



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

VINÍCIUS MELLO IRIA

**VALIDAÇÃO DO GEORREFERENCIAMENTO EM
VOLUMETRIA OBTIDA POR AERONAVE REMOTAMENTE
PILOTADA – RPA EM VOÇOROCA NO MUNICÍPIO DE
ANHEMBI - SP**

VINÍCIUS MELLO IRIA

**VALIDAÇÃO DO GEORREFERENCIAMENTO EM
VOLUMETRIA OBTIDA POR AERONAVE REMOTAMENTE
PILOTADA – RPA EM VOÇOROCA NO MUNICÍPIO DE
ANHEMBI - SP**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Nardini Gomes

Londrina
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

IR68 Iria, Vinícius Mello .
VALIDAÇÃO DO GEORREFERENCIAMENTO EM VOLUMETRIA OBTIDA POR AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA - RPA EM VOÇOROCA NO MUNICÍPIO DE ANHEMBI - SP / Vinícius Mello Iria. - Londrina, 2019.
57 f.

Orientador: Luciano Nardini Gomes.
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Perfil Topográfico - Tese. 2. Georreferenciamento - Tese. 3. Aeronave Remotamente Pilotada - RPA - Tese. 4. Anhembi - SP - Tese. I. Gomes, Luciano Nardini. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU 91

VINÍCIUS MELLO IRIA

**VALIDAÇÃO DO GEORREFERENCIAMENTO EM VOLUMETRIA
OBTIDA POR AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA – RPA EM
VOÇOROCA NO MUNICÍPIO DE ANHEMBI - SP**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Luciano Nardini Gomes
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Osvaldo Coelho Pereira Neto
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Pedro Rodolfo Siqueira Vendrame
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. José Mariano Caccia Gouveia
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho – UNESP

Londrina, 19 de dezembro de 2019

À Osmar Iria(*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer a Universidade Estadual de Londrina (UEL) por ter sido o lugar de realização das minhas vivências e do suporte aos meus estudos.

Um agradecimento especial ao meu orientador prof. Dr. Luciano Nardini Gomes por confiar em meu trabalho, tendo paciência, investindo tempo e compartilhando conhecimento.

Aos componentes da banca de avaliação, prof. Dr. Osvaldo Coelho Pereira Neto, prof. Dr. Pedro Rodolfo Siqueira Vendrame e prof. Dr. José Mariano Caccia Gouveia pela generosidade em participar deste momento e contribuir para a pesquisa.

Aos professores e colegas de turma da pós graduação por terem partilhado muitos saberes, temores e alegrias.

A minha família que sempre me apoiou nos estudos e nas escolhas tomadas. A Larissa por sempre me incentivar e compreender nos momentos difíceis.

Aos amigos que pude dividir as minhas aspirações e confiar.

A Deus por ter me proporcionado permanecer em fé e me sustentado.

Obrigado!

IRIA, Vinícius Mello. **Validação do georreferenciamento em volumetria obtida por aeronave remotamente pilotada – RPA em voçoroca no município de Anhembi - SP**. 2019. 52 f. Dissertação de Mestrado (Geografia) – Centro de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

RESUMO

A conservação do solo é essencial para os sistemas agrícolas, principalmente quando se objetiva o equilíbrio entre produtividade e meio ambiente. Para isto, os drones tem ganho espaço e importância, principalmente por conta de sua precisão e qualidade nas imagens geradas, deste modo, o objetivo desta pesquisa é averiguar a precisão de um levantamento de volumetria e perfil topográfico de uma voçoroca no município de Anhembi – São Paulo, utilizando fotos aéreas captadas por aeronave remotamente pilotada – RPA, georreferenciadas com pontos de controle e sem pontos de controle. Como metodologia foi realizado um voo com o drone DJI Phantom 4 Pro. As imagens foram trabalhadas pelo Agisoft educacional. Como resultados, podemos aferir que a variação encontrada foi sutil, o que demonstra que ao que antecede a contratação de um profissional para captação para os pontos de controle, devem ser consideradas outras variantes como aumento de carga horária e custos destes, em comparativo a estudos que não necessitam de um nível de precisão maior que o encontrado sem os pontos de controle, e se realizados de forma eficaz, também são aceitos.

Palavras-chave: Perfil topográfico. Georreferenciamento. Aeronave remotamente pilotada – RPA. Anhembi – SP.

IRIA, Vinícius Mello. **Validation of georeferencing in volumetry obtained by remotely piloted aircraft – RPA in voçoroca in Anhembi - SP.** 2019. 52 p. Dissertação de Mestrado (Geografia) – Centro de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

ABSTRACT

Soil conservation is essential for agricultural systems, especially when balancing productivity and the environment. For this, the drones have gained space and importance, mainly because of their precision and quality in the generated images. Thus, the objective of this search is to verify the accuracy of a volumetric survey and topographic profile of a gully in the municipality of Anhembi - Brazil. São Paulo, using aerial photos captured by remotely piloted aircraft - RPA, georeferenced with control points and without control points. As methodology was performed a flight with the drone DJI Phantom 4 Pro. The images were worked by the educational Agisoft. As a result, we can see that the variation found was subtle, which demonstrates that prior to hiring a professional to capture the control points, other variants should be considered as increased workload and costs, compared to studies. which do not require a higher level of accuracy than that found without the control points, and if performed effectively, are also accepted.

Key-words: Topographic profile. Georeferencing. Remotely piloted aircraft - RPA. Anhembi – SP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma de conceitos sobre drones.	16
Figura 2 – Arquiteturas de Sistema de Informação Geográfica.....	22
Figura 3 – Foto aérea da área de estudo.	24
Figura 4 – Mapa de localização da área de estudo.....	25
Figura 5 – Mapa de relevo de Anhembi – SP.....	27
Figura 6 – Mapa de solos do município de Anhembi - SP.....	28
Figura 7 – Hidrografia da área de estudo.....	29
Figura 8 – Especificações do primeiro voo realizado com o drone.	32
Figura 9 – Especificações do primeiro voo realizado com o drone.	32
Figura 10 – Exemplos de pontos de controle.	37
Figura 11 – Mapa de perfil topográfico - Corte A - A' (com pontos de controle).	38
Figura 12 – Mapa de perfil topográfico - Corte A - A' (sem pontos de controle).	39
Figura 13 – Perfil topográfico - Corte A - A' (com pontos de controle).	40
Figura 14 – Perfil topográfico - Corte A - A' (sem pontos de controle).	41
Figura 15 – Mapa de perfil topográfico - Corte A - B' (com pontos de controle).	42
Figura 16 – Mapa de perfil topográfico - Corte A – B' (sem pontos de controle).	43
Figura 17 – Perfil topográfico - Corte A - B' (com pontos de controle).	44
Figura 18 – Perfil topográfico - Corte A - B' (sem pontos de controle).	45
Figura 19 – Mapa de perfil topográfico – Corte C – C' (com pontos de controle).	46
Figura 20 – Mapa de perfil topográfico – Corte C – C' (sem pontos de controle).	47
Figura 21 – Perfil topográfico - Corte C - C' (com pontos de controle).	48
Figura 22 – Perfil topográfico - Corte C - C' (sem pontos de controle).	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E VOÇOROCAS	11
2.1	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL DO CÓDIGO VIGENTE (CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO, LEI FLORESTAL 12.651/2012 E LEI FLORESTAL 12.727/2012)	12
3	REAL TIME KINEMATIC (RTK)	14
4	O USO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTs) NA OBTENÇÃO DE IMAGENS AÉREAS	15
5	GEOPROCESSAMENTO	19
5.1	LEGISLAÇÃO SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	20
5.1.1	Histórico	20
5.1.2	Definições.....	20
5.1.3	Componentes	21
6	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	24
7	METODOLOGIA	30
8	RESULTADOS	36
9	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A conservação do solo é etapa fundamental dos sistemas agrícolas, notadamente quando se visa equilíbrio entre produtividade e meio ambiente. Quando não realizada, o solo fica susceptível à ação dos processos erosivos, que pode culminar em grandes áreas impactadas denominadas voçorocas, cuja recuperação depende de projeto de dispêndio financeiro e de tempo.

A mensuração e geração cartográfica digital evoluíram muito, quando comparado aos métodos convencionais de medição, nesse sentido, a utilização de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAs) se constitui técnica com maior crescimento no mercado de mapeamento.

Os drones tem ganho cada vez mais espaço e importância, fato este que se demonstra aos diversos campos de atuação, nas áreas de energia, transporte, comunicação, planejamento urbano e regional, análise de recursos naturais, entre outros. Os fatores que contribuem para sua difusão se referem principalmente ao custo/benefício de precisão e qualidade nas imagens.

Na geografia as imagens geradas por estes aparelhos tem contribuído para a análise de diferentes locais, no meio urbano ou rural sob várias problemáticas passíveis de serem pensadas por esta ciência e trabalhadas por meio de ferramentas como o georreferenciamento.

Desta maneira, o objetivo deste ensaio é validar a precisão de um levantamento de volumetria e perfil topográfico de uma voçoroca no município de Anhembi – São Paulo, utilizando fotos aéreas captadas por aeronave remotamente pilotada – RPA, georreferenciadas com pontos de controle e sem pontos de controle.

No primeiro capítulo teórico intitulado “Área de preservação permanente e voçorocas” a pesquisa se debruça sobre a caracterização desses elementos e sobre a legislação que rege as áreas de proteção permanente, bem como sua importância para preservação do solo, a fim de evitar o desenvolvimento de voçorocas.

O segundo capítulo nomeado “Real Time Kinematic (RTK)” tem por objetivo apontar a importância deste tipo de equipamento para melhor precisão dos trabalhos realizados. Para o capítulo “O uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) na obtenção de imagens aéreas” foram apresentados os usos e a importância destes equipamentos nos trabalhos realizados em diferentes campos

que podem contribuir para a correta tomada de decisões no manejo do solo.

No capítulo sobre “Geoprocessamento” fica disposto a importância desta ferramenta para a extração das informações geográficas, bem como seu histórico, discussão sobre as suas definições na geografia e componentes essenciais.

Adiante tem a caracterização da área de estudo, onde há uma explanação sobre as características físicas que são encontradas na região onde esta inserida a voçoroca no município de Anhembi – SP.

Na metodologia foram apresentados os equipamentos e as técnicas que foram necessárias para a elaboração de mapas que possibilitaram realizar a análise que consta no capítulo de resultados.

2 ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E VOÇOROCAS

As áreas de preservação permanentes ciliares (APPs) são locais especialmente protegidos pela legislação ambiental brasileira, visando principalmente manter a integridade dos mananciais, atuando como tampão para a entrada de poluentes no curso d'água proveniente do escoamento superficial. A largura do curso d'água define a largura da faixa de preservação, que pode ser composta de florestas e demais formas de vegetação nativa. Entretanto, a exploração agrícola desmesurada, visando máxima produtividade, culmina com o não respeito à faixa de vegetação ciliar prevista no art. 2º da Lei nº 4.771/1965.

Segundo Marques (2008), durante o século passado e os primeiros anos do século XXI tem se registrado uma expansão demográfica mundial sem precedentes. Atualmente a população mundial atinge mais de 7,7 bilhões de pessoas e segundo estimativas da ONU, alcançará os 9000 milhões até o ano 2050. Diversos estudos alertam sobre a contínua perda de solos agricultáveis por erosão, seja pela ação do homem, não empregando práticas sustentáveis ou por fenômenos naturais. Neste sentido, o setor agrícola deve incrementar as produções a fim de alimentar uma população em contínuo crescimento.

A necessidade de aumentar a produtividade agrícola para que a demanda crescente por alimentos tem mais relação com a preservação das APP do que com sua ocupação desordenada, pois segundo Gomes (2001) a exploração predatória do solo causa impactos como erosão intensa, assoreamento dos corpos hídricos, desertificação, entre outros. Ou seja, o uso desordenado do solo visando a maior área de ocupação pode gerar uma queda da produtividade, ou até inviabilizar agricultura no local.

A exemplo das possíveis consequências do mau uso do solo podemos mencionar a erosão e, em casos extremos, as voçorocas. Estas se formam a partir da retirada da vegetação de determinada área deixando-a exposta a erosão. Com o solo desnudo e a queda de gotículas de água, geralmente provenientes das águas da chuva, onde os sedimentos são transportados de um local para outro. Este movimento é prejudicial uma vez que desfaz as principais estruturas da composição do solo, transportando nutrientes e sais minerais presentes para as partes mais baixas do relevo.

Desse modo, as voçorocas podem ser entendidas como “escavação ou rasgão de solo ou rocha decomposta, acarretado pela erosão do lençol do escoamento superficial” (LOPES; GUERRA, 2001, s/p). As voçorocas podem ter vários metros de profundidade e comprimento, variando conforme o fluxo de água no local, o que possibilitará a movimentação das partículas do solo. Há um agravamento dos casos quando as voçorocas chegam ao nível do lençol freático, pois não será mais necessário a água da chuva como carreador das partículas do solo.

Portanto, o manejo adequado do solo é essencial para conservação do mesmo, bem como a conservação das APPs, estas já previstas no Código Florestal brasileira, entendidas enquanto barreira natural de proteção dos corpos hídricos das influências externas, como os sedimentos. Também traz diversos benefícios para o ecossistema, evitando que os impactos causem um desequilíbrio ambiental e conservando biodiversidade, além de causar uma melhora da qualidade de vida da população e fornecendo inimigos naturais contra pragas e doenças que atingem a produção agrícola.

2.1 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL DO CÓDIGO VIGENTE (CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO, LEI FLORESTAL 12.651/2012 E LEI FLORESTAL 12.727/2012)

A lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (Novo Código Florestal), “estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal” (Brasil, 2012), por meio dela entende-se como Área de Preservação Permanente (APP) a “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” e Reserva Legal como “área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa”.

As APPs podem ser referentes às matas ciliares e são de extrema

importância para a manutenção dos ecossistemas aquáticos, entendendo que esta última se refere “às faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene ou intermitente, desde a borda da calha do leito regular; às áreas no entorno de lagos e lagoas naturais; às áreas no entorno dos reservatórios d’água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d’água naturais e às áreas no entorno de nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica” (Brasil, 2012).

O art. 2º do Código Florestal também estabelece proteção permanente para as bordas de tabuleiros ou chapadas, os topos de morro, montes, montanhas e serras e para as encostas com alta declividade, entre outras áreas de grande relevância ambiental.

Desta forma, a legislação prevista no Código Florestal estabelece por meio das APPs e reservas legais (RL) a preservação da biodiversidade, buscando reduzir, em maior escala, os riscos da intensificação dos eventos climáticos extremos. Também objetiva a proteção das nascentes e dos rios, mitigando a erosão dos solos, deslizamentos de terra e a chegada de partículas ao corpo hídrico.

Como possibilidade de fiscalização e manejo dos remanescentes florestais, o uso de *drones* se apresenta de maneira eficaz e de baixo custo se comparado a outras ferramentas de aquisição de fotos aéreas, o que proporciona a análise constante destes locais.

3 REAL TIME KINEMATIC (RTK)

Para que o monitoramento de áreas, urbana ou rural, seja eficiente, é necessário que as imagens geradas pelos equipamentos mostrem com precisão os locais em análise. Para tanto, a escolha do sistema *Real Time Kinematic* (RTK) se apresenta como opção eficaz.

Os GPSs de navegação mais comuns como os disponíveis em celulares ou em automóveis dispõem de um posicionamento com precisão de 5 a 10 metros. Esta precisão é lograda medindo os tempos de envio de sinal e o cálculo do tempo que o sinal leva para fazer a viagem de volta dos satélites, no entanto, alguns fatores podem influenciar essa viagem e provocar menor precisão.

Durante o envio e a volta dos sinais emitidos, os mesmos viajam através da atmosfera e ao passar pela ionosfera e troposfera são atenuados e perturbados, a exemplo de dias nublados. Estes fatores não afetam demasiadamente funções mais básicas como guiar uma viagem de carro, no entanto, para análises mais técnicas é necessário uma precisão maior dos locais estabelecidos.

Nas áreas de topografia e ou geodésia os pesquisadores e profissionais já fazem uso de métodos de posicionamento que contribuem para que o sistema de GPS tenha mais precisão, dentre eles podemos mencionar o RTK que reduz os erros e proporciona precisão de centímetros.

O método RTK se utiliza de dois receptores, um é estacionário e chamado de “estação base”, que normalmente fica em um ponto de coordenada mais conhecido, e o outro receptor é o “rover”, que fica junto ao técnico realizando a coleta dos dados. A estação base fica continuamente calculando as correções que se referem às coordenadas do ponto em que fica, tais correções são repassadas para o rover concomitantemente. (Santiago e Cintra, 2018, s/p).

As vantagens do uso deste método se referem à precisão fornecida e a agilidade proporcionada pelos equipamentos, reduzindo custos para empresas e clientes. Para além destes fatores, a variedade de análises dos produtos gerados por esse método tornam trabalhos técnicos mais precisos e eficazes principalmente se associados ao uso de *drones*.

4 O USO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTS) NA OBTENÇÃO DE IMAGENS AÉREAS

O emprego de veículos aéreos não tripulados (VANT) tem se tornado mais comum nos dias atuais. Isto se deve a possibilidade da rápida aquisição de dados em determinado local e da possibilidade do aumento de precisão, tornando-o indispensável em diversos setores, com ênfase a agricultura de precisão, mineração, entre outros.

O conceito de “veículo aéreo não tripulado” é conhecido mundialmente e abrange aeronaves que podem ser autônomas, semiautônomas ou remotamente operadas. Os VANTs tem como principal componente um sistema de controle apto a manter a aeronave estabilizada e realizar manobras pré estabelecidas por uma rota; deste modo, se ampliam a variedade de missões passíveis de serem realizadas por esses equipamentos. (Jorge; Inamasu, 2014).

Ao que compete à legislação brasileira vigente, só se caracteriza como VANT aeronaves projetadas para operar sem piloto a bordo, no entanto, este não pode ser de caráter recreativo e deve possuir carga útil embarcada (FAB, s/d). Caso o aparelho seja usado para fins recreativos, por definição legal, este se enquadrará na legislação pertinente de aeromodelos e não de VANTs.

Ao que compete aos VANTs existem dois tipos, o mais popular é a Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), em que o veículo aéreo é pilotado através de um controle remoto, computador, entre outros. O segundo modelo é conhecido como “Aeronave Autônoma” em que, após programada não há interferência de pilotagem externa durante o voo; no entanto, não é permitido o uso de “Aeronaves autônomas” em território brasileiro. (Borges e Silva, 2018)

Borges e Silva (2018) elaboraram um modelo de fluxograma que expõe de maneira mais clara as terminologias antes apresentados.



Figura 1: Fluxograma de conceitos sobre drones.
Fonte: Borges e Silva, 2018.

Ainda de acordo com Borges e Silva (2018) a utilidade mais comum de drones no Brasil é para entretenimento, na área de publicidade, fotografias, bem como o crescente uso na área de segurança, onde é aplicada no controle fronteiro e no resgate de pessoas, na luta contra incêndios e emergências. Para além destes segmentos, as áreas técnicas tem seu crescente uso, como mencionado anteriormente, na agricultura, urbanismo, recursos minerais, entre outros.

4.1 O USO DE VANTS EM ÁREAS DEGRADADAS

Ao que confere a áreas degradadas, o mapeamento se constitui como etapa imprescindível em um projeto de recuperação destas, quantificando o dano ambiental e subsidiando tomadas de decisão no intuito de estabilizar e restaurar a paisagem do ecossistema que foi danificado ou destruído.

A erosão, como já mencionado, é definida como processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas constituintes do solo, proporcionando a degradação de áreas, reduzindo a produtividade nos sistemas agrícolas, pastoris e florestais e poluindo mananciais, alterando suas propriedades físicas, químicas e biológicas pelo aporte de sedimentos das áreas à montante. Os

danos ao meio ambiente são potencializados quando a ação do processo erosivo evolui, de erosão laminar e em sulcos, para a voçoroca, onde a paisagem é drasticamente alterada e o volume de material aportado é maior, ocasionando a degradação e em muitos casos a inviabilidade dos mananciais pelo assoreamento e enchentes.

A preocupação com a recuperação de uma área degradada, geralmente está atrelada à uma sanção inerente à uma infração ambiental e não à conscientização do proprietário do imóvel sobre a importância dessa ação, devido principalmente aos elevados custos de levantamento de dados, elaboração e execução de projetos de recuperação. As evoluções das geotecnologias e da informática disponibilizam equipamentos e programas que viabilizam a coleta e processamento de mais dados em campo, que se corretamente manipulados culminam em material de confiabilidade para o planejamento proposto, reduzindo o tempo e o custo do mapeamento que embasará os futuros projetos.

Cândido, Silva e Paranhos Filho (2015) analisaram imagens de alta resolução espacial obtidas por VANT no planejamento do uso e ocupação do solo. Os resultados apresentados destacam o uso de VANT como ótimas ferramentas e passíveis de utilização em diversas áreas, incluindo rotina de perícia ambiental e monitoramento de recuperação de áreas degradadas, no âmbito do Código Florestal Brasileiro.

A utilização dos produtos dos VANTs são importantes na recuperação de áreas degradadas e na remediação de desastres ambientais, sejam estes naturais ou antrópicos. A versatilidade de sensores que podem ser acoplados à plataforma de voo, a citar RGB e multispectrais, proporciona resultados pertinentes ao planejamento dessas áreas. Especificamente em solos em adiantado estado de degradação, quando as voçorocas alteram a paisagem, o processamento de fotos e imagens obtidas por RPAs (Aeronave Remotamente Pilotada) podem fornecer informações importantes, como ocupação, área, extensão e volume da feição erodida.

Petri e Bourscheidt (2017) compararam resultados da aplicação da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) com o uso de modelos digitais do terreno obtidos por carta topográficas na escala 1:10.000 e modelo digital de elevação (DEM) obtido do processamento de fotos obtidas por RPA. Os autores ressaltaram o aumento de precisão obtido no levantamento por RPA, destacando o

método como uma tecnologia emergente em diagnósticos ambientais.

Para a utilização dos RPAs com a finalidade de mapeamento, o usuário deve ser cadastrado no Departamento de Controle Aéreo (DECEA), órgão central do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), que tem como finalidade gerenciar o espaço aéreo do país, e acessar o Sistema de Solicitação de Acesso ao Espaço Aéreo por RPAS (SARPAS). Como o custo para a aquisição de alguns modelos de RPAs é baixo e a maioria dos aparelhos é de simples interface, a sua utilização acaba popularizada e realizada sem a devida autorização legal por parte dos usuários, oferecendo riscos à sociedade.

5 GEOPROCESSAMENTO

A aquisição de dados sobre a distribuição geográfica é e sempre foi importante ferramenta para sociedades organizadas. Até recentemente esses dados eram organizados espacialmente em papel e na maioria das vezes à mão, dificultando a análise integrada de vários mapas e dados, simultaneamente. O geoprocessamento ganha espaço com o desenvolvimento da tecnologia computacional, tornando possível representar e armazenar informações em ambiente computacional (CÂMARA; DAVIS, 2001).

Ao que compete às imagens geradas por drones, o geoprocessamento é importante para o geógrafo, pois é uma ferramenta capaz de extrair informações geográficas para análises dos locais apresentados.

Para a EMBRAPA (2014), o geoprocessamento é uma poderosa ferramenta computacional, que processa dados geograficamente referenciados e pode ser bastante útil na abordagem integrada de grandes bancos de dados, de diferentes setores, permitindo entre outras, a análise matemática e estatística desses dados, essencial ao gerenciamento dos recursos naturais.

Portanto, segundo Câmara e Davis (2001), o termo geoprocessamento “denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica”. A influência do geoprocessamento vem crescendo, principalmente nos trabalhos ligados a Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

O geoprocessamento é fundamental nos dias de hoje para fornecer informações adequadas para tomadas de decisões ligadas ao planejamento, seja ele urbano, rural ou ambiental. No geoprocessamento a principal ferramenta computacional utilizada é o SIG (Sistema de Informação Geográfica), do inglês GIS (Geographic Information System).

5.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

5.1.1 Histórico

Segundo Câmara e Davis (2001), iniciou-se na década de 60, no Canadá, com a finalidade de criar um inventário de recursos naturais. A tecnologia necessária para o bom aproveitamento do SIG tinha um custo muito alto, além de necessitar de mão de obra altamente especializada (de alto custo) e de não existir, ainda, programas comerciais para tal tarefa, obrigando o interessado a desenvolver sua própria ferramenta.

Nos anos 70 que a expressão *Geographic Information System* foi criada e nesta década “foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de hardware, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais” (CÂMARA; DAVIS, 2001). Na década de 70 houve o desenvolvimento de cálculos voltados a cartografia e também ligados a geometria computacional. Porém eram necessários computadores de grande porte para a utilização dessa ferramenta e seu custo era altíssimo, sendo somente as grandes organizações possuidoras desses recursos.

“No decorrer dos anos 80, ocorreu uma grande difusão do uso de GIS. A incorporação de muitas funções de análise espacial proporcionou também um alargamento do leque de aplicações de GIS” (CÂMARA; DAVIS, 2001).

Os primeiros trabalhos que utilizaram essa tecnologia eram voltados mais para aplicações ambientais básicas como mapeamento de áreas desmatadas. Com o desenvolvimento dessas ferramentas, atualmente as mais diversas áreas do conhecimento humano utilizam-se desses sistemas, como as áreas de saúde, marketing, gestão municipal, estadual e federal, meio ambiente, qualidade das águas, etc.

5.1.2 Definições

Para Câmara (2001), Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são aqueles que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial. Os SIG's trazem a

possibilidade de organizar as informações sobre determinado assunto e relacioná-las com sua localização geográfica. Para tornar isso possível é necessário que todos os dados geográficos estejam em seu local exato na superfície terrestre e representados em uma projeção cartográfica, ou seja, estejam georreferenciados.

Para Moreira (2003), o SIG:

Permite inserir e integrar informações espaciais provenientes de diversas fontes numa única base de dados (banco de dados), como: cartografia, imagem de satélites, dados censitários, dados de cadastro rural e urbano, dados de redes e de MNT (Modelo Numérico de Terreno). Oferece mecanismo para combinar várias informações através de algoritmos de manipulação e análise, bem como de consulta, recuperação, visualização e plotagem do conteúdo dessa base de dados georreferenciados.

Um SIG não é simplesmente um sistema computacional para fazer mapas. Embora ele possa criar mapas, o SIG é uma ferramenta de análise. A principal vantagem de um SIG é que ele permite identificar a relação espacial entre as entidades dos mapas podendo criar, editar e analisar algo desejado, e ajustá-lo a propósitos específicos.

5.1.3 Componentes

Segundo Moreira (2003), o SIG é composto por cinco elementos:

- Interface homem - máquina: define como o sistema é operado e controlado;

-Entrada e integração de dados: são todos os aspectos de aquisição de dados espaciais contidos nas mais diversas fontes, como mapas, dados coletados em campo, digitalizados, fotografias aéreas e imagens de satélites. A integração de dados tem a função de converter os dados de acordo com o formato em que se quer trabalhar e identificar o local do objeto nos dados originais, de maneira sistemática;

-Consulta e análise espacial: possibilita a manipulação do conjunto de dados para gerar novas informações. Envolve todos os *softwares* de tratamento de dados e se constitui de algoritmos que realizam operações de pré-processamento, classificação e pós-processamento;

-Visualização e plotagem: tem a função de visualizar e plotar os dados, tanto espaciais como alfanuméricos. Para isso podem-se utilizar impressoras, *plotters* e monitores de vídeo;

-Banco de dados geográficos: é o conjunto de arquivos estruturados de forma que facilite o acesso às informações que descrevem determinadas entidades do mundo real. A diferença entre o banco de dados convencional e o banco de dados geográfico, é que, este último, além de armazenar dados alfanuméricos, também armazena os dados da localização das entidades. Para que se possa obter essa estrutura dos dados em um banco de dados geográfico é preciso realizar a modelagem de dados, que especifica o conjunto de aplicações necessárias para estruturar os dados armazenados corretamente.

Segundo Câmara e Medeiros(1998), “cada sistema, em função de seus objetivos e necessidades, implementa estes componentes de forma distinta, mas todos os subsistemas citados devem estar presentes num SIG”. A figura 1 ilustra a relação entre os principais componentes do SIG.

Os dados que podem ser armazenados em um banco de dados são divididos em duas classes de representação: matricial e vetorial. A representação matricial é composta por n (linhas) e m (colunas), sendo que cada célula possui sua localização em termos de uma linha e uma coluna e um valor (Z) que corresponde ao atributo investigado (MOREIRA, 2003).

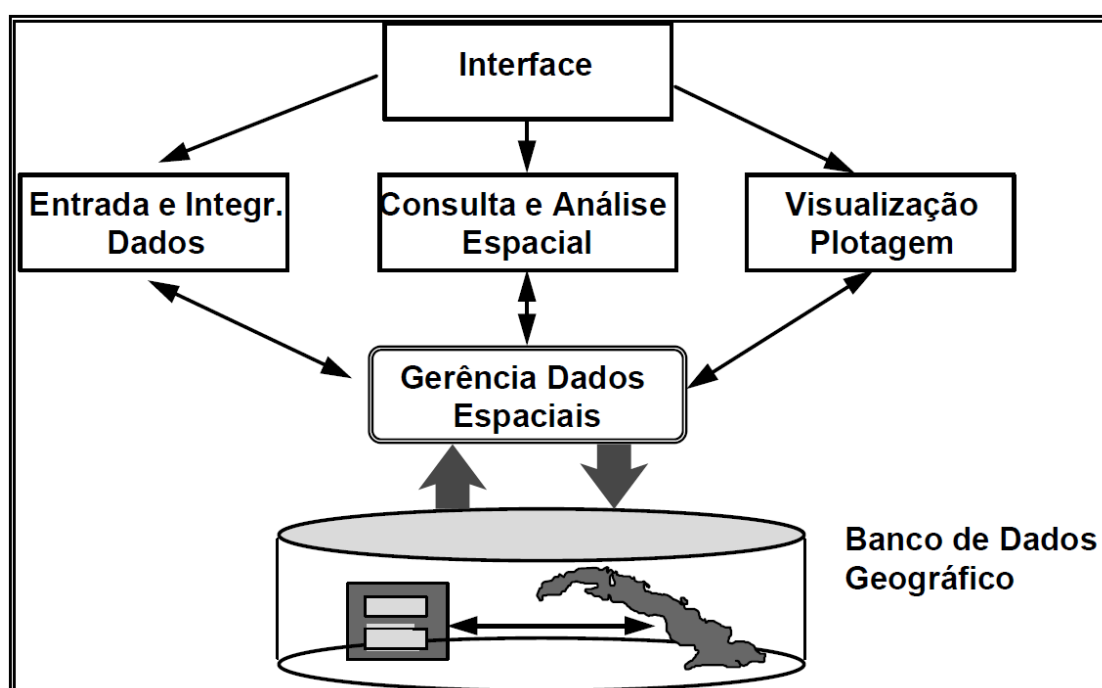


Figura 2: Arquiteturas de Sistema de Informação Geográfica.
Fonte: Câmara (1998)

Ainda segundo o mesmo autor, a representação vetorial de um elemento pode ser apresentada por pontos, linhas ou polígonos. Os pontos são

pares ordenados de coordenadas espaciais e podem armazenar informações do tipo de ponto que está se tratando; as linhas são conjuntos de pontos conectados em sequência e podem armazenar as coordenadas dos pontos que a compõem e informações que indique a qual atributo ela está associada; e os polígonos são regiões de um plano que são delimitadas por linhas, sendo que o último ponto de uma linha coincide com o primeiro da próxima.

6 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O cidade de Anhembi foi formado pelos Bandeirantes na margem esquerda do Rio Tietê, tendo como referência a criação da capela Nossa Senhora dos Remédios da Ponte do Tietê em 2 de fevereiro de 1862. (Anhembi, 2017)

O desenvolvimento do município foi marcado pelo comércio interestadual realizado pelos tropeiros e deu início ao processo político-administrativo local. Até ter autonomia municipal, Anhembi passou por contínuas mudanças tendo sido incorporada ao município de Botucatu em 1869 e se tornou distrito de Pirambóia em 1934. Somente em 1948 que Anhembi adquiri definitivamente autonomia. (Anhembi, 2017).

De acordo a Prefeitura de Anhembi (2017) os indígenas davam ao rio Tietê o nome de “*Anyemby*”, que em português significa rio dos Anhambus, que era uma ave abundante na região em épocas anteriores, sendo este o motivo do nome atual da cidade.

Como consta na página de internet do município, atualmente a cidade conta, com aproximadamente 6.397 habitantes, com área de 736,557 km², tendo como municípios vizinhos Botucatu, Conhas, Piracicaba, Bofete, São Pedro e Santa Maria da Serra. A economia do município é baseada na agropecuária, com ênfase a criação de gado nelô e ao cultivo de cana de açúcar

Na região encontram-se dois biomas, o Cerrado e a Mata Atlântica, com clima Tropical de altitude, fazendo parte da mesorregião de Bauru e da microrregião de Botucatu. (Anhembi, 2017).

A área de estudo está localizada na porção sul do município e pode ser acessada pela Rodovia Samuel de Castro Neves (Figura 04). Esta área é uma voçoroca no interior de uma fazenda que cultiva eucalipto (Figura 03).



Figura 3: Foto aérea da área de estudo.

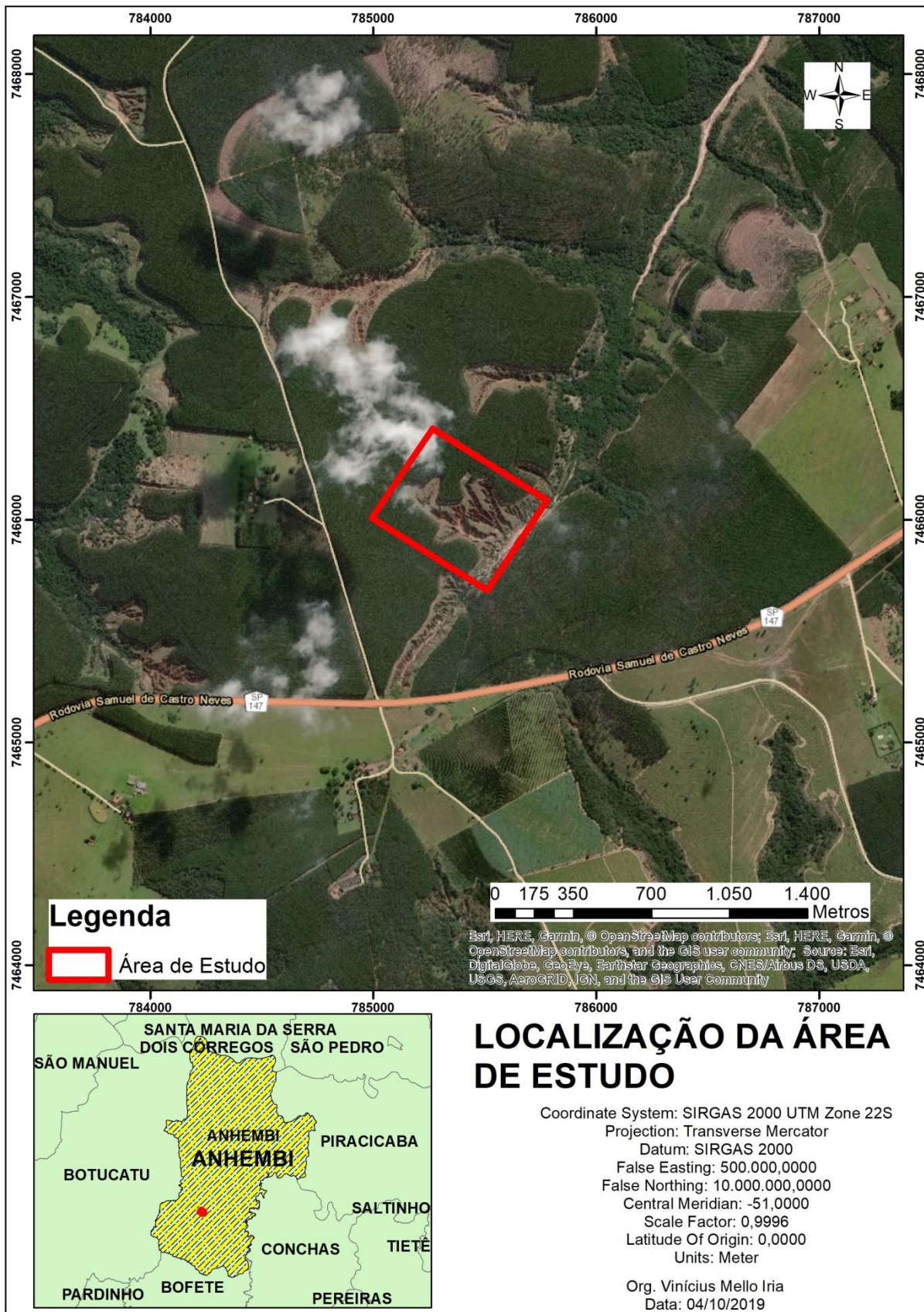


Figura 4: Mapa de localização da área de estudo.

O tipo de relevo predominante na região de Anhembi é o domínio das colinas dissecadas e morros baixos (Figura 05), de acordo com a EMBRAPA (2014, s/p) este domínio é caracterizado por relevo de degradação em qualquer litologia, suas vertentes são convexocôncavas e favorecem o desenvolvimento de planícies aluviais restritas ou em vales encaixados. Os processos de morfogênese e pedogênese normalmente ocorrem em equilíbrio.

No interior da área de estudo encontram-se altitudes variando de 538 metros á 597 metros em relação ao nível do mar. Isto resulta em uma amplitude topográfica de 59 metros, sendo que a menor altitude esta na porção sudeste da área e a maior altitude na porção noroeste.

Os tipos de solos predominantes da área são o neossolo quartzarênicos e o argissolo amarelo (Figura 06). O neossolo quartzarênico “apresenta textura arenosa ao longo do perfil e cor amarelada uniforme abaixo do horizonte A, que é ligeiramente escuro”. Tendo em vista o relevo de ocorrência, o processo erosivo não considerado alto, no entanto, é necessário se precaver com a erosão devido a textura ser principalmente arenosa. (EMBRAPA, 2019, s/p).

De acordo com a Embrapa (2019, s/p) os argissolos amarelos são um tipo de solo desenvolvido principalmente de sedimentos do Grupo Barreiras, no entanto, também são desenvolvidos de rochas cristalinas ou sob influência destas. Este tipo de solo apresenta como característica principal um horizonte de acumulação de argila, habitualmente de coloração amarelada. Normalmente apresentam textura que varia de arenosa/média até média/muito argilosa, com horizonte superficial A do tipo moderado e proeminente.

À sudeste da área de estudo nota-se um corpo hídrico cujo o nome não foi identificado e que é um afluente do Rio Tiête (Figura 07). Esse corpo hídrico, a construção da rodovia, o relevo e tipo de solo foram fatores que ajudaram no agravamento da voçoroca.

Sabendo que o corpo hídrico é o receptor das águas pluviais que escoam pela área de estudo e também de tudo que é carregado por essas águas, entende-se que esse corpo hídrico recebeu e escoou todo o volume de solo perdido nesta voçoroca.

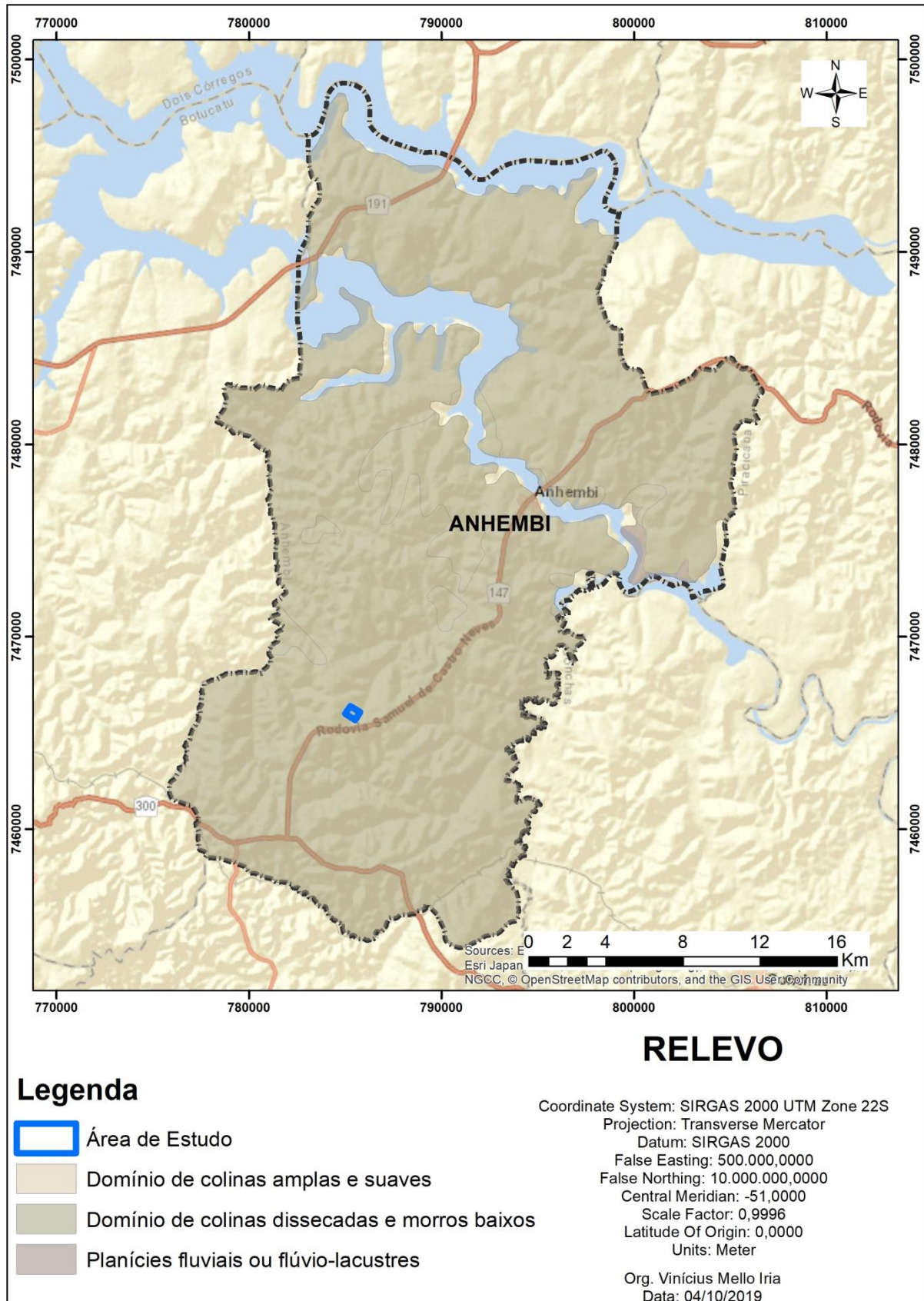


Figura 5: Mapa de relevo de Anhembi – SP.

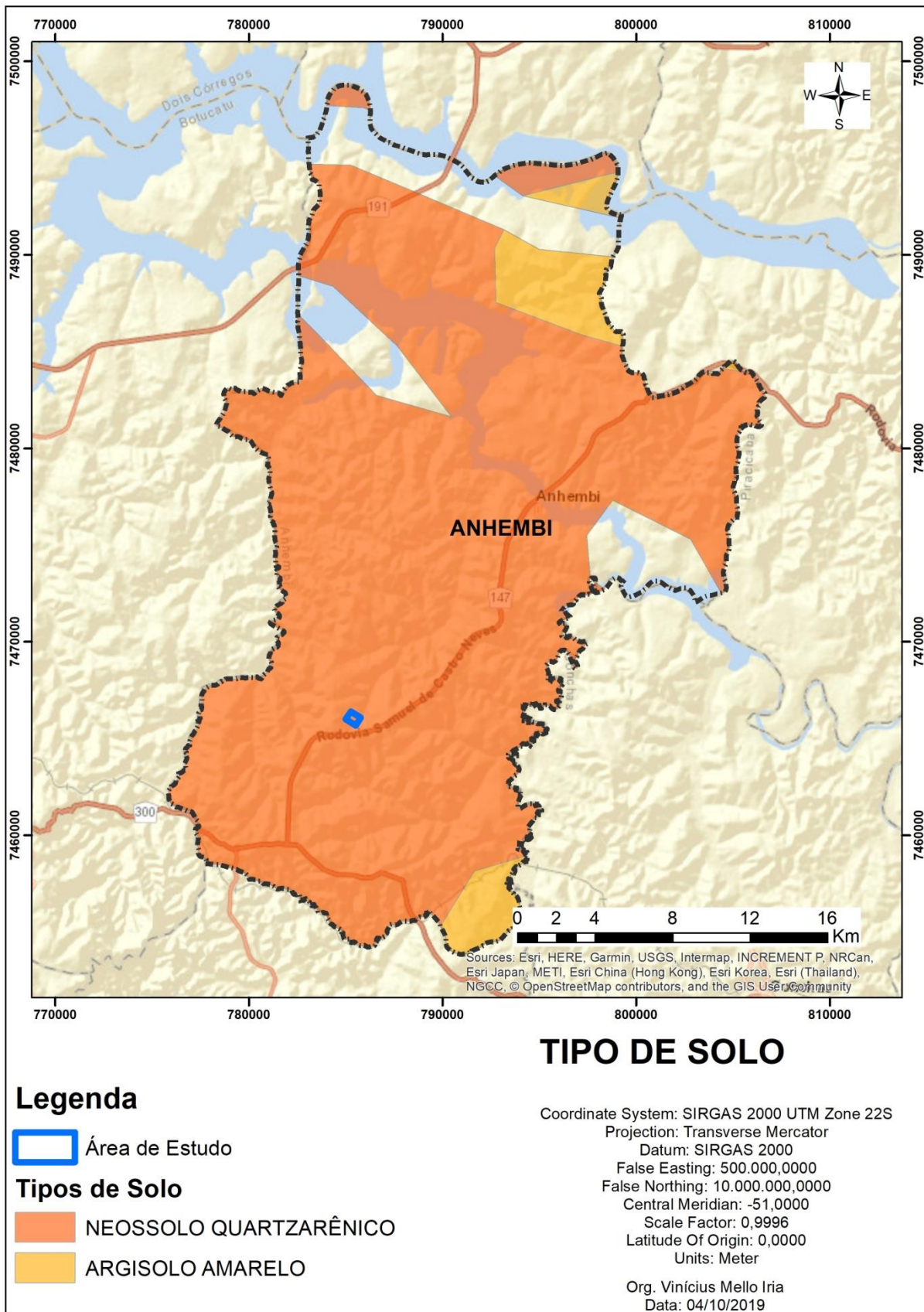


Figura 6: Mapa de solos do município de Anhembi - SP.

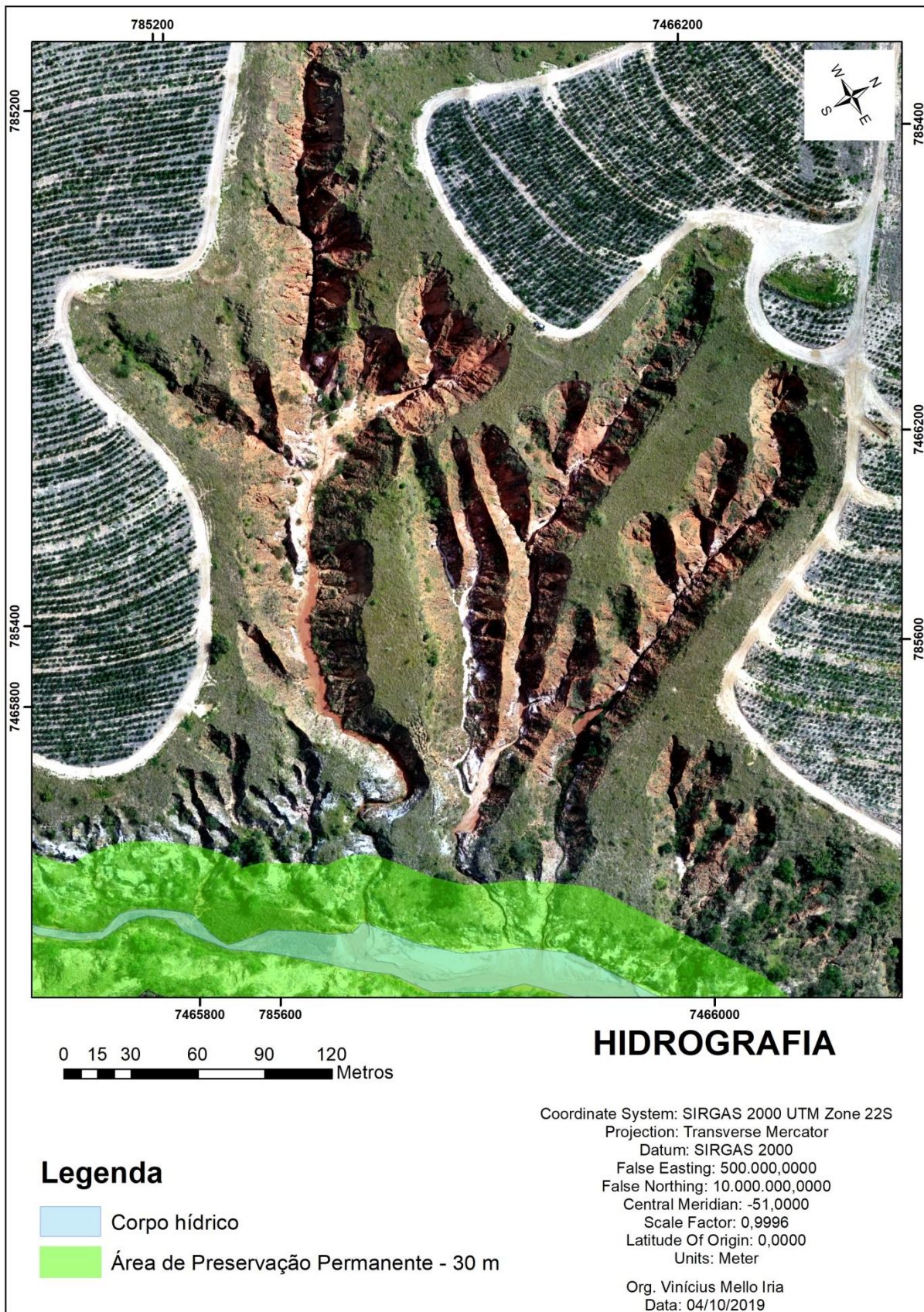


Figura 7: Hidrografia da área de estudo.

7 METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo de averiguar a precisão de um levantamento de volumetria e perfil topográfico da área em questão, utilizando fotos aéreas captadas por RPA, com pontos foto identificáveis e sem pontos foto identificáveis, foram utilizados alguns equipamentos e softwares.

Equipamentos:

- Estação Total Ruide RTS 822 R5;
- Receptor GNSS ProMark 500 L1/L2 – base e rover;
- RPA Dji Phantom 4 PRO;
- Smartphone Iphone 8 Plus;
- Notebook Dell Inspiron 15 7000 Gaming, Core I7, 16GB de Ram e SSD 224 GB

Softwares:

- GNSS Solutions (Licença profissional);
- DroneDeploy (Gratuito);
- ArcGIS (Licença educacional);
- Quantum Gis
- Agisoft PhotoScan (Licença educacional).
- Microcal Origin 8.0

O ArcGIS foi utilizado neste estudo por ser um software onde é possível criar, gerenciar, compartilhar e analisar dados espaciais. Essas características o tornam uma ótima ferramenta para trazer o real (aferido em campo) para dentro do computador e a partir daí fazer análises de forma mais simplificada.

Para este estudo foi necessário utilizar imagens geradas pelo drone DJI Phantom 4 Pro e processadas pelo Agisoft Photoscan Educacional. As imagens foram processadas com pontos de controle e sem pontos de controle, para então verificar qual a real necessidade dos pontos de controle para o cálculo de volume e para o perfil topográfico.

As imagens foram captadas pelo drone DJI Phantom 4 Pro, que é um aparelho com tecnologia avançada, capaz de resistir a ventos de até 10 m/s (36 km/h) e chegar a velocidade de até 72 km/h com boas condições climáticas. O drone

também possui uma autonomia de voo de até 30 minutos com uma única carga.

O drone DJI Phantom 4 Pro possui 4 hélices e pesa 1388 gramas, conta com disponibilidade de wireless e câmera de vídeo C4K: 4096x2160@24/25/30/48/50/60p, 4K: 3840x2160 24/25/30/48/50/60p, 2.7K: 2720x1530@24/25/30/48/50/60p, FHD: 1920X1080@24/25/30/48/50/60/120p, HD: 1280X720 24/25/30/48/50/60/120p.

Sua câmera para fotos possui 20 MP (5472 X 3648), f/2.8, CMOS. O sensor 1 " CMOS, 20M de Pixels efetivos, Lente FOV 84° 8,8 mm / 24 mm (equivalente ao formato 35 mm) f / 2,8 - f / 11 foco automático a 1 m - ∞.

Para a realização do voo foi utilizado o Drone Deploy aplicando os seguintes passos:

- 1** – Criar uma conta na homepage da Drone Deploy e login.
- 2** - Criar um novo plano de voo.
- 3** – Definir perímetro, área da missão.
- 4** – Definir altitude do voo.
- 5** – Definir sobreposição lateral, sobreposição frontal e direção do voo.
- 6** – Copiar projeto e alterar 90° a direção do voo.

Foram realizados dois voos seguindo esse passo a passo mencionado acima. Os voos foram quase idênticos, diferenciados apenas pela direção do voo.

O primeiro voo teve duração de 14:33 minutos, voando por uma área de 27 hectares, gerando 227 imagens, a uma altura de 120 metros em relação ao solo. Esse voo teve uma sobreposição frontal de 80% e lateral de 70%, a direção foi de 120°, em uma velocidade de 15 m/s (figura 08).

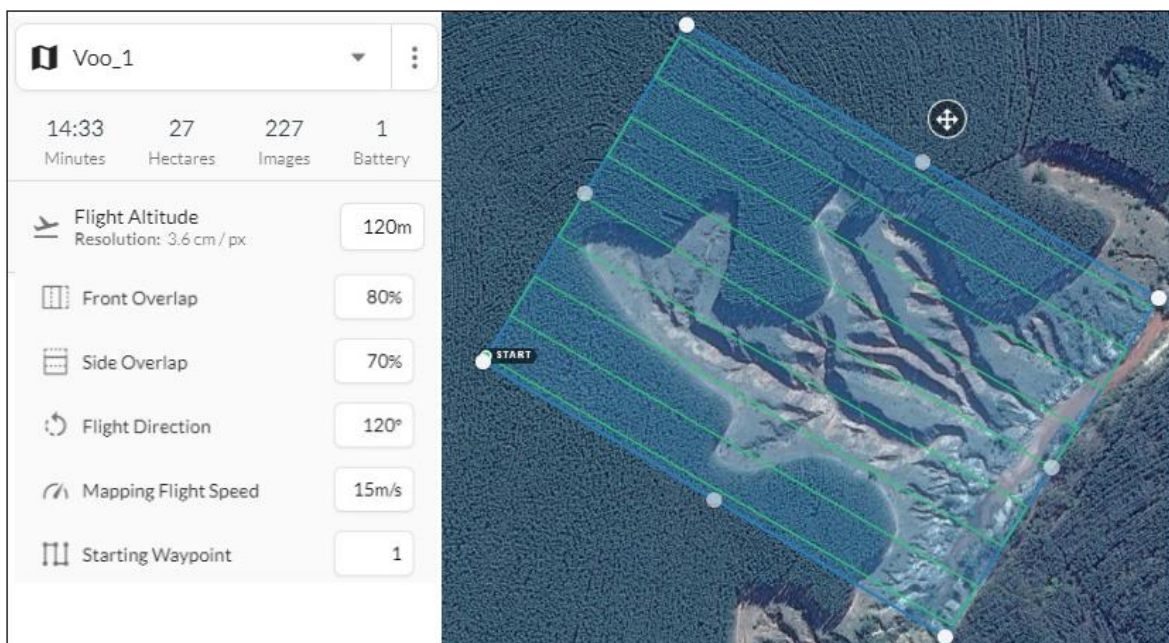


Figura 8: Especificações do primeiro voo realizado com o drone.

O segundo voo teve duração de 13:56 minutos, voando por uma área de 27 hectares, gerando 232 imagens, a uma altura de 120 metros em relação ao solo. Esse voo teve uma sobreposição frontal de 80% e lateral de 70%, a direção foi de 30° , em uma velocidade de 15 m/s (figura 09).

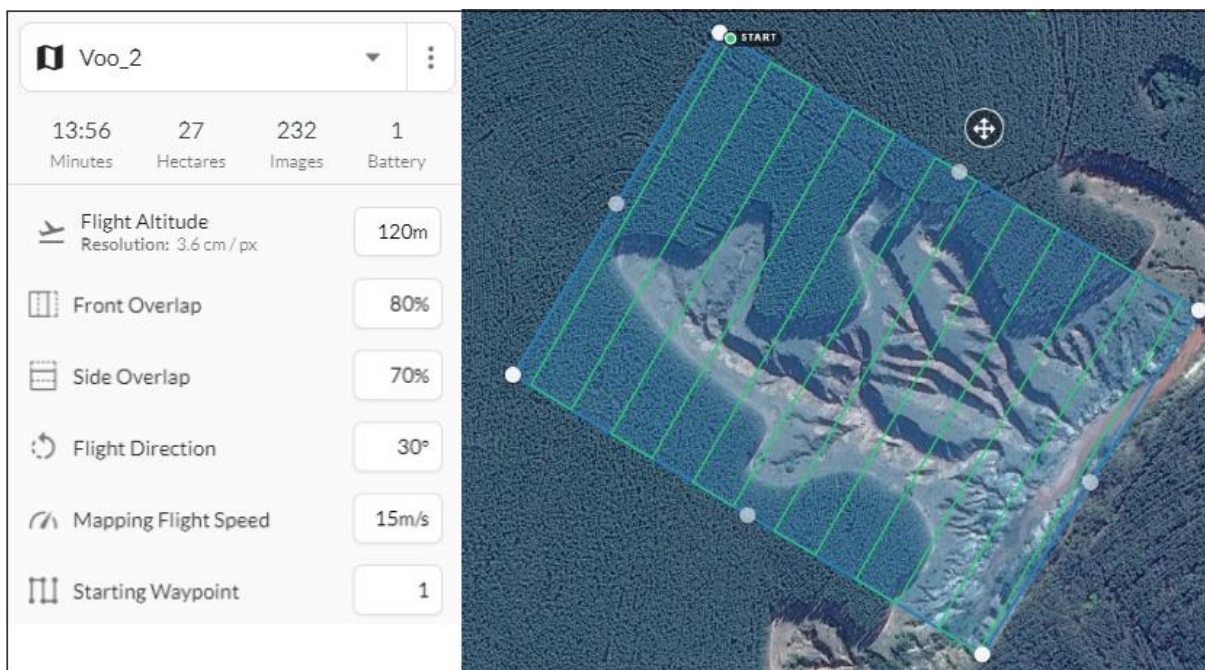


Figura 9: Especificações do primeiro voo realizado com o drone.

O processamento das imagens obtidas pelo voo realizado com o Phantom 4 pro foram feitas em 8 etapas, são elas:

- 1 – Add Photos:** Inserir fotos obtidas pelo drone
- 2 – Align Photos:** Alinhar as fotos
- 3 – Build Dense Cloud:** Construir nuvem de pontos
- 4 – Build Mesh:** Construir nuvem de pontos
- 5 – Build DEM:** Construir Modelo Digital de Elevação
- 6 – Generate Contours:** Gerar curvas de nível – Exportar para .dxf
- 7 – Build Ortomosaic:** Criar ortomosaico – Exportar para .tiff
- 8 – Georreferenciar pontos de controle:** Corrigindo assim

pequenas distorções do ortomosaico gerado.

Clicando em Add Photos, deve-se abrir a pasta com as fotos do voo, selecionar todas as fotos e clicar em “abrir”. Se as fotos estiverem em diferentes pastas (double grid), deve-se repetir o procedimento.

Nesta etapa as fotos serão alinhadas. Recomenda-se o máximo rigor no alinhamento (em detrimento ao tempo de processamento), visando assim melhor qualidade do futuro ortomosaico.

A nuvem de pontos se constitui base para o Modelo Digital de Elevação. Recomenda-se baixo rigor na sua construção, culminando em banco de dados com menos pontos.

A malha triangular deve ser realizada com baixo rigor, proporcionando menor número de triângulos e isolinhas altimétricas mais suavizadas.

Para o Modelo Digital de Elevação (DEM) de ser selecionado o Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 / UTM zone 22S (EPSG::31982).

As curvas de nível serão geradas a partir do DEM (que por sua vez foi gerado a partir do Mesh).

O ortomosaico é gerado a partir do DEM (que por sua vez foi gerado a partir do Mesh).

Inicialmente deve se dar um *zoom* em um dos pontos de controle levantados em campo e então, manualmente, fazer a correção das outras imagens que mostram a marcação do ponto.

Com o resultado desse processamento é possível gerar os produtos esperados para o resultado deste estudo. Vale ressaltar que para os produtos gerados sem os pontos de controle não é necessário realizar a ultima etapa.

O cálculo de volume é um procedimento no qual a elevação de uma superfície de relevo é modificada pela remoção ou adição de material da superfície. O cálculo foi realizado pelo ArcGIS educacional, utilizando um modelo digital de superfície que foi obtido por voo de drone.

Para executar o cálculo de volume de cortar e preencher definindo uma área de interesse em um mapa, foram seguidas as seguintes etapas:

- Clicar na ferramenta de mapa Calcular Volume Ferramenta de cálculo de volume na barra de ferramentas.
- Na área de interesse da caixa de diálogo, clicar em Definir.
- Definir a área de interesse no mapa utilizando o mouse. Clicar duas vezes para concluir sua área de interesse.
- O pop-up Área de Interesse - aparece para AOI recém-criada.
- Faça o seguinte no pop-up Área de Interesse:
- Fornecer um nome.
- Clicar em Aplicar.

O perfil topográfico nos dá a noção de profundidade que a imagem 2D não é capaz de reproduzir. Em formato de gráfico, o perfil topográfico reproduz a elevação ou declive de um traçado pré-determinado no plano real.

Para gerar um perfil topográfico foi utilizada a ferramenta 3D Analyst do ArcGIS. Essa é uma ferramenta muito simples e em poucas etapas é possível gerar um perfil topográfico.

Para começar é necessário habilitar a ferramenta 3D Analyst personalizando sua barra de ferramentas. Após habilitada a ferramenta deve ser orientada a utilizar o TIN previamente gerado para extrair as informações de elevação.

Clicando no ícone de interpolação de linhas no 3D Analyst, torna possível criar uma feição de linha com o mouse no TIN gerado (para ter uma melhor visão do local onde criar a feição é possível tornar visível um mapa base com a imagem de satélite sobrepondo o TIN). E para gerar o gráfico é só clicar no ícone gráfico de perfil, localizado na ferramenta 3D Analyst.

Para o volume a área definida foi área total de voo, pois assim seria mais precisa a seleção da área de interesse para as imagens processadas com, e

sem, pontos de controle. Portanto, a diferença (ou não) de volume obtida seria válida para aferir a real necessidade de pontos de controle para essa situação.

Para fazer o perfil topográfico foram escolhidos três cortes, todos eles demonstrando a profundidade obtida em diferentes partes da voçoroca estudada. Para que os cortes fossem realizados precisamente percorrendo o mesmo lugar da imagem com, e sem pontos de controle, foi utilizado como referência as marcações em “X” que estão presentes nas duas imagens e foram colocadas com a finalidade de tornar esse ponto foto identificável.

8 RESULTADOS

Realizando o cálculo de volume chegamos a um valor de 716.113,24 m³ para a imagem sem pontos de controle e 725.078,67 m³ para a imagem com pontos de controle. Uma diferença de 8.965,43 m³ de volume calculado, isso é equivalente a 1,24%.

Nota-se que a variação foi de pequena monta, quase que imperceptível. Levando em conta que a aferição de volume com os pontos de controle é a mais próxima da realidade, temos uma variação de 8.965,43 m³, ou seja, 1,24% para menos.

Um caminhão basculante em condições normais tem altura de 3,20 metros. Já a sua caçamba tem as seguintes dimensões: 3,00 m de comprimento, 2,40 m de lateral e altura de 1,60 m a partir do chassi, ou seja: 11,52 m³. Então, a diferença de volume calculando sobre o modelo digital de elevação com os pontos de controle e sem os pontos de controle é equivalente há 779 caçambas de caminhão basculante.

Para entender melhor o porquê desta variação é importante ressaltar como é realizado a captação destes pontos de controle, pois na prática a captação deles torna o campo e o processamento mais longo. Esta circunstância também afeta o custo final do trabalho, uma vez que demandaria mais horas de trabalho de um profissional e/ou equipe.

A captação de controle em campo é realizado com o profissional captando os pontos com RTK. Onde os pontos foram captados é deixado uma marcação, como ilustra a figura 10. Esse procedimento teve duração aproximada de 8 horas de campo, para captação de dez pontos de controle. O voo planejado teve duração 30 minutos, que é considerado um curto período se comparado às horas de captação dos pontos de controle, ou com as horas de processamento.

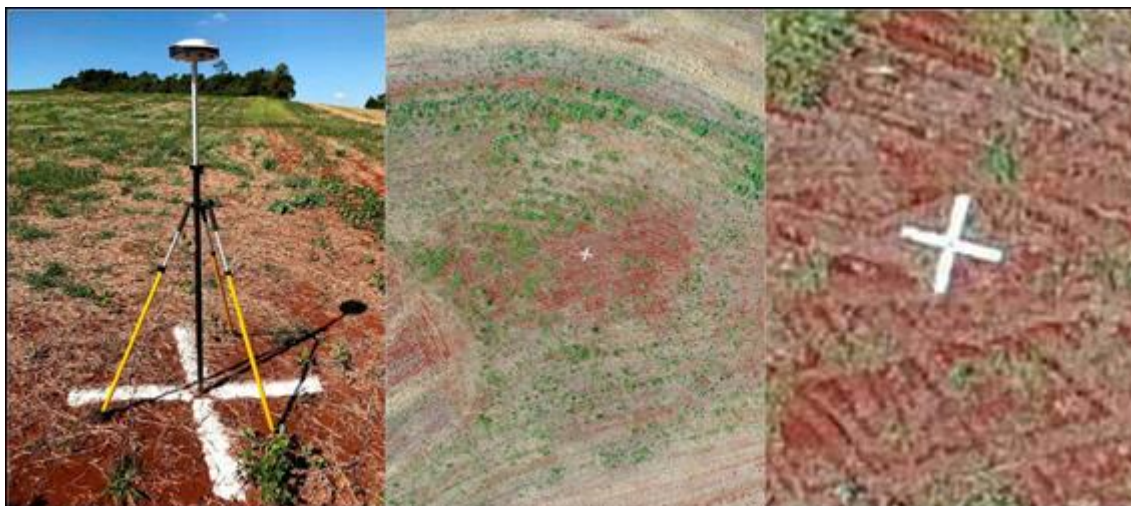


Figura 10: Exemplos de pontos de controle.

Isto reforça a necessidade de mais estudos com a finalidade de verificar a real imprescindibilidade de processos mais complexos para estudos que não exijam tanta precisão, de outra maneira, podemos compreender que a tecnologia tem o potencial de encurtar processos e trazer resultados satisfatórios, no entanto, é essencial que novos estudos sejam feitos para sua maior validação e aprovação.

Ao que compete ao volume resultante, quando observado os valores quantitativamente, é possível se enganar com o número resultante uma vez que este é um alto valor numérico, todavia, quando se observa o valor qualitativo de 1,24% dessa diferença, fica compreensível que a variação é de pequena monta e quase imperceptível.

Os mapas foram elaborados para tornar visível o local dos cortes realizados, com o intuito de demonstrar os perfis topográficos. Estes deixam evidente que a variação encontrada é mínima na imagem e também no perfil.

Para conseguir expressar os resultados nos perfis topográficos, houve um aumento no tamanho da imagem do gráfico, bem como uma ampliação vertical. Também foram circulos em vermelho alguns pontos a fim de facilitar a visualização da diferença, no entanto, esta permaneceu quase imperceptível.

A variação encontrada nos resultados foi sutil, o que demonstra que ao que antecede a contratação de um profissional para a captação dos pontos de controle, devem ser considerados outras variantes como o aumento de carga horária e custo destes, em comparativo a estudos que não necessitam de um nível de precisão maior que a encontrado nos exemplos sem os pontos de controle e, se

realizados de forma eficaz, também são aceitos.

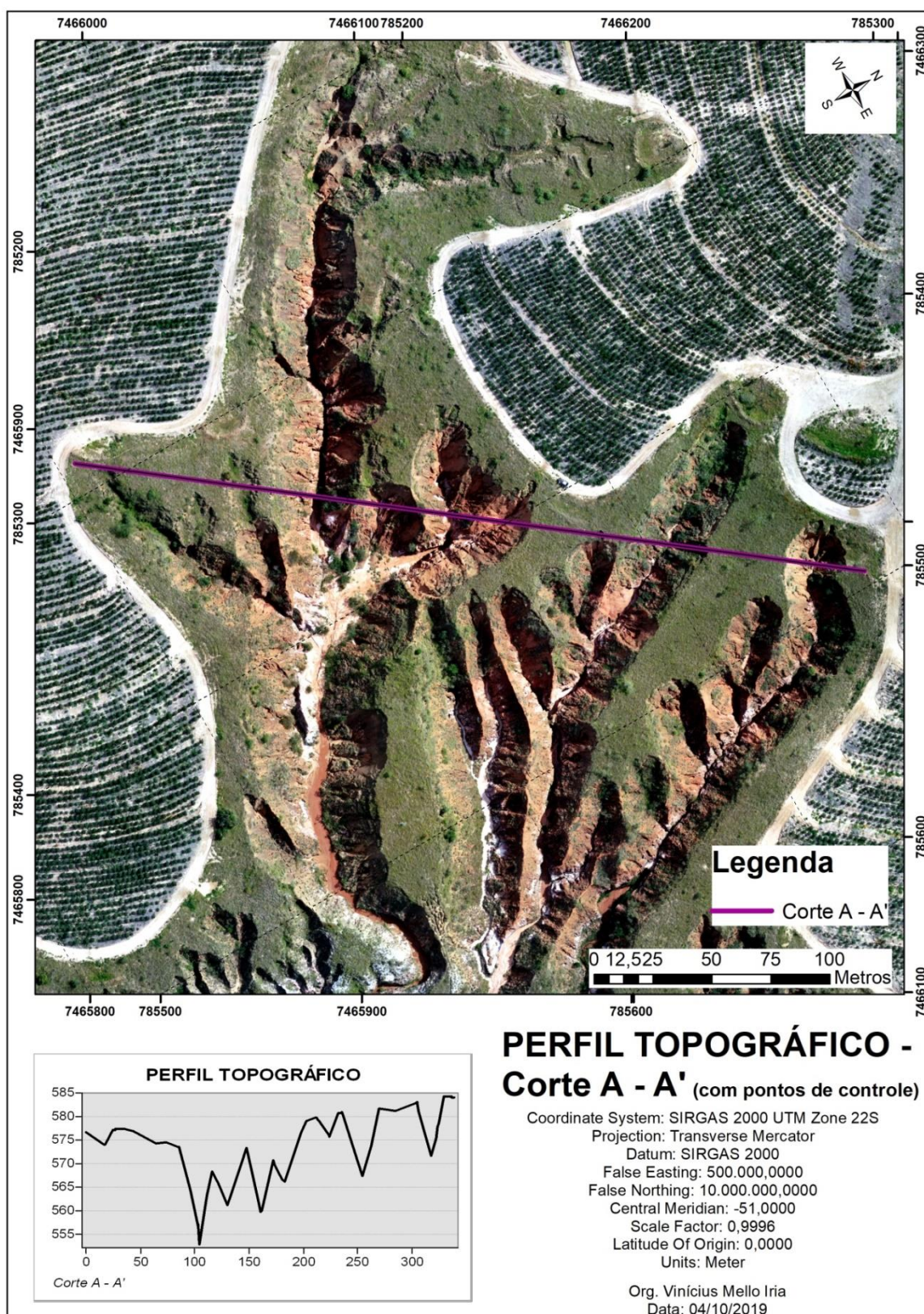


Figura 11: Mapa de perfil topográfico - Corte A - A' (com pontos de controle).

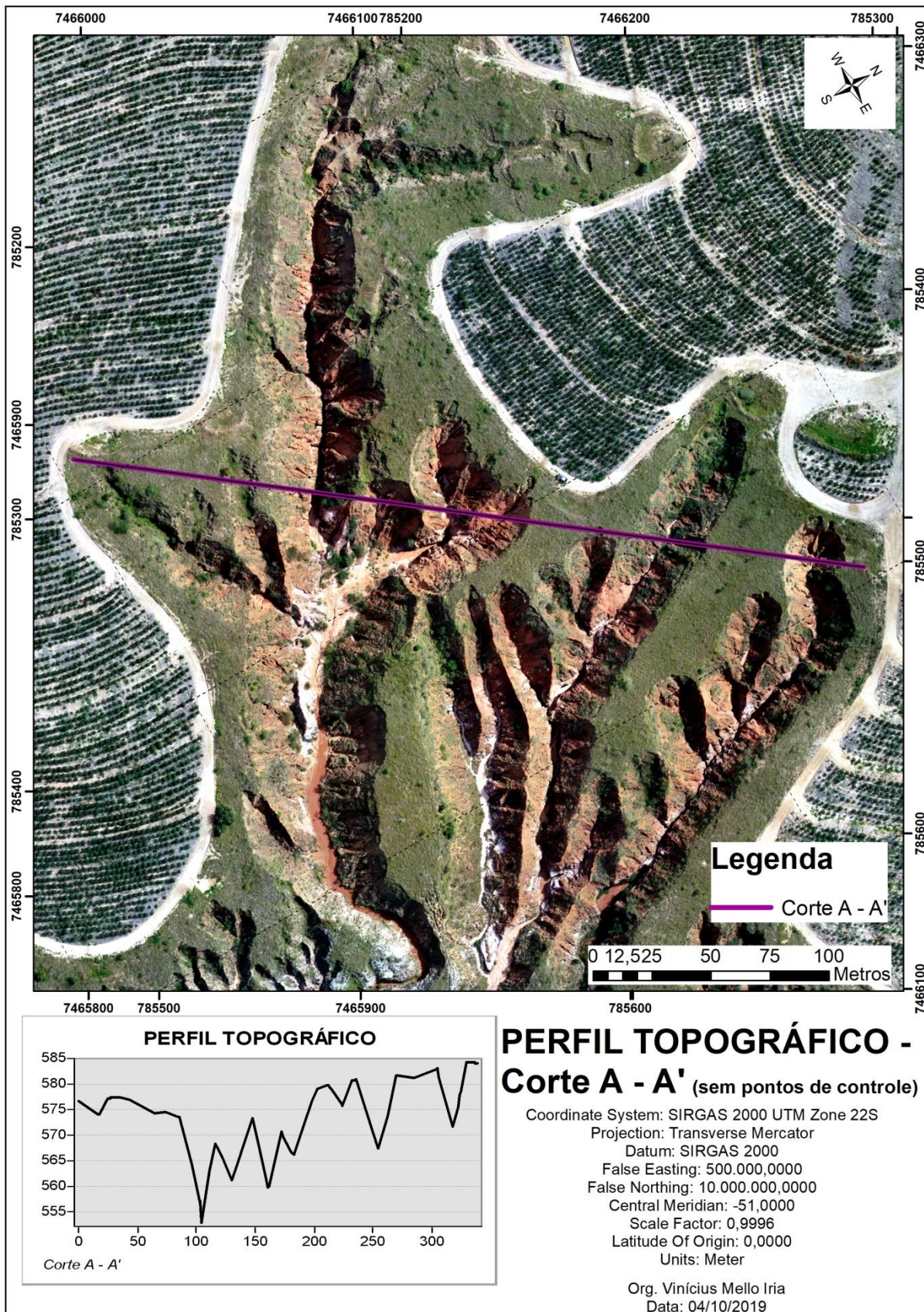


Figura 12 : Mapa de perfil topográfico - Corte A - A' (sem pontos de controle).

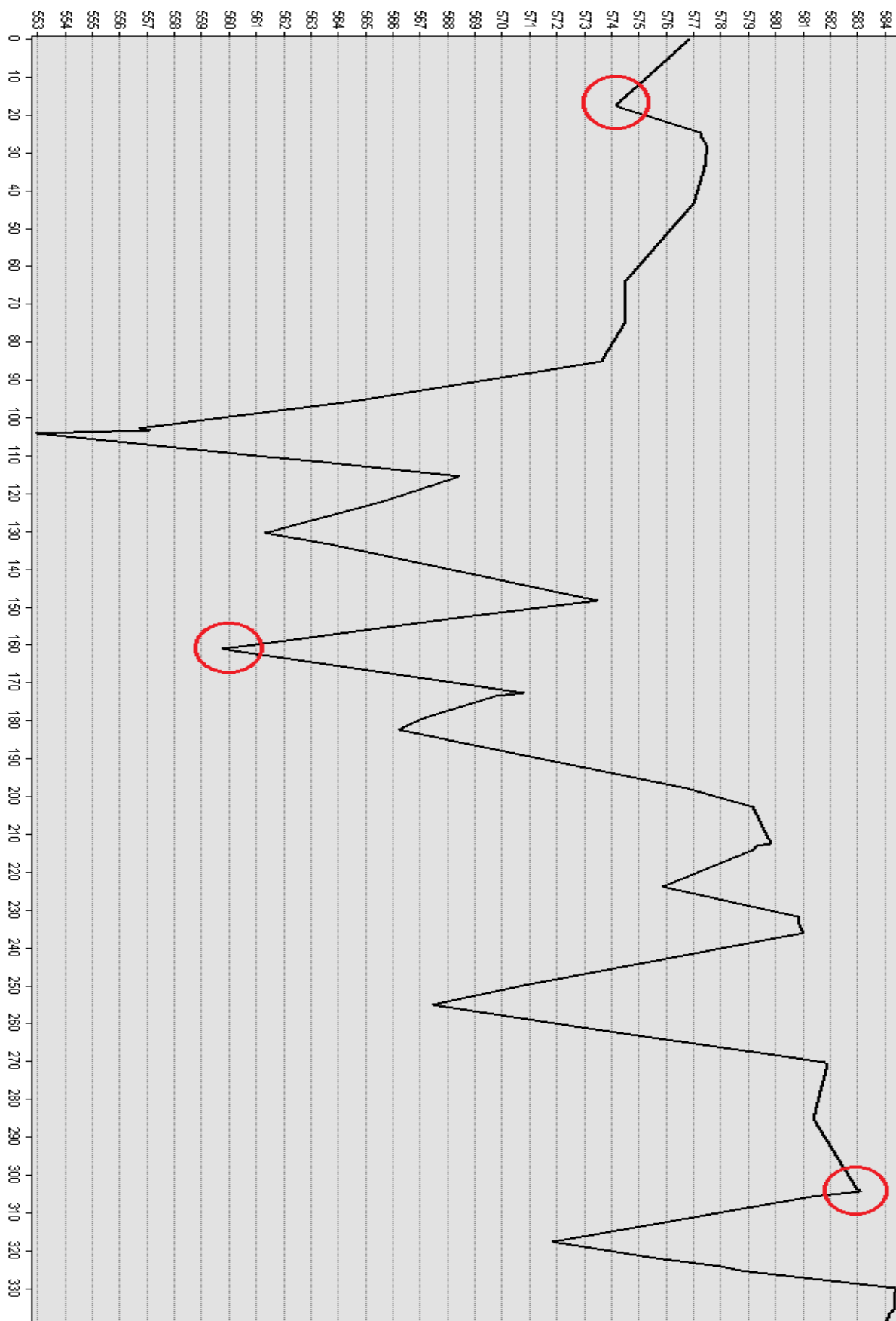


Figura 13: Perfil topográfico - Corte A - A' (com pontos de controle).

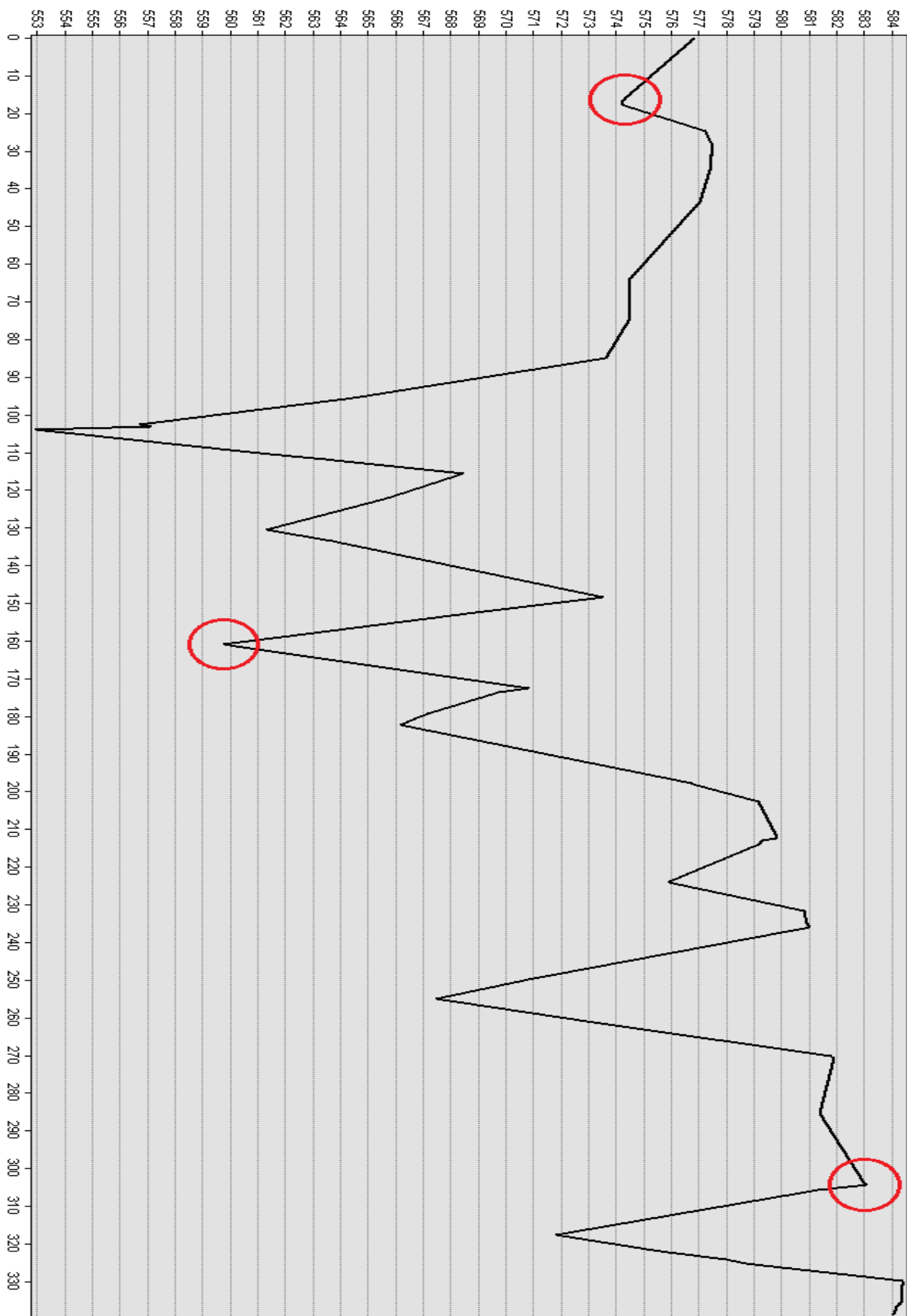


Figura 14: Perfil topográfico - Corte A - A' (sem pontos de controle).

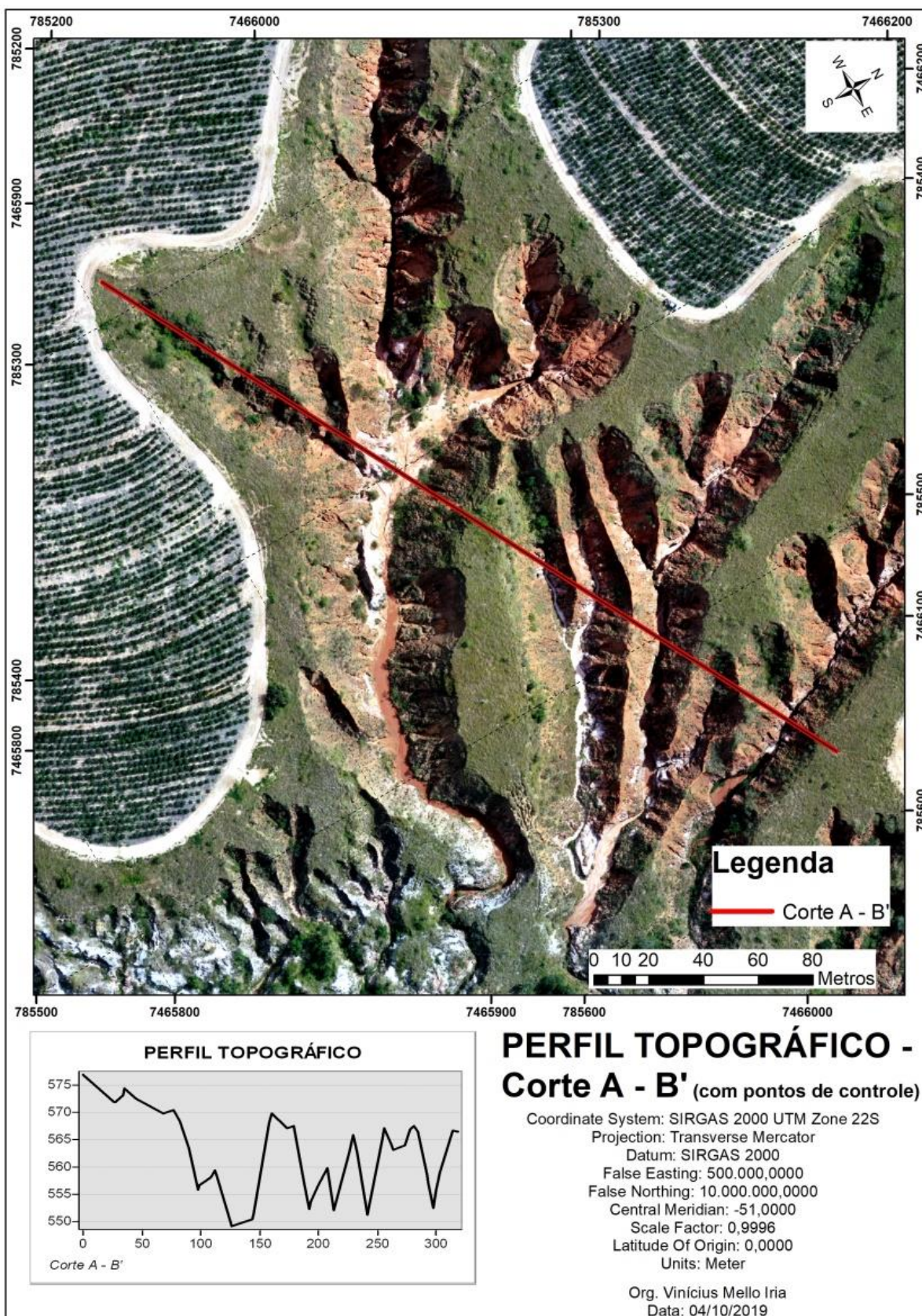


Figura 15: Mapa de perfil topográfico - Corte A - B' (com pontos de controle).

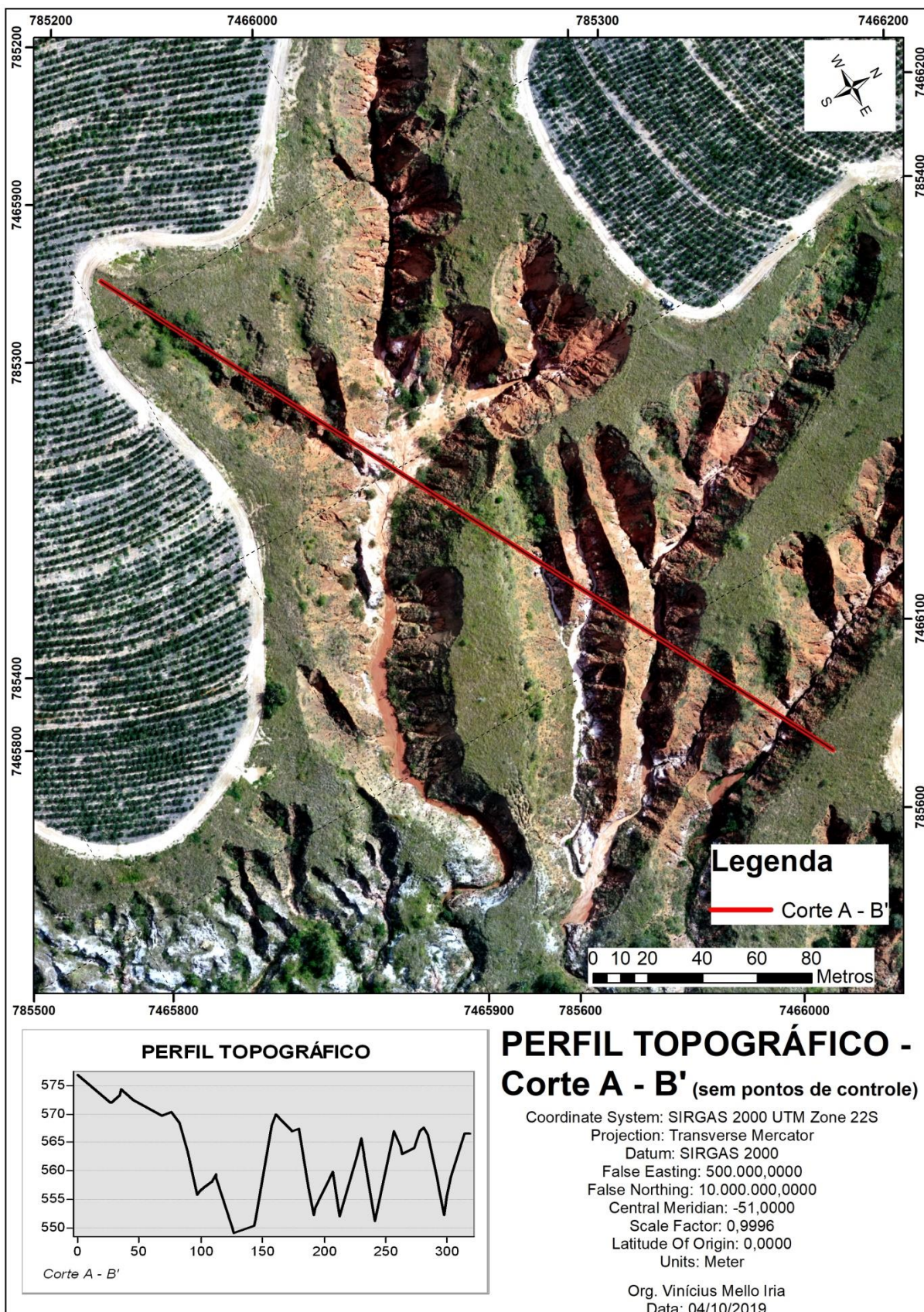


Figura 16: Mapa de perfil topográfico - Corte A – B' (sem pontos de controle).

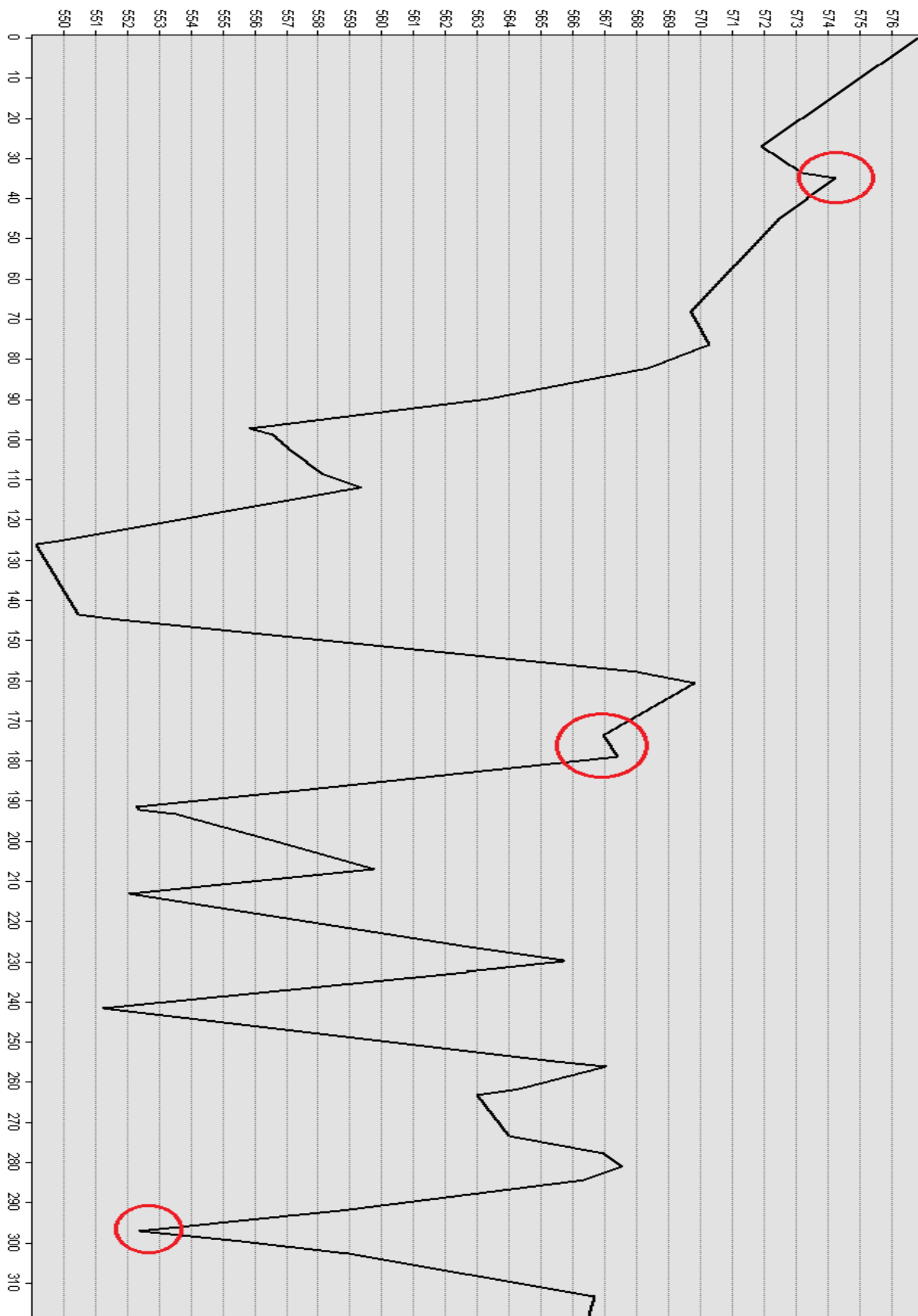


Figura 17: Perfil topográfico - Corte A - B' (com pontos de controle).

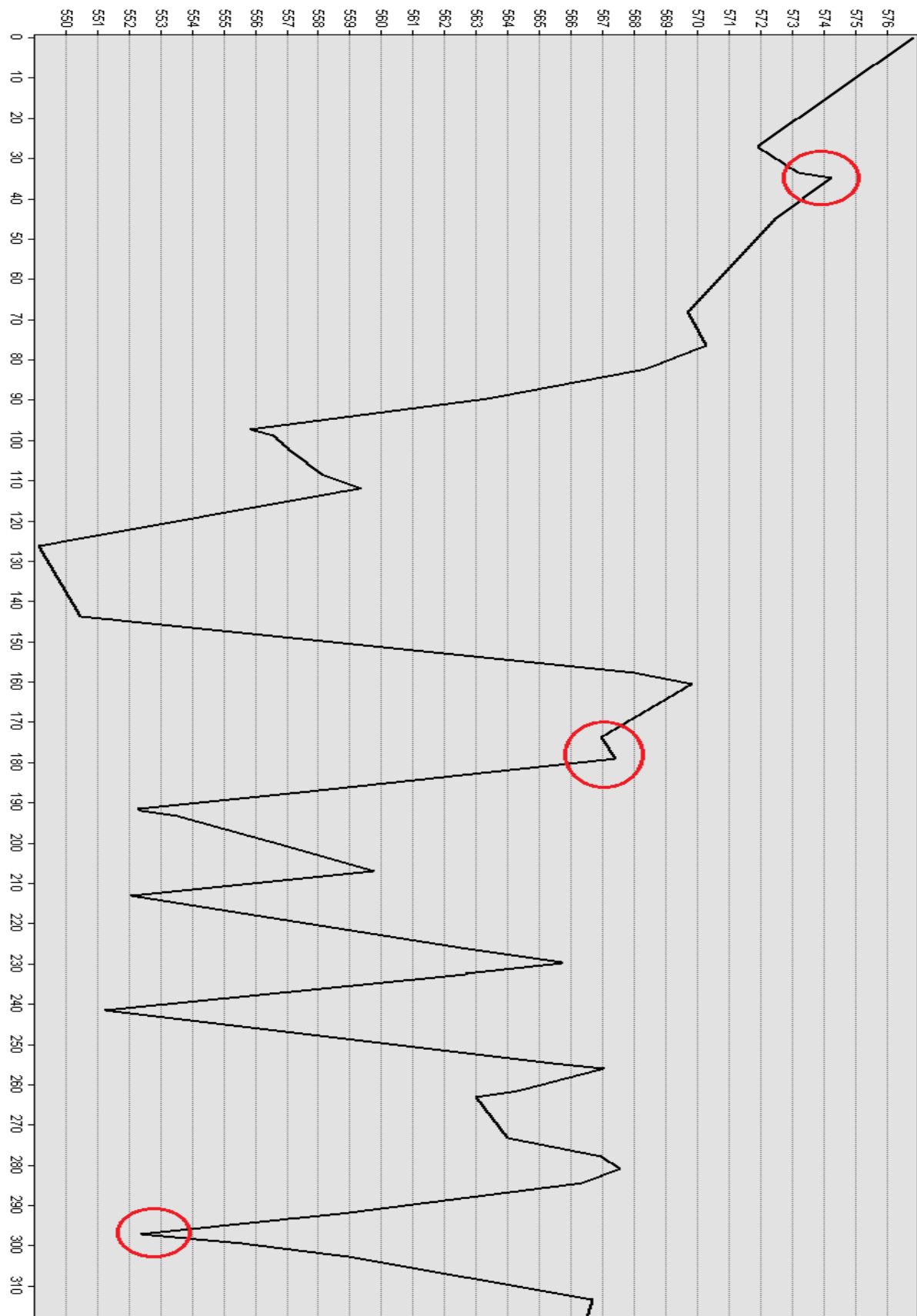


Figura 18: Perfil topográfico - Corte A - B' (sem pontos de controle).



Figura 19: Mapa de perfil topográfico – Corte C – C' (com pontos de controle).

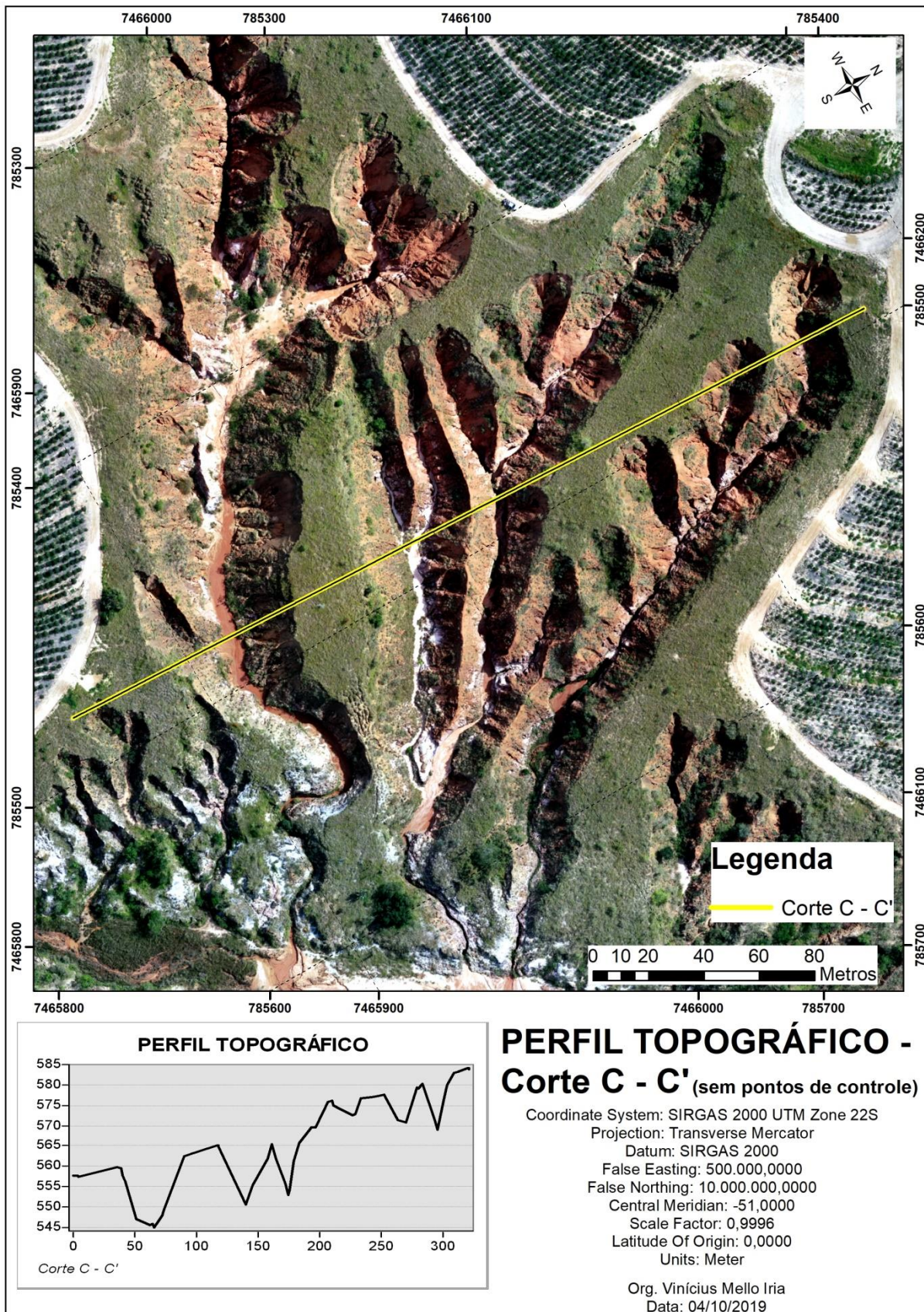


Figura 20: Mapa de perfil topográfico – Corte C – C' (sem pontos de controle).



Figura 21: Perfil topográfico - Corte C - C' (com pontos de controle).

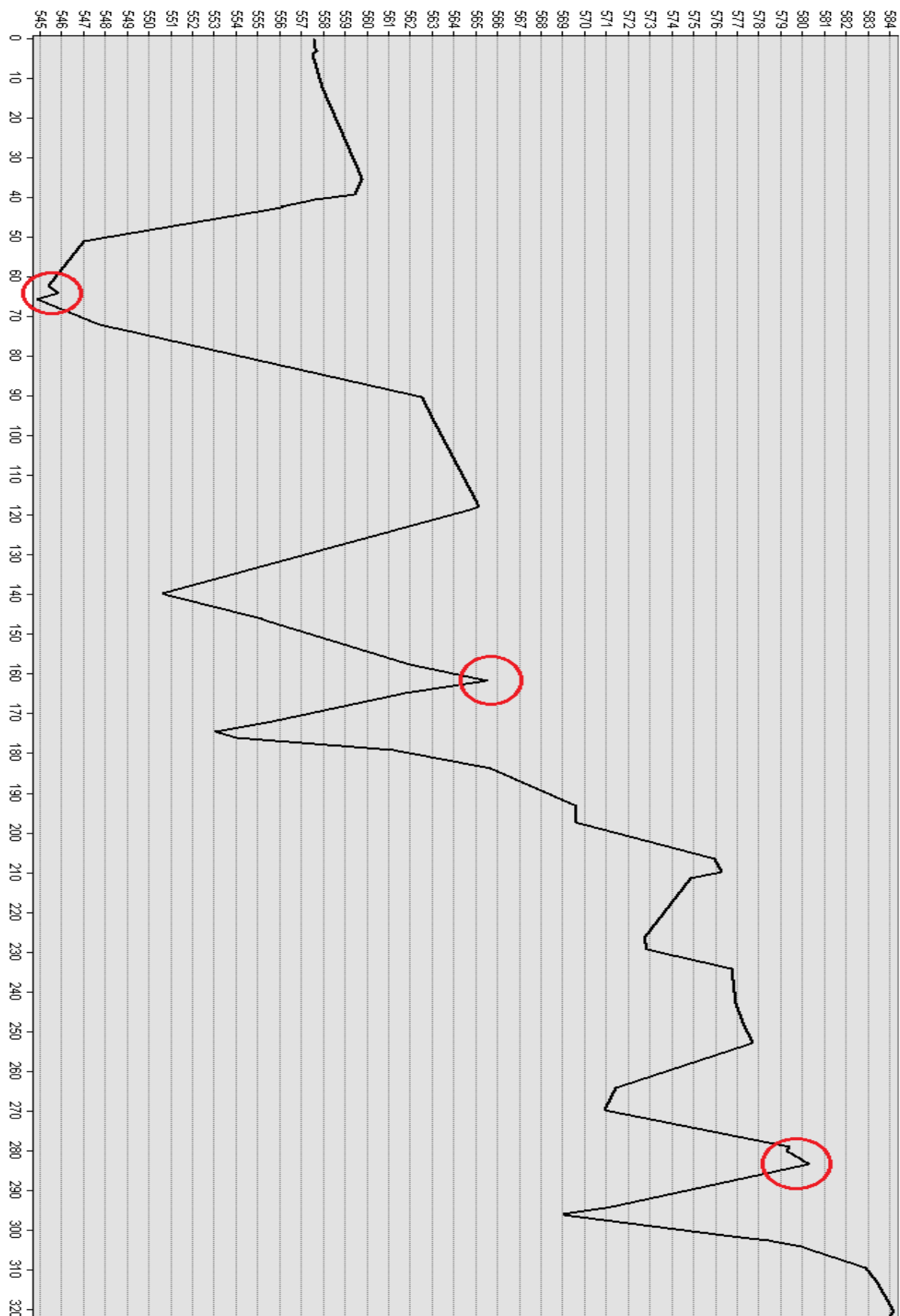


Figura 22: Perfil topográfico - Corte C - C' (sem pontos de controle).

9 CONCLUSÃO

Através da pesquisa podemos inferir sobre como o uso de drones tem se expandido de forma rápida e reduzindo os custos para determinadas necessidades. O uso deste em estudos contribui para a diminuição de tempo de serviço possibilitando resultados satisfatórios equivalente a equipamentos com maior custo e difícil manuseio.

Outro aspecto que contribui para a expansão do uso de drones se deve a precisão e a qualidade das imagens obtidas por estes equipamentos, contribuindo para análises mais assertivas. Em análises com precisão mais acurada, pode-se usar a estação total com RTK possibilitando resultados ainda mais precisos.

A pesquisa também evidenciou que a tecnologia dos drones, se aliada a outras tecnologias, a exemplo do ArcGIS e Agisoft, são capazes de promover resultados que podem ser trabalhados em diversas áreas do conhecimento geográfico.

Como resultados antes apresentados, a pesquisa evidenciou que a não captação nos pontos de controle gera uma diferença de 1,24% na volumetria, mas diminui em aproximadamente 8 horas de campo e em aproximadamente 50% o tempo de processamento.

Desse modo, é necessário levar em consideração esta diferença na volumetria, os custos adicionais da captação dos pontos de controle, para então decidir a real necessidade da captação dos pontos.

O estudo abre possibilidades para pesquisas pontuais sobre quais trabalhos técnicos aceitam ou não esta diferença encontrada, de outro modo, podemos dizer que estes estudos apontariam o uso ideal desta tecnologia.

10 REFERÊNCIAS

ANHEMBI, Prefeitura Municipal de. História. 2017. Disponível em: <https://www.anhembri.sp.gov.br/portal/cidade/1/Historia>. Acesso em: 3 dez. 2019.

BORGES, R. C; SILVA, S. T. **Usos de drones em estudos ambientais**. 2018. 70 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Católica Dom Bosco. Campo Grande - MS. 2018.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em 10 de Janeiro de 2019.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu. **Introdução ao geoprocessamento**. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPECIAIS–INPE. Fundamentos de Geoprocessamento. São José dos Campos, p. 1-5, 2001.

CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José Simeão. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. São José dos Campos: Inpe, 2ª Edição, 1998. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/>. Acesso em: 9 de novembro de 2014.

CANDIDO, A.K.A.A. ; SILVA, N.M. ; PARANHOS FILHO, A. C. **High Spatial Resolution Images of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in Land Use and Occupancy Planning**. Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ. Impresso), v. 38_1, p. 147-156, 2015.

EMBRAPA. Matopiba: quadro natural. 2014. Disponível em: https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT5_Matopiba_Quadro_Natural.pdf. Acesso em: 2 set. 2019.

EMBRAPA. Neossolo Quartzarênico. s/d. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqarta66.html. Acesso em: 06 dez. 2019

EMBRAPA. Argissolos Amarelos. s/d. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7j02wx7ha087apz2e8slrpq.html. Acesso em: 06 dez. 2019

FORÇA AÉREA BRASILEIRA - FAB. **DECEA esclarece normas para voos de drones no Brasil**. s/d. Disponível em: <http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/ultimas-noticias/871-decea-esclarecenormas-para-voos-de-drones-no-brasil>. Acesso em: 6 nov. 2019.

GOMES, F. S. (2001). **Estudo da erodibilidade e parâmetros geotécnicos de um solo em processo erosivo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. Recife.

INS

JORGE, L. A. de C; INAMASU, R. Y. **Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão.** Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1003485>. Acesso em: 2 set. 2019.

LOPES, S. L; GUERRA, A. J. T. **Monitoramento de voçorocas por satélites GPS em áreas de areia quartzosa podzolizada: Praia Mole, Florianópolis-SC.** In. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Goiânia-GO, 2001. V. 1, N. 1, p. 106.

MARQUES, R. M; **Política de transferência de renda no Brasil: a experiência do Bolsa Família.** Soc Cult. 2008; 11(2):237-43.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação.** Universidade Federal de Viçosa, 2ª edição, 2003.

PETRI, C. A; BOURSCHEIDT, V. **Impactos da resolução espacial de modelos digitais de superfície no cálculo da perda de solo através da EUPS em ambiente urbano.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 18. (SBSR), 2017. Santos.

SANTIAGO & CINTRA. **Como funciona o sistema RTK (Real Time Kinematic)?.** 2018. Disponível em: <https://www.santiagoecintra.com.br/blog/geo-tecnologias/como-funciona-o-sistema-rtk-real-time-kinematic-y>. Acesso em: 5 nov. 2019.