine industry based in this region, known as "Serra Gaúcha" and colonized in the
74 late nineteenth century, mainly by Italian immigrants, is an important source of income.
75 Ecotourism and wine tourism are on the rise. According to Falcade (2011, pp. 25-26) "in the
76 northeast of Rio Grande do Sul, in the region of Serra Gaúcha, was where the grape and wine
77 production had its highest growth, with economic importance for thousands of producers."

78 The study area is in the Taquari-Antas Hydrographic Basin, which is located in the
79 Atlantic Forest Biome, with fragments of preserved vegetation due to a descending slope in
80 some areas, making agricultural practices impossible. The vegetation cover on the hillsides
81 consists of Deciduous Seasonal Forest and the tops of the hills are covered with Mixed
82 Ombrophilous Forest. The region has Cfb climate according to Koppen classification. Based
83 on data from the meteorological station located at Embrapa Uva e Vinho, the climate normals
84 in the municipality of Bento Gonçalves show average annual temperature of 17.8 °C and
85 average annual rainfall of 1889 mm.

86 The geology of the study area is part of the São Bento Group, Serra Geral formation,
87 and its highest altitudes have acid rocks such as Riodacitos and Riolitos and in the lowest
88 altitudes basic rocks such as Basalt are found. Serra Geral is formed by a succession of
89 fissural spills that occurred during the Lower Cretaceous period of the Mesozoic era (248.2 to
90 65 million years ago). The study area has the Paraná Sedimentary Basin as the

91 morphostructure and the Southern Plateau as the morphosculture (SUERTEGARAY &
92 FUJIMOTO, 2004). The hydrography flows into V-shaped valleys over failures. The
93 landform consists of V- shaped valleys and corrugated tops, presenting diverse topography
94 with relative altimetric gradient varying from 376 to 724 meters. The lithologies more
95 resistant to the dissecting processes work as water dividers.

96 The steps developed for the progress of the work included: a) identification of land use
97 and land cover patterns, b) geomorphological mapping, and c) intersection between
98 geomorphological map with land use and land cover maps. The data collected had the system
99 of coordinate systems and references standardized, and the SIRGAS 2000 reference system
100 was chosen as it is the official reference system in Brazil and the Universal Transverse
101 Mercator plane coordinate system (UTM).

102 This work was carried out using a DEM with spatial resolution of 5 meters and
103 vertical accuracy of 50 centimeters. The DEM was generated from the interpolation of the
104 contour lines, made available by Embrapa Uva e Vinho, through an Irregular Triangular
105 Network (TIN). The final result of the interpolation was converted into a matrix format, thus
106 generating a DEM the same spatial resolution of the original data.

107 The generation of the land cover and land use map was based on an image from the
108 multispectral instrument (MSI) - Sentinel-2A satellite, acquire on July 27, 2017. The MSI has
109 13 spectral bands, and this work used three bands in the visible region (Blue 490 nm - Green
110 560 nm and Red 665 nm) and one band of the infrared region (NIR 842 nm), with spatial
111 resolution of 10 meters. The radiometric resolution is 12 bits. It was obtained free of charge
112 from the Earth Explorer site, which had already been orthorectified (MSI level 1-C).
113 Georeferenced polygons of the vineyards (MELLO et al., 2017) were also used, with data
114 generated by Vineyard Register and supplied by Embrapa Uva e Vinho with the information
115 of the vineyards. The soil mapping generated by Flores et al. (2012) was used to obtain the

116 soil data, where the authors performed a detailed soil scale mapping of 1:10,000 for the Vale
117 dos Vinhedos DO region.

118 The SPRING software version 5.5.1 (CÂMARA et al., 1996) was used for mapping
119 the land cover and the land use. This program was made available free of charge by the
120 National Institute for Space Research (INPE). The object-oriented classification was chosen
121 not only because of the spectral response of the targets but also because it uses the object
122 shape pattern.

123 The algorithm for regions growth was used as a segmenter in the SPRING software.
124 This algorithm groups adjacent regions by means of a similarity threshold and an area
125 threshold, applying hypothesis tests using the average as a parameter (CÂMARA et al.,
126 1996). Based on studies such as Dalla Corte et al. (2008) and Oliveira and Mataveli (2013), in
127 addition to tests carried out in the study area, the value of 30 was defined for the similarity
128 threshold and 50 for the area threshold.

129 The mapping of land cover and land use was divided into 6 classes: a) Espalier
130 Vineyards, b) Trellis Vineyards, c) Water bodies, d) Agricultural land e) Urban or built-up
131 land, f) Forests (native or not), g) Exposed soil. The composition of bands 4 (red), 8 (infrared)
132 and 3 (green) was used to classify the image. This composition allowed a better identification
133 of the targets present in the study area. The Battacharya classifier was used for the
134 classification, also available in the SPRING software.

135 For the Trellis Vineyard and Espalier Vineyard classes, a mask with the polygons of
136 the georeferenced vineyards was created. The mask enabled to exclude them from the
137 classification process avoiding errors in land use and land cover mapping.

138 The mapping of the pattern with similar relief shape followed the methodology
139 proposed by Hammond (1954, 1964) and improved by Dikau et al. (1991), Morgan & Lesh
140 (2005), Tinós et al. (2014) and Tinós (2016). The methodology developed by Hammond

141 (1954, 1964) seeks to reduce the subjectivity of the geomorphological mappings by means of
142 parameters that can be quantified and measured. It is based on three central pillars that are the
143 slope, range and profile of the relief. The methodology is based on moving windows and their
144 size depends on the spatial resolution of the DEM and the scale of the study

145 A tool developed and made available by Tinós et al. (2014) and Tinós (2016) was used
146 for the geomorphological mapping. This tool, developed by the above-mentioned author to be
147 used in ArcGis software, combines the following tools: Slope, Reclassify, Focal Statistic,
148 Raster Calculator, Majority Filter, Region Group, Nibble and Raster to Polygon in the
149 Modelbuilder interface.

150 Several moving windows were tested, and a 150X150 pixels moving window showed
151 the best result. The tool uses the DEM chosen to develop the work as input data, the slope in
152 percentage is generated from the model, after that the slope is divided into two classes: the
153 first class <8% and the second class> 8%. Then, using the moving window, the amount of
154 gentle slope, i.e. less than 8% in its surroundings, is calculated for each pixel. Next, the gentle
155 slope map is reclassified into four classes (Table 1).

156 The local relief range is obtained by calculating the maximum and minimum
157 elevation for each pixel, based on the moving window. After that, the minimum is subtracted
158 from the maximum and the result is re-classified into six classes (Table 2).

159 The relief profile is calculated based on the high and low terrains. According to
160 Hammond (1954), high terrains are defined as areas where the maximum elevation within the
161 moving window, minus the elevation of the central point of the window is smaller than half of
162 the amplitude. According to the same author, low terrains are defined as areas where the
163 maximum elevation within the window, minus the elevation of the central point of the
164 window is greater than half the amplitude. After that, the percentage of gentle slope is

165 calculated, that is, less than 8% for low and high terrains. In Table 3, we can observe the
166 distribution of the relief profile classes determined by Hammond.

167 The sum of the variables slope, local relief amplitude and relief profile results in the
168 identification of relief classes. Finally, the features identified in only three categories were
169 listed: High hill, Hills and Flat terrains.

170 The analysis of the slope shape was carried out using computational techniques
171 implemented in the ArcGis software based on methodologies created by Moore et al. (1991)
172 and Zevenbergen & Thorne (1987). The methodologies created by the aforementioned authors
173 enable the analysis of the vertical curvature and the horizontal curvature of the slopes by
174 means of a DEM.

175 The processing is performed through a 3x3 moving window using nine values of
176 elevation. For vertical curvature the negative values indicate that the surface is convex, the
177 positive values indicate that the surface is concave and the values equal to zero indicate that
178 the surface is rectilinear.

179 The production of the final map aimed the sum up the products developed in the
180 geomorphological mapping phase with the land use and land cover, thus, a legend was
181 developed to encompass the three products and enable its use by the agents in charge of
182 making decisions, as well as for society in general. The ArcGis software and the Raster
183 Calculator function were used for summing up the data, and a numerical code was designated
184 for the classes of the geomorphological mapping and for the land use and land cover classes.

185 The Kappa coefficient was used to validate the mappings. According to Antunes &
186 Lingnau (1997, p.10) "the Kappa coefficient incorporates all elements of the error matrix
187 instead of only those that are located in the main diagonal elements, that is, it estimates the
188 sum of the marginal column and line [. ..] ". According to these authors, the error matrix

189 briefly presents the results of digital classification or photointerpretation in relation to ground
190 truth or reference image

191 To obtain the Kappa coefficient of the mappings carried out in the study area, points
192 obtained in the field were used as ground truth. The field work aimed to identify relief units
193 and land cover and land use patterns. For this purpose, a Garmin Montana GPS device
194 model 650 provided by Embrapa Uva e Vinho was used. Coordinate points were collected for
195 the geomorphological units and land cover and land use classes, which were later compared
196 with the results obtained in the mappings done automatically, generating the error matrix and
197 the calculation of the Kappa coefficient.

198 **Results and Discussion**

199 The object-oriented classification technique has proven to be an effective tool in the
200 classification of land use and land cover, helping to identify and distinguish small areas,
201 obtaining a value of 0.74 for the Kappa concordance index, and thus, according to the
202 categorization proposed by Landis & Koch (1977), this value shows a strong correlation
203 between what was mapped automatically and what was identified in the field.

204 To obtain the Kappa index, 60 randomly distributed sample points were collected in
205 the study area. No points referring to the Espalier Vineyards and the Trellis Vineyards were
206 collected, because this data was used as a mask, excluding the vineyards from the automated
207 classification process. Table 4 shows the amount of area occupied for land use and land cover
208 classes.

209 All classes proposed in the methodology were identified in the DO Vale dos Vinhedos
210 region. The spatial distribution of land use and land cover classes can be seen in Figure 2.

211 There is a predominance of the Forest class (native or not) in areas with steeper slopes.
212 Sloping areas hinder the development of agriculture and contribute to the preservation of
213 forested areas. The Water Bodies class is represented by small dams used for water storage

214 and fish farming without commercial purposes. The study area contains small streams, but
215 due to a small surface area, they were not taken into consideration in the automated mapping
216 process.

217 The Urban or built-up Land is increasing in the Vale dos Vinhedos DO region. Further
218 growth can be observed along the main access roads to Vale dos Vinhedos, for example RS
219 444 and BR 470. It should be noted that part of the urban area of the municipality of Bento
220 Gonçalves is located in the Vale dos Vinhedos DO region. The Exposed Soil class is related
221 to areas of soil preparation for agricultural use or for implementing urban infrastructure. The
222 Trellis Vineyards and the Espalier Vineyard classes occupy areas with gentle to moderate
223 slopes, but it should be noted that some areas with vineyards are located in portions that have
224 steep slopes. The streams that drain the Vale dos Vinhedos DO region are anthropized, and all
225 the land use and land cover described above are found along their banks.

226 By means of morphometric indexes and Geoprocessing techniques, a pattern with
227 similar forms of High Hills, Hills and Flat Terrain was identified in the study area. The Kappa
228 concordance index was used for the validation of the geomorphological mapping, in which
229 the value obtained was 0.7. According to the categorization established by Landis & Koch
230 (1977), this value demonstrates a strong correlation between what was mapped automatically
231 and what was identified in the field. To obtain the Kappa index, 60 sample points were
232 collected during field work. The points were classified into High Hills, Hills and Flat Terrain,
233 which were compared with the mapping carried out with an automated system.

234 The identification of the patterns of similar forms in the Vale dos Vinhedos DO region
235 enables the investigation of the processes involved in the landforms. The processes are herein
236 understood as fluvial, continental, wind and human action, the latter, accelerating and
237 generating geomorphological processes (MOURA & DIAS, 2012). In Figure 3, the
238 distribution of the pattern classes of similar forms are identified in the study area.

239 The pattern in the form of hills represents 22.33% of the study area, occupying an area
240 of 16.18 km². Formed by volcanic acid rocks like Riodacitos and Riолitos of the Cretaceous
241 period, associated with moderate slopes and low altimetric gradients. By means of
242 topographic profiles and field observations it was detected that the valleys have medium
243 interfluves.

244 The concave slopes are predominant, occupying 88.01%, followed by convex and
245 rectilinear sectors, which occupy 9.58% and 2.41%, respectively. The convex and rectilinear
246 sectors are generally associated with the tops, since they have already been smoothed due to
247 the denudation process.

248 Argisol is the predominant type of soil, occupying 44.93%, followed by Cambisol,
249 which occupies 41.14%. The two classes of soils represent together 86.07%. The areas with
250 Argisols are associated with colluvial deposits at the base of the landforms, receiving material
251 not only from the hill pattern, but also from the high hill pattern. Cambisols are associated
252 with tops and hillsides, where the smaller sediment deposition can be transported easily.
253 Figure 4 shows some images of areas classified as pattern in hill form.

254 The pattern in high hill form represents 77,13% of the Vale dos Vinhedos DO region,
255 occupying an area of 55.88 km², formed by acid and basic volcanic rocks of the Cretaceous
256 period. Acid rocks, such as Riodacitos and Riолitos, are located at elevations of more than 400
257 meters. Basic rocks, such as basalt, are located at elevations of less than 400 meters. In the
258 pattern in hill form, basic rocks can be found in the northwest portion of the study area where
259 the smallest elevations are located, which are associated with the bottom of the valleys.

260 The concave slopes are predominant and occupy 83.75%, followed by the convex and
261 rectilinear slopes, which occupy 15.18% and 1.07% respectively. The interfluvial distance is
262 smaller, consequently, valleys show greater carving, having a V shape. The streams that drain
263 the pattern in high hill form developed on failures, which led to a higher degree of carving.

264 The streams have some rapids and small waterfalls, a fact showing that the relief represents
265 the areas of drainage headlands.

266 Cambisol is the predominant soil occupying 50.48%, followed by the Argisol, which
267 occupies 26.98% and by the Neosol occupying 15.22%. The three classes of soils together
268 represent 92.68% of the pattern in the hill form. The areas with Argisol are less expressive,
269 since the slope and the altimetric gradient increased, causing the deposit areas of sediments to
270 be smaller. Cambisol soils are predominant because they are associated with tops and
271 hillsides, where sediment deposition is smaller and they can be transported easily, reducing
272 the chance of formation of B horizon or having an incipient B horizon. In Figure 5 shows
273 some images of areas classified as pattern in the high hill form.

274 The relief pattern in the form of flat terrain represents 0.54% of the study area,
275 occupying an area of 0.39 km², formed by volcanic acid rocks like Riodacitos and Riolutos of
276 the Cretaceous period. It is associated with gentle slopes and low altimetric gradients. The
277 concave slopes are predominant, occupying 84.53%, followed by the rectilinear slopes, which
278 occupy 14.58%. The convex slopes are not very expressive, occupying only 0.89%.

279 Cambisols and the Argisols are predominant, occupying 54.44% and 42.02%,
280 respectively of the pattern in the form of flat lands, together representing 96.46%. The
281 presence of the Cambisols can be explained as some areas identified as pattern in the form of
282 flat lands are located on the tops. Figure 6 shows some images of areas classified as pattern in
283 the form of flat soils.

284 The relationship between land use and land cover data in the study area shows that
285 geomorphology is relevant for the determination of the wine quality and is therefore an
286 important parameter of analysis and inclusion in the delimitations of geographical indication
287 areas for quality wines, as well as for sustainable production, which is becoming increasingly
288 valued by tourists and consumers. Works developed by Pupnik et al. (2016), Şandru (2015)

289 and Vaudour et al. (2010) demonstrated the influence of geomorphology on the quality of the
290 grapes, as well as on the determination of terroirs.

291 The multi-criteria analysis of Geovitícola Clima (TONIETTO et al., 2012) is another
292 example of the importance and degree of interaction between the relief and vineyards. This
293 analysis enables the determination of the climatic potential of a given region for the
294 development of viticulture. For this purpose, three indexes are used: heliothermic index, the
295 cool night index and the dryness index. The three indexes are related to the position of the
296 vineyard on the slope.

297 The areas with vineyards must comply with the erosion cycles, which occur naturally
298 but are intensified by anthropic action, in addition to complying with other prerogatives
299 already existing in environmental legislation, such as preserving riparian forests, preserving
300 areas with springs, not occupying land with steep slopes, to preserve the tops of the hills.
301 These measures, among others, help to preserve the stability of the relief.

302 The integration of land use and land cover data allowed us to relate the uses to the
303 balance of morphogenetic and morphodynamic processes, in addition to relating to the
304 indexes that are important for the determination of wine quality and also the environmental
305 quality of the study area aiming its sustainable development. It also enabled the identification
306 of 35 classes of mapping (Table 5). The map generated in a 1: 25,000 scale is available at
307 <https://goo.gl/YUEkTp> link.

308 Analyzing Table 5, it can be inferred that the most abundant class is the Pattern in the
309 hill form with concave slope having forest cover and use, occupying 24.41% of the study
310 area. Field work has shown that the areas with hills in the study area are the ones with the
311 least stability in relation to the evolution processes of the relief. The concave slopes are
312 conducive to linear flows thus favoring the occurrence of ravines and gullies. The forest cover

313 provides protection and greater stability for the relief, decreasing surface runoff and
314 increasing the time of water concentration in the watershed.

315 The Pattern in hill form class with concave slope with land use for trellis vineyards is
316 the second most abundant, occupying 20.81% of the study area. It has the same processes
317 with respect to the relief of the class mentioned above, but its use deserves relative attention,
318 mainly in the implantation of the vineyard, where the soil remains naked for a longer period.
319 Trellis vineyards have a larger vegetative canopy, providing protection for the soil. In the
320 dormancy period of the vineyard, extra attention is needed as the canopy leaves undergo
321 senescence and fall. Thus, vegetation cover is necessary between rows to reduce the amount
322 of soil loss and to avoid the negative effects of erosive processes.

323 The third class in representativeness in the study area is the Pattern in hill form with
324 concave slope used for agriculture. It occupies 11.96% of the Vale dos Vinhedos DO. In hilly
325 areas used for the development of agriculture, conservation practices should be adopted,
326 especially in areas occupied by temporary crops.

327 The three classes together represent 57.18% of the study area. The other classes
328 occupy smaller areas, but they are not of minor importance. The areas with pattern in hills
329 form and flat terrains are more stable in relation to the morphodynamic balance, but they
330 continue to suffer the erosive processes. Areas with espalier vineyards should prioritize the
331 permanence of vegetal cover between the rows since they have smaller vegetative canopies.

332 The urban areas and the waterproofing caused by their installation causes a reduction
333 of the time the water is concentrated in the watershed and increasing the speed of the flow,
334 which can increase the risk of downpours and floods in the middle and lower course of the
335 watersheds.

336 Sustainable development, a current term, depends on the harmonization between
337 society and nature. Agriculture is constantly under pressure for new techniques to be

338 developed and damages to the environment be minimized, thus producing larger quantities of
339 food in smaller spaces, while reducing the amount of chemical inputs dumped into the soil,
340 water and air.

341 **Conclusions**

342 1. The geomorphological mapping using the methodology developed by Hammond
343 (1954, 1964), as well as the tool provided by Tinós et al. (2014) were effective.

344 2. In the delimitations of areas of geographical indications destined to quality wines
345 the geomorphology has relevance for the determination of the quality of the wines, and also
346 for sustainable production, increasingly valued by tourists and consumers.

347 3. The integration of the relief data with the land use and land cover enabled us to list
348 the uses with the balance of the morphogenetic and morphodynamic processes, in addition to
349 listing the indexes referring to the geoviticulture climate, which are important for the
350 determination of the quality of the wines.

351 4. It is necessary to know, in a clear way, the processes involved in the land cover and
352 land use of the space and the relation between the elements that compose the landscape. This
353 will allow those responsible for the management, implementation and monitoring of areas
354 destined to GIs to have stronger basis for decision making.

355 **Acknowledgement**

356 The authors would like to thank Embrapa Uva e Vinho, Capes and Universidade
357 Federal do Rio Grande do Sul.

358 **References**

359 ANTUNES, A. F. B.; LINGNAU, C. Uso de índices de acurácia para avaliação de mapas
360 temáticos obtidos por meio de classificação digital. In: III Congresso e Feira para Usuários de
361 Geoprocessamento, Curitiba, PR, Brasil. **Anais...** Curitiba, PR, Brasil: 1997.

362 CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J.; MITSUO, F. Spring:
363 integrating remote sensing and gis by object- oriented data modelling. **Computers &**
364 **Graphics**, v. 20, p. 395–403, 1996.

365

- 366 DALLA CORTE, A. P.; DLUGOSZ, F. L.; CENTENO, J. A. S. Testes de limiares para a
367 segmentação de imagens Spot -5 visando a detecção de plantios florestais. **Revista**
368 **Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 6, p. 249–257, 2008.
- 369 DIKAU, R.; BRABB, E. E.; MARK, R. M. Landform Classification of New Mexico by
370 Computer. v. 80225, p. 16, 1991.
- 371 HAMMOND, E. H. Small scale continental landform maps. **Annals of the Association of**
372 **American Geographers**, v. 54, p. 32–42, 1954.
- 373 HAMMOND, E. H. Analysis of properties in landform geography: An application to
374 broadscale landform mapping. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 54,
375 p. 11–19, 1964.
- 376 FALCADE, I. **A Paisagem Como Representação Espacial: A Paisagem Vitícola Como**
377 **Símbolo Das Indicações De Procedência De Vinhos Das Regiões Vale Dos Vinhedos,**
378 **Pinto Bandeira E Monte Belo (Brasil)**. UFRGS, 2011. Disponível em:
379 <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/36052>>. Acesso em: 23 de jun. 2017.
- 380 FLORENZANO, T. G. (org). **Geomorfologia Conceitos e Temas Atuais**. São Paulo: Oficina
381 de Textos, 2008.
- 382 FLORES, C. A.; PÖTER, R. O.; SARMENTO, E. C.; WEBER, E. J.; HASENACK, H. **Os**
383 **solos do Vale dos Vinhedos**. Brasília: Embrapa, 2012.
- 384 LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical
385 Data. **International Biometric society**, v. 33, n. 1, p. 159–174, 1977. Disponível em:
386 <<http://www.jstor.org/stable/2529310>>. Acesso em: 10 jun. 2017.
- 387 MELLO, L. M. R. de; MACHADO, C. A. E.; (ORG.). **Cadastro vitícola do Rio Grande do**
388 **Sul: 2013 a 2015**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[http://www.cnpuv.embrapa.br/cadastro-](http://www.cnpuv.embrapa.br/cadastro-viticola/rs-2013-2015/home.html)
389 [viticola/rs-2013-2015/home.html](http://www.cnpuv.embrapa.br/cadastro-viticola/rs-2013-2015/home.html)>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- 390 MOORE, I. D.; GRAYSON, R. B.; LADSON, A. R. Digital terrain modelling: A review of
391 hydrological, geomorphological, and biological applications. **Hydrological Processes**, v. 5, n.
392 1, p. 3–30, 1991.
- 393 MORGAN, J. M.; LESH, A. M. Developing Landform Maps Using Esri's Modelbuilder. In:
394 ESRI INTERNATIONAL USER CONFERENCE, Redlands. **Anais...** Redlands: 2005.
- 395 MOURA, N. S. V.; DIAS, T. S. Elaboração do Mapa Geomorfológico do Município de Porto
396 Alegre. **Ciência e Natura**, 34 (2), n. 1992, p. 113–138, 2012.
- 397 OLIVEIRA, B. S.; MATAVELI, G. A. V. Avaliação do desempenho dos classificadores
398 Iseog e Bhattacharya para o mapeamento de áreas de cana-de-açúcar no município de
399 Barretos-SP. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento RemotoXVI Simpósio
400 Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013.
- 401 PUPNIK, P. J.; CUS, F.; SMUC, A. Geomorphology and wine: The case of Malvasia in the
402 Vipava Valley, (Slovenia). **Acta geographica Slovenica**, v. 56, p. 7–23, 2016.
- 403 ROBAINA, L. E. de S.; TRENTIN, R.; BAZZAN, T.; RECKZIEGEL, E. W.; VERDUM, R.
404 Compartimentação Geomorfológica Da Bacia Hidrográfica Do Ibicuí, Rio Grande Do Sul,
405 Brasil: Proposta De Classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 2, p. 11–
406 23, 2010.
- 407 ŞANDRU, D. M. The **Influence of Geomorphology on the Sensorial Quality of Red Wines**

- 408 **from the Şarba wine region.** *Odobeşti Vineyard*. v. 49, p. 44–49, 2015.
- 409 SUERTEGARAY, A. M. D.; FUJIMOTO, M. V. S. N. Morfogênese do Relevo do Estado do
410 Rio Grande do Sul. In: VERDUN, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. (Ed.). **Rio**
411 **Grande do Sul: Paisagens e Territórios em Transformação.** Porto Alegre: Editora
412 UFRGS, 2004. p. 11–26.
- 413 TINÓS, T. M. **Classificação automatizada do relevo a partir de parâmetros**
414 **morfométricos.** 2016. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2016.
- 415 TINÓS, T. M.; FERREIRA, M. V.; RIEDEL, P. S.; ZAINÉ, J. E. Aplicação e avaliação de
416 metodologia de classificação automática de padrões de formas semelhantes do relevo. **Revista**
417 **Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 3, p. 353–370, 2014.
- 418 TONIETTO, J.; RUIZ, V. S.; MIGUEL, V. D. G. **Clima, Zonificación y Tipicidad del Vino**
419 **En Regiones Vitivinícolas Iberoamericanas.** Madrid: CYTED, 2012.
- 420 TONIETTO, J.; ZANUS, M. C.; FALCADE, I.; GUERRA, C. C. **O regulamento de uso da**
421 **denominação de origem Vale dos Vinhedos: Vinhos finos tranquilos e espumantes.**
422 Embrapa Uva Vinho. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://www.embrapa.br/busca-de-](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/971632/o-regulamento-de-uso-da-denominacao-de-origem-vale-dos-vinhedos-vinhos-finos-tranquilos-e-espumantes)
423 [publicacoes/-/publicacao/971632/o-regulamento-de-uso-da-denominacao-de-origem-vale-dos-](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/971632/o-regulamento-de-uso-da-denominacao-de-origem-vale-dos-vinhedos-vinhos-finos-tranquilos-e-espumantes)
424 [vinhedos-vinhos-finos-tranquilos-e-espumantes](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/971632/o-regulamento-de-uso-da-denominacao-de-origem-vale-dos-vinhedos-vinhos-finos-tranquilos-e-espumantes)>. Acesso em: 10 jun. 2017.
- 425 VAN WESTEN, C. J. **Application of geographic information systems to landslide hazard**
426 **zonation** *International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences* Enschede
427 International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, 1993.
- 428 VAUDOUR, E.; CAREY, V. A.; GILLIOT, J. M. Digital zoning of South African viticultural
429 terroirs using bootstrapped decision trees on morphometric data and multitemporal SPOT
430 images. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 12, p. 2940–2950, 2010. Disponível em:
431 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2010.08.001>>. Acesso em: 15 set. 2017.
- 432 ZEVENBERGEN, L. W.; THORNE, C. R. Quantitative analysis of land surface topography.
433 **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 12, n. 1, p. 47–56, 1987.
- 434
- 435
- 436
- 437
- 438
- 439
- 440
- 441
- 442
- 443
- 444
- 445

446
447
448

Table 1. Distribution of the slopes classes proposed by Hammond (1954, 1964).

Classes	Quantity of gentle slope (%)	Reclassification
1	0 - 20	100
2	20 - 50	200
3	50 - 80	300
4	80 - 100	400

449

450 **Table 2.** Classes of the local relief range proposed by Hammond (1954, 1964).

Classes	Range (m)	Reclassification
1	0 – 30	10
2	30 – 90	20
3	90 – 150	30
4	150 – 300	40
5	300 – 900	50
6	> 900	60

451

452 **Table 3.** Classes of the relief profile proposed by Hammond (1954, 1964).

Classes	Relief profile	Value
1	More than 75% of gentle slope is in lowland.	1
2	Less than 75% of gentle slope is in lowland.	2
3	More than 75% of gentle slope is in upland.	3
4	More than 75% of gentle slope is in upland.	4

453

454 **Table 4.** Area of the classes of land cover and land use in Vale dos Vinhedos designation of
455 origin.

Classe	Area (km ²)	Percent
Agricultural land	16,23	22
Urban or built-up land	12,44	17
Water bodies	0,07	0,1
Forest (native or not)	25,76	36
Exposed soil	0,30	0,4
Espalier Vineyards	2,43	3,5
Trellis Vineyards	15,22	21
Total	72,45	100

456

457

458

459

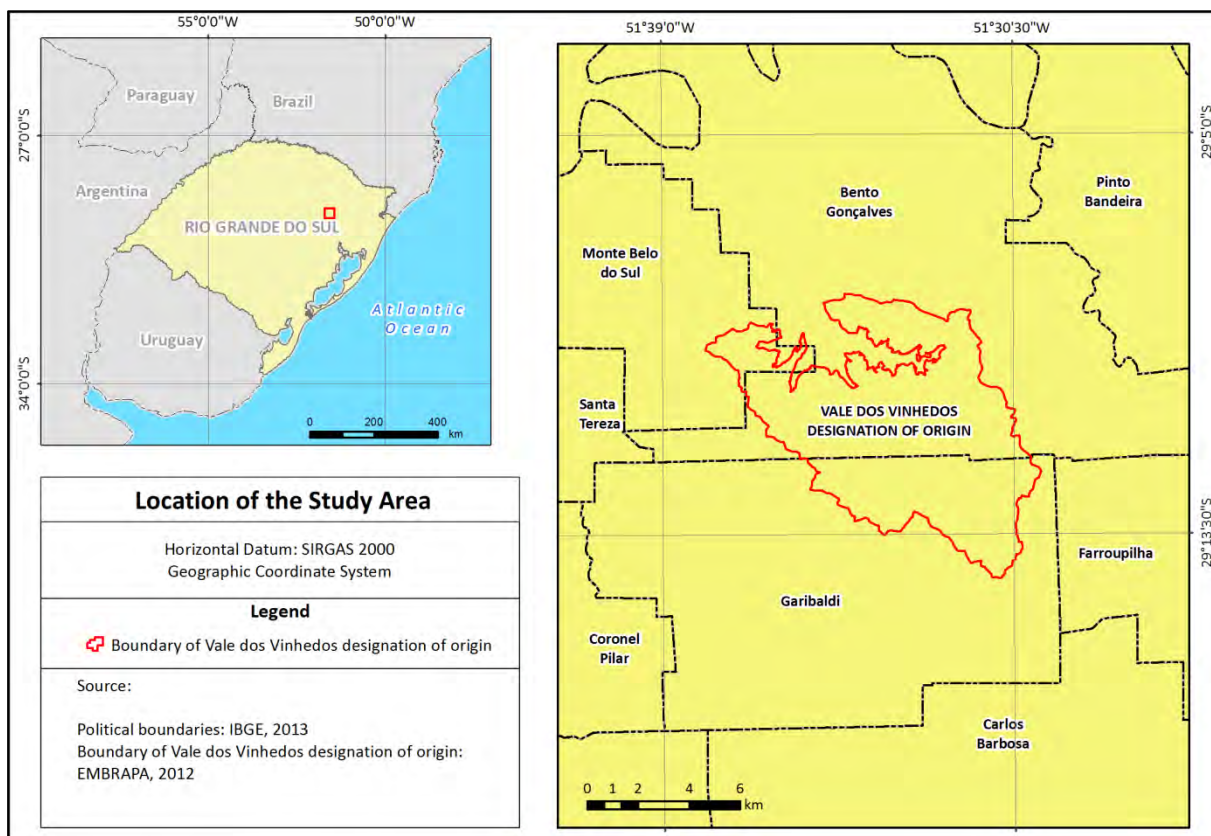
460
461
462
463

Table 5. Integration of geomorphology with land cover and land use in Vale dos Vinhedos DO region.

Code	Class	Area (km ²)	Percent
112	Hills with convex surface and espalier vineyards	0,13	0,18
121	Hills with concave surface and trellised vineyards	2,83	3,91
123	Hills with flat surface and trellised vineyards	0,03	0,05
131	Hills with concave surface and water body	0,03	0,04
141	Hills with concave surface and agricultural land	4,22	5,82
142	Hills with convex surface and agricultural land	0,15	0,21
143	Hills with flat surface and agricultural land	0,06	0,08
151	Hills with concave surface and urban or built-up land	3,13	4,32
152	Hills with convex surface and urban or built-up land	0,24	0,33
153	Hills with flat surface and urban or built-up land	0,07	0,10
161	Hills with concave surface and forest (native or not)	4,56	6,30
162	Hills with convex surface and forest (native or not)	0,53	0,73
163	Hills with flat surface and forest (native or not)	0,02	0,02
171	Hills with concave surface and exposed soil	0,09	0,13
172	Hills with convex surface and exposed soil	0,01	0,01
173	Hills with flat surface and exposed soil	0,01	0,01
213	High hills with flat surface and espalier vineyards	0,02	0,02
221	High hills with concave surface and trellised vineyards	15,08	20,81
222	High hills with convex surface and trellised vineyards	1,03	1,43
231	High hills with concave surface and water body	0,02	0,02
241	High hills with concave surface and agricultural land	8,67	11,96
242	High hills with convex surface and agricultural land	0,88	1,22
243	High hills with flat surface and agricultural land	0,07	0,10
251	High hills with concave surface and urban or built-up land	4,20	5,79
252	High hills with convex surface and urban or built-up land	4,34	5,99
253	High hills with flat surface and urban or built-up land	0,04	0,05
261	High hills with concave surface and forest (native or not)	17,68	24,41
262	High hills with convex surface and forest (native or not)	3,70	5,11
263	High hills with flat surface and forest (native or not)	0,09	0,13
271	High hills with concave surface and exposed soil	0,13	0,18
272	High hills with convex surface and exposed soil	0,001	0,00
341	Ground plains with low relief concave surface and agricultural land	0,04	0,05
351	Ground plains with low relief concave surface and urban or built-up land	0,27	0,37
353	Ground plains with low relief flat surface and urban or built-up land	0,04	0,05
361	Ground plains with low relief concave surface and forest (native or not)	0,03	0,05
	Total	72,45	100

464
465
466

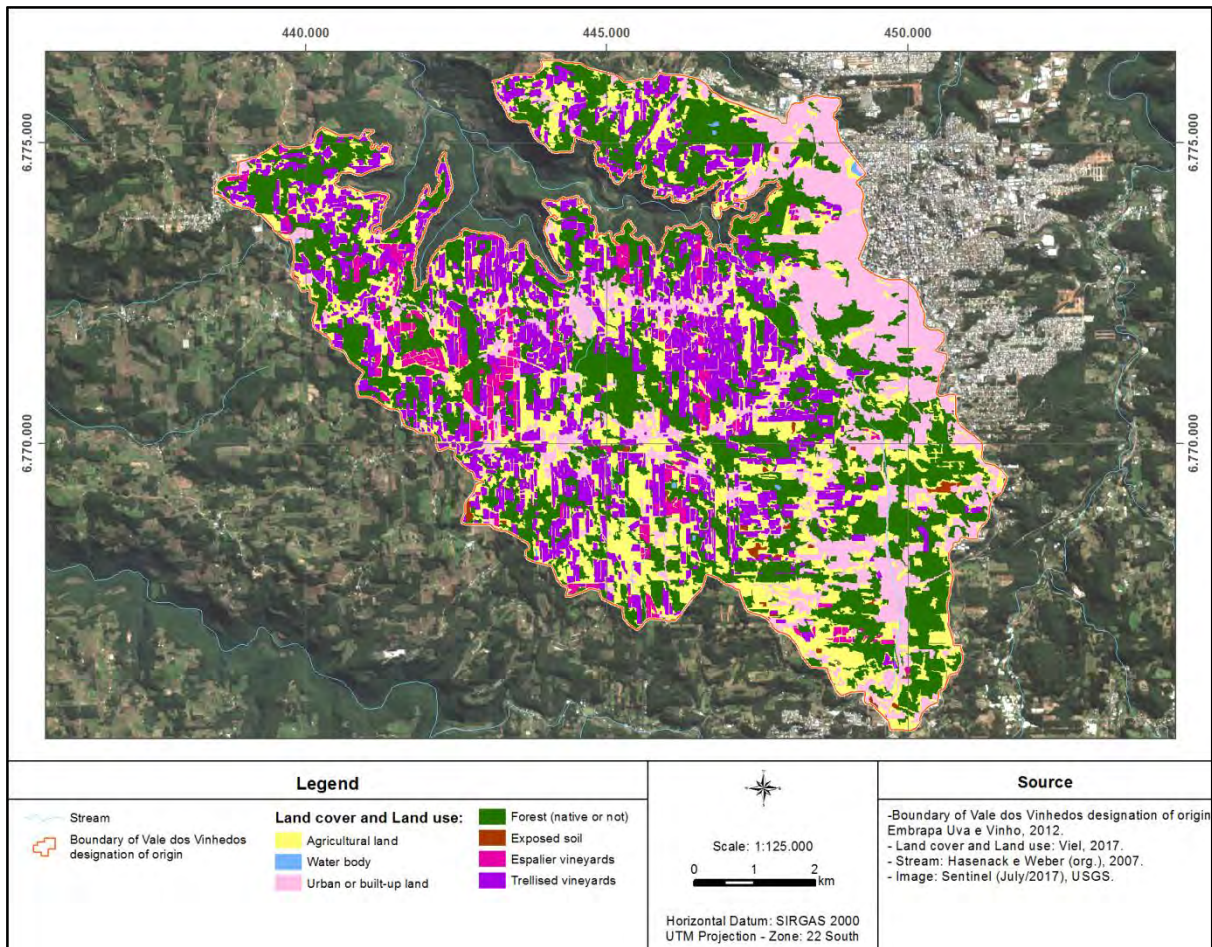
467



468

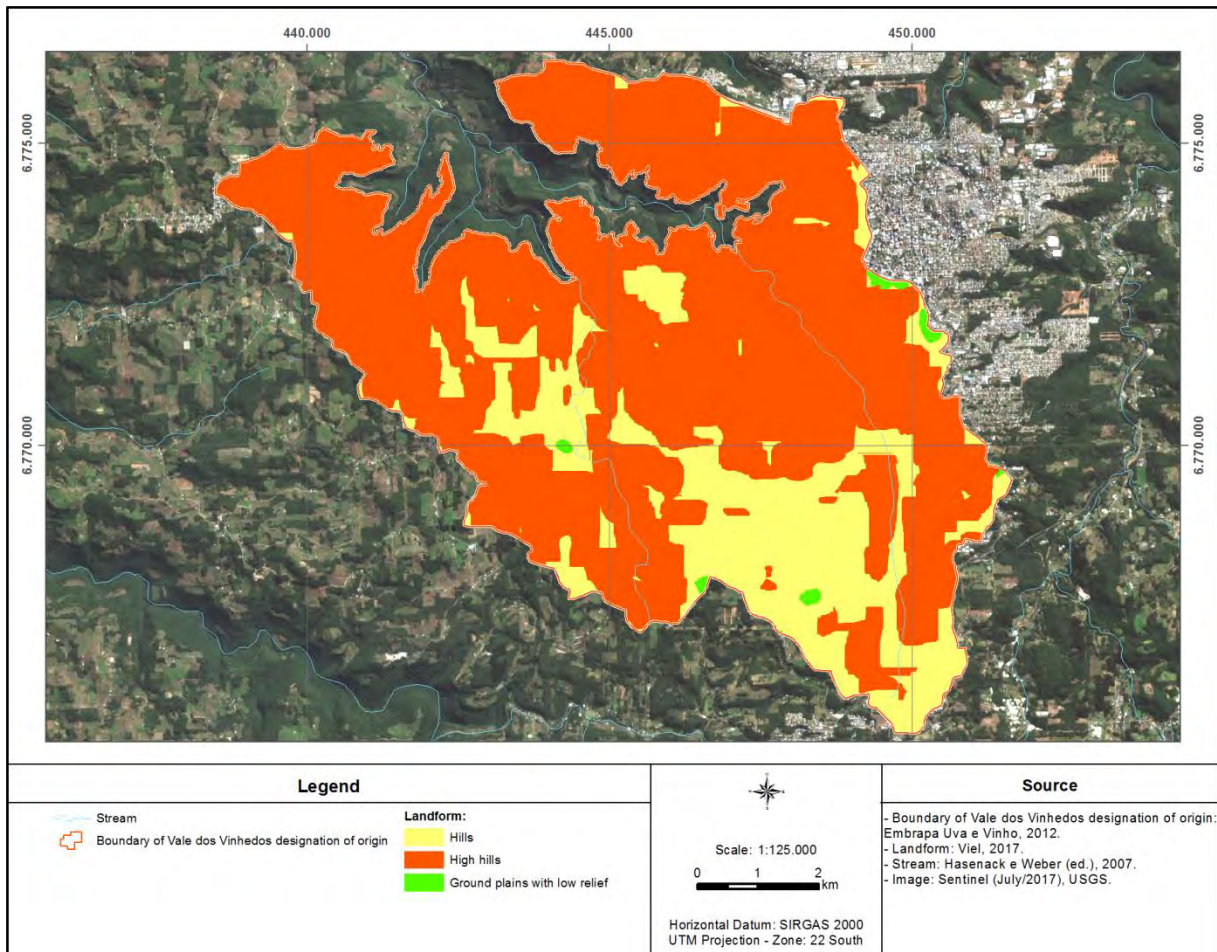
469

Figure 1. Location of the study area.



470
471
472

Figure 2. Spatial distribution of land cover and land use classes.



473
474
475

Figure 3. Spatial distribution of landforms.



476

Figure 4. Areas classified as pattern in hill form. Photos taken by: Jorge A. Viel (2017).



477 **Figure 5.** Areas classified as pattern in the high hill form. Photos taken by: Jorge A. Viel
478 (2017).

479



480 **Figure 6.** Areas classified as pattern in the form of flat ground. Photos taken by: Jorge A. Viel
481 (2017).

482

483

484

Capítulo 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos possibilitaram a análise da acurácia vertical dos MDEs ASTER GDEM v.2, SRTM v.3 e Alos World 3D e também a caracterização morfométrica geral da área de estudo. Os resultados comparativos auxiliam na escolha dos MDEs para a realização da análise dos padrões de relevo e para contribuir com IG, ao serem aplicados nos trabalhos em áreas com características semelhantes as da DO Vale dos Vinhedos, mas que não possuem MDE de alta precisão. Os resultados indicam que os modelos analisados apresentam dados relativamente próximos, tanto estatisticamente, bem como, morfologicamente, mas o MDE que obteve melhor resultado foi o SRTM v.3, apresentando coeficiente de correlação de 0,995 com a verdade terrestre. Cabe lembrar que na escolha de MDEs o usuário deve considerar o objetivo do estudo e a precisão que deseja alcançar, considerando a escala de análise e de apresentação do produto. O MDE SRTM v.3 possibilitou a determinação das características do relevo em escala regional, desta forma auxiliando na identificação dos padrões de relevo determinados no segundo artigo desta dissertação.

O mapeamento geomorfológico identificou três padrões de formas de relevo predominantes na área de estudo, sendo o padrão de relevo em forma de morros, que possui maior representatividade, que ocupa 77,13% da área, seguido do padrão de relevo em forma de colinas, que ocupa 22,33%, e do padrão de relevo em forma de terrenos planos, ocupando 0,54% da DO Vale dos Vinhedos.

Com relação aos padrões de uso e cobertura da terra, cabe destacar que a classe predominante é a Floresta, representado 36% da área de estudo, seguida pela classe Agropecuária, ocupando 22% da DO Vale dos Vinhedos, e ainda o somatório das classes Vinhedos de Condução Latada e Vinhedos de Condução Espaldeira, que juntas ocupam 21% da área de estudo.

Visando a diminuição da subjetividade dos mapeamentos, que pode estar atrelada ao mesmo quando realizada por fotointerpretes, ambos os mapeamentos foram realizados de maneira automatizada. Avaliou-se que os mapeamentos realizados de maneira automatizada são eficazes, principalmente tratando-se de padrões. São necessários estudos mais aprofundados para mapear feições individualizadas de forma automatizada.

O índice de concordância Kappa, para o mapeamento de uso e cobertura da terra e o mapeamento dos padrões de formas de relevo, foi de 0,74 e de 0,7 respectivamente, desta forma, considera-se uma boa relação entre o conteúdo mapeado automaticamente e o encontrado em campo.

A integração da geomorfologia com os padrões de uso e cobertura da terra permitiu analisar os processos morfodinâmicos e morfogenéticos atuantes na DO Vale dos Vinhedos, demonstrando quais classes necessitam maior atenção, assim objetivando maior cuidado na gestão, planejamento e manejo do espaço. A DO Vale dos Vinhedos apresenta 24,41% da sua área ocupada pela classe “Padrão em forma de morros com vertente côncava tendo como cobertura e uso floresta”. As áreas com morros, na área de estudo, são as que possuem a menor estabilidade com relação aos processos de evolução do relevo. As vertentes côncavas são propícias a escoamentos lineares e favorecem o surgimento de ravinas e voçorocas. Em contrapartida, a cobertura florestal propicia proteção e maior estabilidade para o relevo, pois diminui o escoamento superficial e aumenta o tempo de concentração da água na bacia hidrográfica.

A classe Padrão em forma de morros com vertente côncava tendo como uso vinhedos de condução latada é a segunda mais abundante, ocupando 20,81% da área de estudo. Possui os mesmos processos com relação ao relevo da classe anteriormente citada, porém o uso desenvolvido merece relativa atenção, principalmente na implantação do vinhedo, onde o solo permanece maior período desnudo. Os vinhedos de condução latada possuem maior dossel vegetativo, fornecendo proteção para o solo. No período de dormência do vinhedo necessita-se de atenção extra, pois as folhas do dossel entram em senescência e caem. Desta forma, faz-se necessária a cobertura vegetal entre linhas para diminuir a quantidade de perda de solos e evitar os efeitos negativos dos processos erosivos.

Além dos fatores relacionados aos processos erosivos, a variável geomorfológica deve ser observada na implantação de indicações geográficas destinadas a vinhos de qualidade, pois a mesma está relacionada com o *terroir* vitícola e com a qualidade do produto. Como exemplo, pode-se citar a avaliação de clima geovitícola que mede o potencial climático de determinada área para o desenvolvimento da viticultura. O clima geovitícola é baseado no índice de seca, que mede o potencial do solo de reter água, o índice de frio noturno e o índice heliotérmico. Estes três índices estão relacionados com a posição do vinhedo na vertente e dependendo da escala de análise os mesmos podem influenciar na qualidade da uva e do

vinho. Desta forma, a metodologia aplicada neste trabalho pode ser utilizada na implantação de outras IGs, principalmente na relação existente entre as variáveis geomorfológicas e de uso e cobertura da terra, excluindo da área da futura IG características que possam destoar à qualidade final do produto.

Em um mundo cada vez mais complexo, a organização do espaço é importante para a realização de avanços sociais, ambientais e econômicos. O desenvolvimento sustentável, termo em voga nos dias atuais, depende da harmonização destes três fatores. A agricultura está em constante pressão, para que novas técnicas sejam desenvolvidas e que os danos ao ambiente sejam minimizados. Desta forma, devem-se desenvolver estudos que permitam conhecer de forma clara os processos envolvidos nas formas de cobertura e utilização do espaço e as relações presentes entre os elementos que compõe a paisagem.

Devem ser observadas, nas Indicações Geográficas destinadas a vinhos, as variáveis de uso e cobertura da terra e geomorfológica. As áreas ocupadas com vinhedos necessitam receber manejo adequado para que não ocorram alterações significativas nos ciclos erosivos, que ocorrem de maneira natural, mas que são intensificados pela ação antrópica. Da mesma forma, outras prerrogativas, que já existem na legislação ambiental atual, como preservar as matas ciliares, preservar as áreas com nascentes, não ocupar terras com declividades elevadas, preservar os topos dos morros, devem ser respeitadas.

Para trabalhos futuros podem-se realizar outras análises que auxiliam no entendimento da ocupação do espaço, como exemplo, pode-se citar o estudo da curvatura horizontal das vertentes. Por meio desta análise morfométrica é possível determinar a direção do fluxo de água e sedimentos pela vertente, assim podendo determinar o comportamento dos mesmos e prevenir danos que a alteração do ambiente possa provocar. Outra análise que poderia ter sido realizada é a do grau glucométrico da uva em diferentes posições na vertente, quanto maior for o grau glucométrico, melhor é qualidade da uva, assim seria possível determinar a influência do relevo nessa variável. Essas análises não foram realizadas devido à falta de tempo e para evitar excesso de classes no mapeamento final.

A agricultura desenvolve-se, com algumas exceções, em quase toda superfície do planeta, com investimentos em obras de engenharia e produção de insumos que causam danos sobre o ambiente. Desta forma, a ocupação do espaço deve ser planejada e pensada para diminuir os gastos de energia e recursos, fazendo com que os mesmos sejam utilizados de forma racional, para que a sociedade possa desenvolver-se de maneira sustentável e conviver harmoniosamente com a natureza.

Referências

ARGENTO, M. S. F. Mapeamento Geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. DA (Ed.). **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. 11^a ed. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 365–392.

BRASIL. **Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial** Brasília, 1996. .

CHRISTOFOLETTI. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Blücher, Edgard, 1980.

DIAS, F. de M.; MICELI, B. S.; SEABRA, F. M.; SANTOS, P. R. A. dos; FERNANDES, M. do C. Avaliação Vertical de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) em Diferentes Configurações Topográficas para Médias e Pequenas Escalas. (INPE, Ed.) In: 2008, Curitiba, PR, Brasil. **Anais...** Curitiba, PR, Brasil: 2011.

FALCADE, I. **A Paisagem Como Representação Espacial: A Paisagem Vitícola Como Símbolo Das Indicações De Procedência De Vinhos Das Regiões Vale Dos Vinhedos, Pinto Bandeira E Monte Belo (Brasil)**. 2011. UFRGS, 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/36052>>.

FLORENZANO, T. G. (org). **Geomorfologia Conceitos e Temas Atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

HOFF, R.; DUCATI, J. R.; FARIAS, A. R.; DALCIN, M. Geologia, geomorfologia, sensoriamento remoto e sig como suporte à caracterização da indicação geográfica campanha para vinhos de qualidade, rs, brasil. n. 2003, p. 175–178, 2015.

HOFF, R.; FARIAS, A. R.; DUCATI, J. R.; TONIOLO, G. R. Aplicação de processamento digital de imagens orbitais e SIG para apoio à agricultura de precisão nas culturas da videira e macieira no Rio Grande do Sul **. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. DE M.; RESENDE, Á. V. DE; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. DE C. (Ed.). **Agricultura de Precisão: Um novo olhar**. São Carlos: Cubo, 2011. p. 273–276.

HOFF, R.; FARIAS, A. R.; MENEZES, G. da C. Imagens orbitais como alternativa para restituição do relevo e uso da terra de indicações geográficas vitivinícolas na Serra Gaúcha, RS, Brasil. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1996, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: 2013.

MOREIRA, L. G. R. **Análise da fragilidade ambiental do município de Cambará do Sul - RS**. 2013. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

OLIVEIRA, C. G. De. **AVALIAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO GERADOS A PARTIR DE SENSORES REMOTOS ORBITAIS ÓPTICO (ASTER) E RADAR (RADARSAT-1 , SRTM): UM ESTUDO PARA A REGIÃO DA SERRA DOS CARAJÁS (PA)** Cleber Gonzáles de Oliveira Dissertação de Mestrado do Curso de Pós. 2005. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005.

PUPNIK, P. J.; CUS, F.; SMUC, A. Geomorphology and wine: The case of Malvasia in the Vipava Valley, (Slovenia). **Acta geographica Slovenica**, v. 56, p. 7–23, 2016.

RODRIGUEZ, E.; MORRIS, C. S.; BELZ, J. E.; CHAPIN, E. .; MARTIN, J. .; HENSLEY, S. An assessment of the SRTM topographic products. **Photogrammetric Engineering and**

Remote Sensing, v. 72, n. 3, p. 249–260, 2006.

ROSS, J. L. S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia -USP**, p. 17–29, 1992.

ȘANDRU, D. M. The Influence of Geomorphology on the Sensorial Quality of Red Wines from the Șarba wine region , Odobești Vineyard. v. 49, p. 44–49, 2015.

SOUZA, J. O. P. de. Análise da Precisão Altimétrica dos Modelos Digitais de Elevação para Área Semiárida do Nordeste Brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia -USP**, v. 30, n. 2015, p. 56–64, 2015.

STEINKE, V. A. **Uso Integrado de Dados Digitais Morfométricos (Altimetria e Sistema de Drenagem) na Definição de Unidades Geomorfológicas no Distrito Federal**. 2003. Universidade de Brasília, 2003.

STEINKE, V. A.; SANO, E. E.; STEINKE, E. T.; NASCIMENTO, R. de O. O desenvolvimento dos estudos geomorfológicos no Distrito Federal. **Geografia**, v. 32, p. 107–120, 2007.

SUERTEGARAY, A. M. D.; FUJIMOTO, M. V. S. N. Morfogênese do Relevo do Estado do Rio Grande do Sul. In: VERDUN, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. (Ed.). **Rio Grande do Sul: Paisagens e Territórios em Transformação**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2004. p. 11–26.

TACHIKAWA, T.; KAKU, M.; IWASAKI, A.; GESCH, D.; OIMOEN, M.; ZHANG, Z.; DANIELSON, J.; KRIEGER, T.; CURTIS, B.; HAASE, J.; ABRAMS, M.; CRIPPEN, R.; CARABAJAL, C. ASTER Global Digital Elevation Model Version 2 – Summary of Validation Results. **Japan Space Systems**, p. 27, 2011. Disponível em: <http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/ver2Validation/Summary_GDEM2_validation_report_final.pdf>.

TADONO, T.; ISHIDA, H.; ODA, F.; NAITO, S.; MINAKAWA, K.; IWAMOTO, H. Precise Global DEM Generation by ALOS PRISM. **ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. II-4, n. May, p. 71–76, 2014. Disponível em: <<http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-4/71/2014/>>.

TINÓS, T. M. **Classificação automatizada do relevo a partir de parâmetros morfométricos**. 2016. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2016.

TINÓS, T. M.; FERREIRA, M. V.; RIEDEL, P. S.; ZAINÉ, J. E. Aplicação e avaliação de metodologia de classificação automática de padrões de formas semelhantes do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 3, p. 353–370, 2014.

TONIETTO, J.; ZANUS, M. C.; FALCADE, I.; GUERRA, C. C. **O regulamento de uso da denominação de origem Vale dos Vinhedos: Vinhos finos tranquilos e espumantes** Embrapa Uva Vinho. [s.l: s.n.].

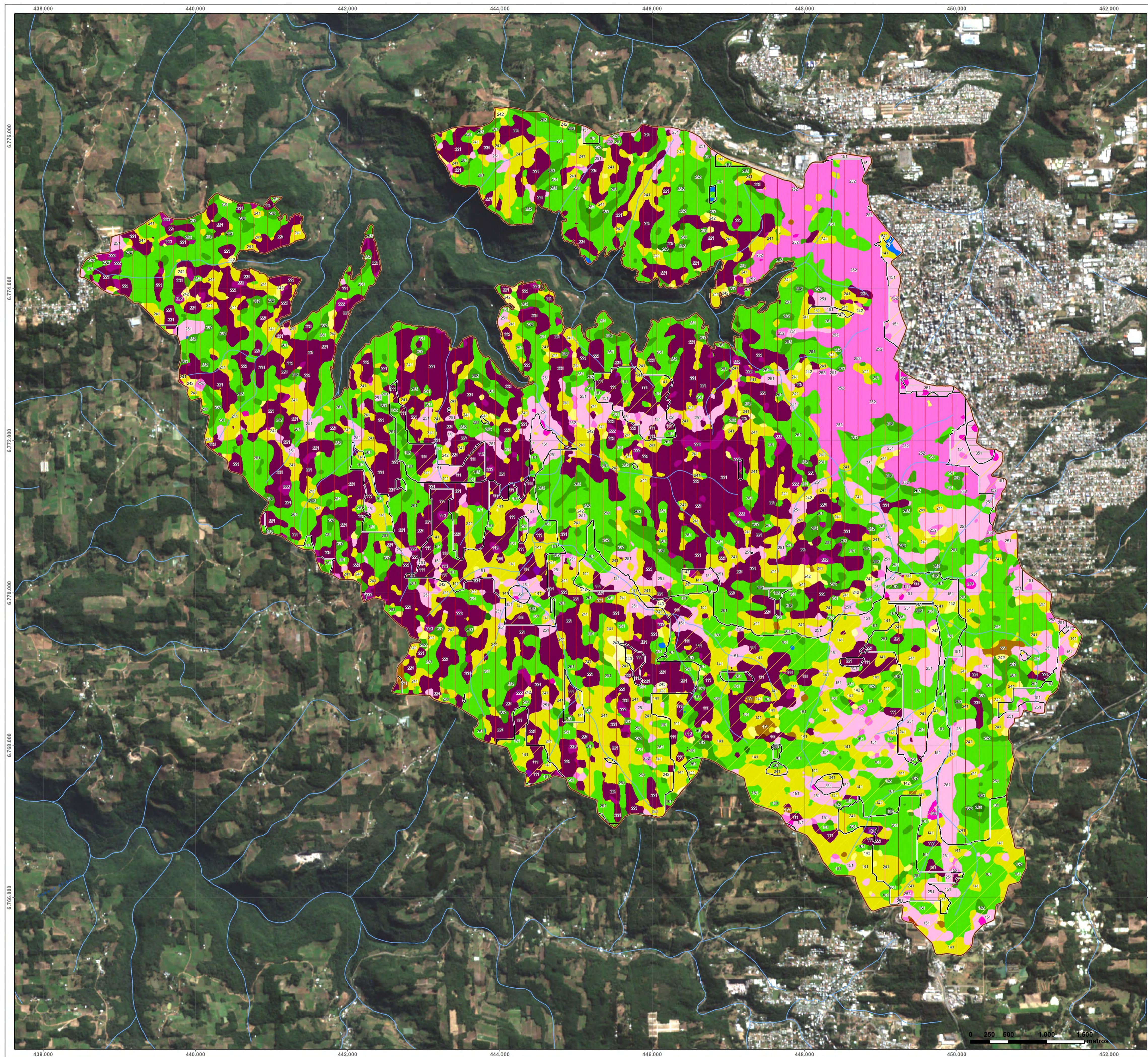
VAUDOUR, E.; CAREY, V. A.; GILLIOT, J. M. Digital zoning of South African viticultural terroirs using bootstrapped decision trees on morphometric data and multitemporal SPOT images. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 12, p. 2940–2950, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2010.08.001>>.

VIEL, J. A.; ROSA, K. K. da; HOFF, R. ESTUDO DA EROSÃO SUPERFICIAL DO SOLO

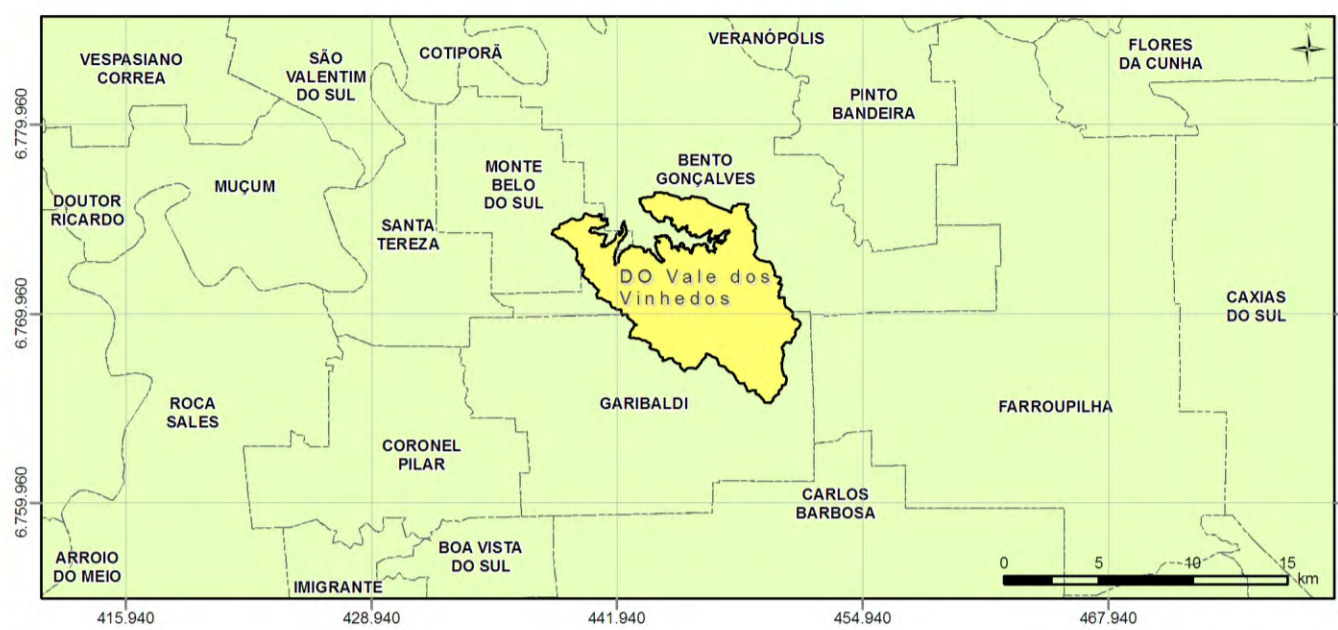
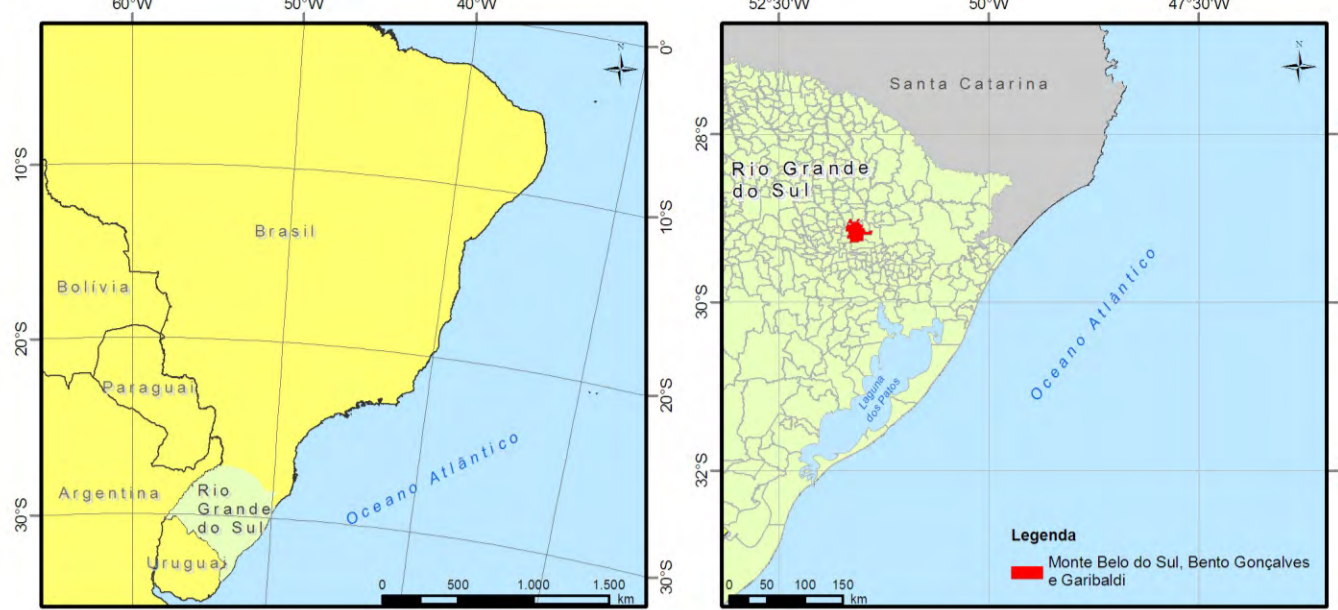
POR MEIO DE SIG NA REGIÃO DA DENOMINAÇÃO DE ORIGEM VALE DOS VINHEDOS (BRASIL). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 3, p. 521–533, 2017a.

VIEL, J. A.; ROSA, K. K. da; HOFF, R. AVALIAÇÃO DO EFEITO DO DOSSEL VEGETATIVO NA ESTIMATIVA DA PERDA DO SOLO EM ÁREA DE VINHEDOS USANDO SIG. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, 2017b.

ANEXO I



Mapa de Localização

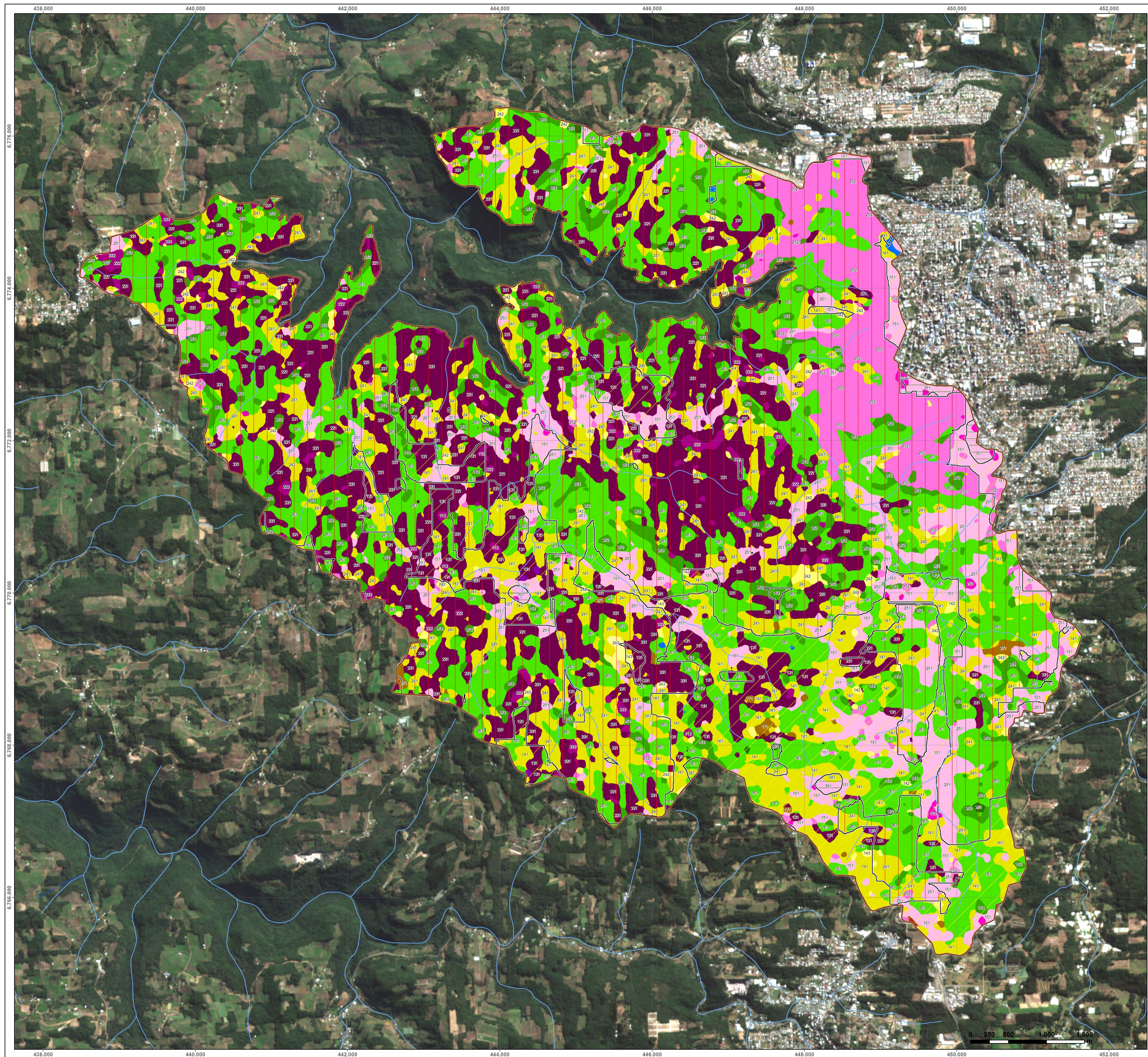


Legenda

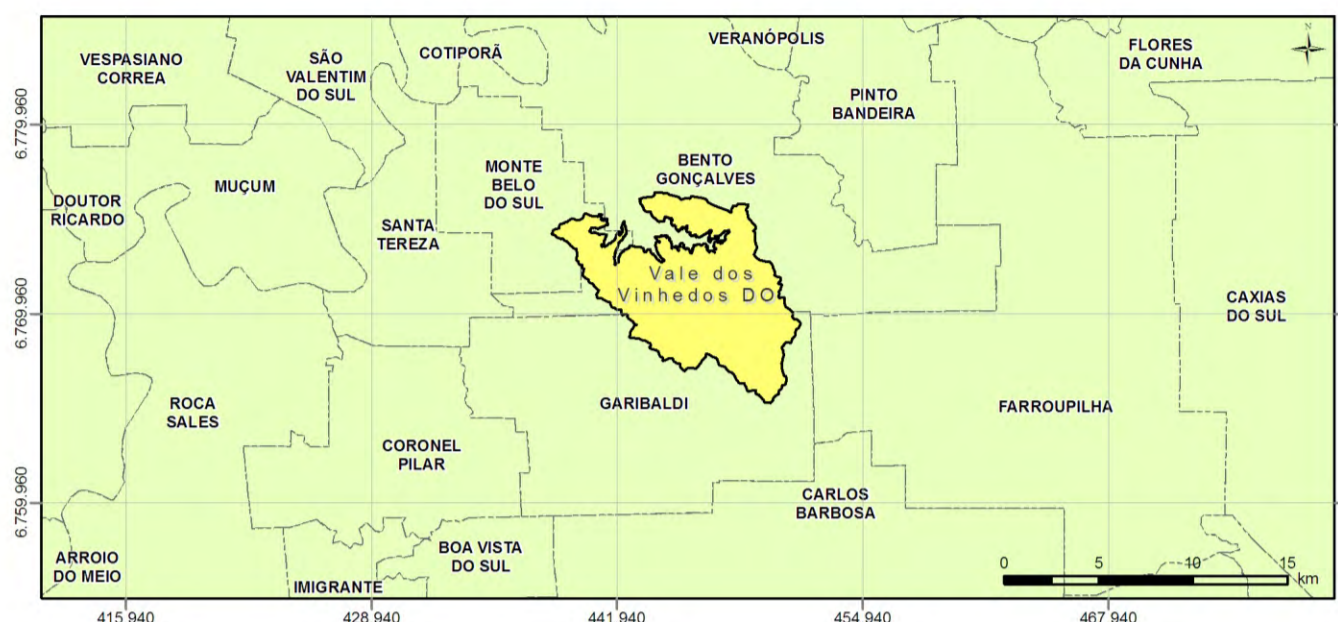
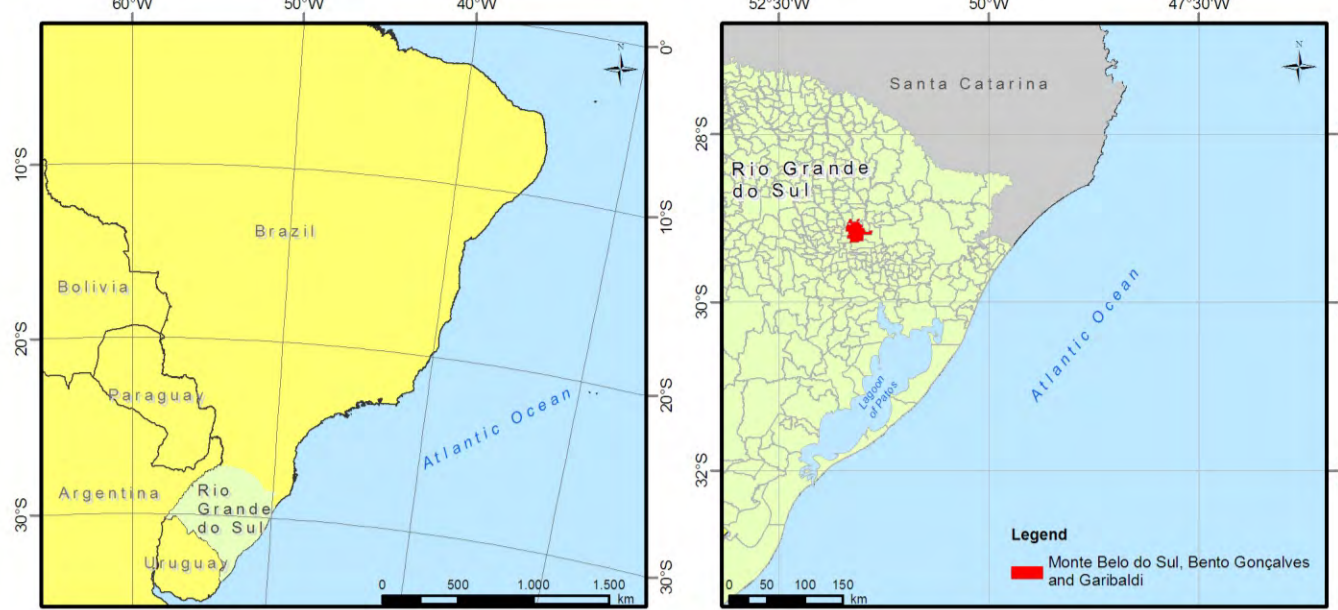
- Cursos d' Água
- Limite da Denominação de Origem Vale dos Vinhedos
- Padrão de forma semelhante:**
- Padrão em forma de Colinas
- Padrão em forma de Morros
- Padrão em forma de Terrenos planos
- Integração da Geomorfologia com o Uso e Cobertura da Terra:**
- 111 - Padrão em forma de colinas com vertente côncava tendo como uso vinhedos de condução espaladeira
- 112 - Padrão em forma de colinas com vertente convexa tendo como uso vinhedos de condução espaladeira
- 123 - Padrão em forma de colinas com vertente retilínea tendo como uso vinhedos de condução latada
- 131 - Padrão em forma de colinas com vertente côncava tendo como cobertura e uso corpos hídricos
- 141 - Padrão em forma de colinas com vertente côncava tendo como uso agropecuária
- 142 - Padrão em forma de colinas com vertente convexa tendo como uso agropecuária
- 143 - Padrão em forma de colinas com vertente retilínea tendo como uso agropecuária
- 151 - Padrão em forma de colinas com vertente côncava tendo como uso áreas construídas
- 152 - Padrão em forma de colinas com vertente convexa tendo como uso áreas construídas
- 153 - Padrão em forma de colinas com vertente retilínea tendo como uso áreas construídas
- 161 - Padrão em forma de colinas com vertente côncava tendo como cobertura e uso florestas
- 162 - Padrão em forma de colinas com vertente convexa tendo como cobertura e uso florestas
- 163 - Padrão em forma de colinas com vertente retilínea tendo como cobertura e uso floresta
- 171 - Padrão em forma de colinas com vertente côncava tendo como uso solo exposto
- 172 - Padrão em forma de colinas com vertente convexa tendo como uso solo exposto
- 173 - Padrão em forma de colinas com vertente retilínea tendo como uso solo exposto
- 213 - Padrão em forma de morros com vertente retilínea tendo como uso vinhedos de condução espaladeira
- 221 - Padrão em forma de morros com vertente côncava tendo como uso vinhedos de condução latada
- 222 - Padrão em forma de morros com vertente convexa tendo como uso vinhedos de condução latada
- 231 - Padrão em forma de morros com vertente côncava tendo como cobertura e uso corpos hídricos
- 241 - Padrão em forma de morros com vertente côncava tendo como uso agropecuária
- 242 - Padrão em forma de morros com vertente convexa tendo como uso agropecuária
- 243 - Padrão em forma de morros com vertente retilínea tendo como uso agropecuária
- 251 - Padrão em forma de morros com vertente côncava tendo como uso áreas construídas
- 252 - Padrão em forma de morros com vertente convexa tendo como uso áreas construídas
- 253 - Padrão em forma de morros com vertente retilínea tendo como uso áreas construídas
- 261 - Padrão em forma de morros com vertente côncava tendo como cobertura e uso florestas
- 262 - Padrão em forma de morros com vertente convexa tendo como cobertura e uso florestas
- 263 - Padrão em forma de morros com vertente retilínea tendo como cobertura e uso floresta
- 271 - Padrão em forma de morros com vertente côncava tendo como uso solo exposto
- 272 - Padrão em forma de morros com vertente convexa tendo como uso solo exposto
- 341 - Padrão em forma de terrenos planos com vertente côncava tendo como uso agropecuária
- 351 - Padrão em forma de terrenos planos com vertente côncava tendo como uso áreas construídas
- 353 - Padrão em forma de terrenos planos com vertente retilínea tendo como uso áreas construídas
- 361 - Padrão em forma de terrenos planos com vertente côncava tendo como cobertura e uso floresta

Mapa de Geomorfologia Integrado com os Padrões de Uso e Cobertura da Terra

Informações Cartográficas	Fonte de Dados
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000 Sistema de Coordenadas: UTM Escala: 1:25.000	- Limite Denominação de Origem: Embrapa Uva e Vinho, 2005. - Cursos d' Água: Hasenack e Weber (org.) 2007. - Integração Geomorfologia com os Padrões de Uso e Cobertura da Terra: Viel, 2017. - Imagem Sentinel: USGS, 2017.
Informações Gerais	Elaboração: Jorge Antônio Viel
Data: 29/11/2017	



Location of study area



Legend

- Stream
- Boundary of Vale dos Vinhedos designation of origin
- Patterns and types of relief shapes:**
- Hill
- High hills
- Ground plains with low relief
- Integration of geomorphology with land cover and land use:**
- 112 - Hills with convex surface and espalier vineyards
- 121 - Hills with concave surface and trellised vineyards
- 123 - Hills with flat surface and trellised vineyards
- 131 - Hills with concave surface and water body
- 141 - Hills with concave surface and agricultural land
- 142 - Hills with convex surface and agricultural land
- 143 - Hills with flat surface and agricultural land
- 151 - Hills with concave surface and urban or built-up land
- 152 - Hills with convex surface and urban or built-up land
- 153 - Hills with flat surface and urban or built-up land
- 161 - Hills with concave surface and forest (native or not)
- 162 - Hills with convex surface and forest (native or not)
- 163 - Hills with flat surface and forest (native or not)
- 171 - Hills with concave surface and exposed soil
- 172 - Hills with convex surface and exposed soil
- 173 - Hills with flat surface and exposed soil
- 213 - High hills with flat surface and espalier vineyards
- 221 - High hills with concave surface and trellised vineyards
- 222 - High hills with convex surface and trellised vineyards
- 231 - High hills with concave surface and water body
- 241 - High hills with concave surface and agricultural land
- 242 - High hills with convex surface and agricultural land
- 243 - High hills with flat surface and agricultural land
- 251 - High hills with concave surface and urban or built-up land
- 252 - High hills with convex surface and urban or built-up land
- 253 - High hills with flat surface and urban or built-up land
- 261 - High hills with concave surface and forest (native or not)
- 262 - High hills with convex surface and forest (native or not)
- 263 - High hills with flat surface and forest (native or not)
- 271 - High hills with concave surface and exposed soil
- 272 - High hills with convex surface and exposed soil
- 341 - Ground plains with low relief concave surface and agricultural land
- 351 - Ground plains with low relief concave surface and urban or built-up land
- 353 - Ground plains with low relief flat surface and urban or built-up land
- 361 - Ground plains with low relief concave surface and forest (native or not)

Map from Integration of geomorphology with land cover and land use

Cartographic information	Source
 Horizontal Datum : SIRGAS 2000 Coordinate System: UTM - Zone 22 south Scale: 1:25.000	- Boundary of Vale dos Vinhedos designation of origin : Embrapa Uva e Vinho, 2005. - Stream: Hasenack e Weber (org.) 2007. - Integration of geomorphology with land cover and land use: Viel, 2017. - Image Sentinel (july, 2017): USGS.
General information	
Date: 01/02/2018	Elaboration: Jorge Antônio Viel