

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

LAÍS GONÇALVES PIRES DE SOUZA

INVENTÁRIO FLORESTAL EM ÁREA URBANA COM O USO DE
AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (ARP)

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2021

LAÍS GONÇALVES PIRES DE SOUZA

INVENTÁRIO FLORESTAL EM ÁREA URBANA COM O USO DE
AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (ARP)

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2021

LAÍS GONÇALVES PIRES DE SOUZA

INVENTÁRIO FLORESTAL EM ÁREA URBANA COM O USO DE
AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (ARP)

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título
de Engenheira Florestal.

Aprovada em 10 de maio de 2021

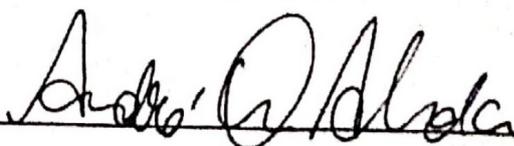
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Orientador



Prof. Dr. Rafael Marian Callegaro
Universidade Federal do PAMPA – UNIPAMPA
Examinador



Prof. Dr. André Quintão Almeida
Universidade Federal de Sergipe – UFS
Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas oportunidades que me permitiu viver e pelas pessoas que colocou em meu caminho.

A minha família, meu pai Adilson e meus irmãos Leonardo e Aline por me aguentarem nos momentos difíceis e de estresse e entenderem a minha ausência em muitas ocasiões. Minhas estrelas, minha mãe Siléia e minhas avós Lécia e Maria por iluminarem o meu caminho e me acompanharem sempre.

Ao Ronan por sempre me acalmar e me amparar. Por entender quando eu não estava disponível e me dar tanto carinho e amor durante esses anos.

Aos meus amigos que a faculdade me deu, por estarmos sempre juntos, tornando os momentos difíceis e desgastantes que a faculdade nos dá em momentos alegres e descontraídos, por tornar essa caminhada melhor do que eu sonhei. Minha gratidão a turma 2016/1.

Aos meus professores por toda paciência e pela dedicação em transmitir seus conhecimentos, principalmente aqueles que de alguma forma despertaram em mim o amor e a vontade de prosseguir.

A grande cantora Taylor Swift por transmitir em suas músicas a paz que muitas vezes eu precisava.

E por fim, agradeço mais uma vez aos meus companheiros dessa jornada, que me auxiliaram e me ajudaram nas coletas dos dados para que este trabalho fosse concluído: Ronan, Lucas, Joana, Millena, Gilson, André, Denis, Jeferson e Rafael.

RESUMO

A acelerada urbanização proporciona problemas para as cidades, principalmente ambientais, tendo como meio de solucioná-los, uma adequada arborização urbana. Com seus múltiplos benefícios ambientais, sociais e econômicos, a arborização deve ser planejada e monitorada constantemente para que tenha seus propósitos atingidos. Uma ferramenta utilizada para este fim é o inventário florestal, útil para auxiliar na gestão das árvores urbana. Os inventários podem ser trabalhosos e de alto custo, para executá-los novas tecnologias estão sendo utilizadas, como por exemplo a fotogrametria aérea digital. Este trabalho teve como principal objetivo avaliar eventuais ganhos decorrentes da utilização da fotogrametria aérea digital na realização de inventários de florestas urbanas quando comparada com métodos tradicionais. A pesquisa foi realizada no município de Jerônimo Monteiro, Espírito Santo. Foram coletados variáveis em dois métodos: método tradicional, que, com o auxílio de uma régua telescópica ou hipsômetro foi obtida a altura total e da primeira bifurcação das árvores; com a fita métrica, foram coletados o diâmetro da copa e a circunferência à altura do peito (CAP), por classificações pré-definidas, a condição das raízes e a fitossanidade, bem como por meio de pesquisa bibliográfica foram identificados os indivíduos e foi determinado se suas folhas, flores ou frutos poderiam gerar problemas no local. O outro modo de coleta dos dados foi por meio do voo de uma aeronave remotamente pilotada (ARP) para obtenção do Índice de Cobertura Vegetal (ICV) e posteriormente o cálculo dos erros entre os valores obtidos da copa das árvores pelo método tradicional e do pós-processamento das imagens da ARP. Foram encontrados 146 indivíduos no inventário tradicional, pertencentes a oito classificações. A espécie mais abundante foi a *Moquilea tomentosa*, cujo nome comum é oiti, representando 79%, sendo o recomendado não mais do que 15%. O porte das árvores de acordo com a altura foi 72% como médio, podendo ser explicado pelas podas constantes. Entre os indivíduos amostrados, 66% apresentavam a primeira bifurcação abaixo do ideal de 1,80 m do solo, podendo influenciar no fluxo de pedestres nos passeios. 73% das árvores apresentaram fitossanidade classificada como satisfatória e 44% das raízes eram totalmente subterrâneas. O Índice de Cobertura Vegetal encontrado foi de 22,72%, abaixo do valor ideal para conforto térmico local que é de 30%. A correlação entre os dados obtidos para área de copa pelos dois métodos foi

satisfatória, tendo o valor de 0,87 e a raiz do erro médio ao quadrado de 21,78% com um viés de 11,03%. Para as árvores com copa isolada e para os cálculos de índices a metodologia de uso da ARP é positiva, mas para possíveis estudos sobre o porte da árvore onde a área da copa é uma variável importante, devido as dificuldades apresentadas como por exemplo a sobreposição das copas, necessitaria de mais estudos sobre métodos de obtenção destes dados ou como contornar os problemas presentes.

Palavras-chave: Arborização urbana; Gestão urbana; Sensoriamento remoto; Fotogrametria; Índice de Cobertura Vegetal.

SUMÁRIO

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| LISTA DE TABELAS | viii |
| LISTAS DE FIGURAS | ix |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 1.1 Objetivos..... | 11 |
| 1.1.1 Objetivo geral | 11 |
| 1.1.2 Objetivos específicos..... | 11 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 12 |
| 2.1 Arborização Urbana..... | 12 |
| 2.2 Inventário Florestal Urbano..... | 13 |
| 2.3 Sensoriamento Remoto | 15 |
| 2.4 Fotogrametria Digital..... | 16 |
| 2.5 ARP (Aeronaves Remotamente Pilotadas)..... | 17 |
| 3 METODOLOGIA..... | 20 |
| 3.1 Área de Estudo..... | 20 |
| 3.2 Variáveis dendrométricas estudadas | 21 |
| 3.3 Método tradicional de inventário de florestas urbanas | 21 |
| 3.4 Inventário florestal de florestas urbanas com o apoio de técnicas de sensoriamento remoto..... | 23 |
| 3.4.1 Processamento dos dados | 25 |
| 3.5 Análise dos dados..... | 26 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 28 |
| 4.1 Inventário tradicional | 28 |
| 4.2 Inventário por meio da ARP | 32 |
| 5 CONCLUSÃO | 37 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 38 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Lista dos indivíduos encontrados na área de estudo..... | 28 |
| Tabela 2. Erros apresentados após o georreferenciamento das imagens da ARP.... | 33 |
| Tabela 1. Valores obtidos pelas estatísticas aplicadas nos dados do diâmetro das copas..... | 34 |
| Tabela 4. Valores obtidos pelas estatísticas aplicadas nos dados do diâmetro das copas das árvores isoladas..... | 35 |

LISTAS DE FIGURAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Fluxograma de certificação ou cadastro na ANAC..... | 18 |
| Figura 2. Área de estudo..... | 20 |
| Figura 3. Equipamentos utilizados sendo, A: régua telescópica, B: hipsômetro e C: fita métrica. | 22 |
| Figura 4. Aeronave utilizada, MAVIC 2 PRO..... | 24 |
| Figura 5. Planos de voo, onde A: seção inicial e B: seção final da área. | 24 |
| Figura 6. Tapete utilizado para coleta do ponto de controle..... | 25 |
| Figura 7. Base para correção dos pontos para georreferenciamento. | 25 |
| Figura 8. Demarcação das copas das árvores no software QGis. | 26 |
| Figura 9. Porcentagem do porte das árvores, em relação à altura total..... | 29 |
| Figura 10. Porcentagem por classes de DAP..... | 29 |
| Figura 11. Percentual das alturas da primeira bifurcação. | 30 |
| Figura 12. Classificação da fitossanidade das árvores. | 31 |
| Figura 13. Proporção para cada situação das raízes. | 31 |
| Figura 14. Imagem obtida após o processamento das imagens do RPA..... | 32 |
| Figura 15. Correlação entre as copas observada (pelo método tradicional) e estimada (método ARP)..... | 34 |
| Figura 16. Relação entre a área de copa estimada (método ARP) e o erro..... | 35 |

1 INTRODUÇÃO

Com o rápido crescimento das cidades, o processo de urbanização muitas vezes ocorre de forma desordenada, gerando empecilhos futuros para as cidades. Um dos principais obstáculos está relacionado com fatores do meio ambiente, como problemas na infiltração de água, poluição sonora, visual, do ar e da água (RIBEIRO, 2009). Uma solução para estes problemas pode estar na arborização urbana (REGISTRO, 2017).

A arborização urbana consiste em todas as espécies arbóreas presentes no ambiente urbano (BIONDI, 2015). Sua utilização tem grande importância nos aspectos ambientais, sociais e econômicos, proporcionando uma melhor qualidade de vida para a população (RIBEIRO, 2009), tendo como principais benefícios a amenização do microclima, abastecimento dos lençóis freáticos e redução de enchentes por meio da infiltração da água no solo, sombreamento, mudança estética no local, redução de ruídos e da poluição no ar e na água.

Para usufruir de todas as vantagens que esta solução propicia, a arborização deve ter um planejamento, constante avaliação e técnicas de manejo condizentes com as situações encontradas. As avaliações podem ser realizadas por meio de inventários florestais (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2017).

Nesse sentido, uma das ferramentas mais importantes para a gestão de florestas urbanas é o inventário da população arbórea. O inventário florestal é um procedimento essencial, pois por meio dele se toma conhecimento sobre as características e condições das espécies vegetais e quando bem planejado e executado, diminui os custos e o tempo para a obtenção dos dados necessários para a execução do manejo (VIBRANS et al, 2010). Para auxiliar no processamento dos dados obtidos, a informatização tem sido utilizada na arborização urbana visando uma maior facilidade e rapidez na mensuração e menor custo, para uma melhor avaliação (BIONDI; LIMA NETO, 2011).

O sensoriamento remoto facilita o gerenciamento de grandes volumes de informação, tornando mais rápida a obtenção dos dados (BIZZI, 2003). Exemplificando o potencial desta ferramenta, temos estudos como os de Alvarez et al (2010) e Gomes e Queiroz (2011), que utilizaram dessas ferramentas para a obtenção dos Índices de Cobertura Vegetal em Área Urbana (ICV) e o Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH) por meio da fotografia aérea e da videografia e, Kurihara

e Encinas (2003), que também utilizaram sensoriamento remoto para montar um banco de dados das espécies arbóreas do Campus da Universidade de Brasília para melhor acompanhamento das características quali-quantitativas e manejo.

Cabe considerar também que, em qualquer tipo de inventário, a questão temporal é sempre relevante. No caso de florestas urbanas, isso não é diferente, ou seja, as mudanças na população arbórea devido ao plantio de árvores, mortalidade por diversas razões, crescimento das árvores, ocorrência de pragas e doenças, entre outras, precisam ser monitoradas para que o manejo seja realizado de forma mais assertiva. Dependendo do tamanho da população arbórea e da velocidade em que estas mudanças ocorrem, monitorar esta dinâmica não é uma tarefa simples, ao contrário, pode ser algo oneroso e de alto custo. Mais uma vez, o uso de ferramentas mais eficientes é cada vez mais objeto de pesquisa para resolver questões como a reportada e neste contexto técnicas de sensoriamento remoto podem ser uma opção com grande potencial.

Tendo em vista o exposto e buscando avaliar a arborização urbana inserindo a nova tecnologia, para que o gestor possa tomar as melhores decisões, são definidos na sequência os objetivos que se pretende alcançar com este trabalho.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

- Avaliar eventuais ganhos na realização do inventário florestal de florestas urbanas com a utilização de fotogrametria aérea digital quando comparada com métodos tradicionais de inventário florestal.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar as espécies florestais presentes na área do estudo;
- Detectar os principais problemas encontrados nos indivíduos arbóreos amostrados;
- Avaliar variáveis da árvore que possam ser mensuradas por sensoriamento remoto;
- Comparar as estimativas de área da copa obtidas pela coleta manual com as geradas no *software QGis* por meio das imagens da aeronave.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Arborização Urbana

A arborização urbana pode ser definida como o conjunto de árvores presentes nas cidades em plantios lineares (BIONDI, 2015), não incluindo as áreas verdes (LOBODA; DE ANGELIS, 2005), mas sua função vai além de somente ter as espécies arbóreas nas ruas, a arborização tem a capacidade de promover condições ambientais próximas as de ambientes naturais (RIBEIRO, 2009).

Derivada do paisagismo em jardins, a arborização urbana data sua primeira aparição no século XIX em Paris, onde por meio de um plano de reurbanização, Haussman arborizou bulevares de avenidas. No Brasil, começou em Recife com Maurício de Nassau, em 1937, onde a principal função era a estética (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2017).

Atualmente, há um grande interesse da sociedade na arborização urbana visto que ela proporciona múltiplos benefícios, podendo melhorar a qualidade de vida no ambiente, já que as cidades concentram a maior parte da população (BIONDI; LIMA NETO, 2011).

Além da função estética já citada, o agrupamento de árvores na área urbana também apresenta utilidade ecológica por amenizar o clima, reduzir a poluição do ar, influenciar o ciclo hidrológico, proteger o solo, amenizar ruídos (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2017); função psicológica por meio do conforto que proporciona; econômica e social (ALBERTIN et al, 2011).

Para desempenhar todo o seu potencial, as espécies devem ser cautelosamente escolhidas, encaixando suas exigências nas condições disponíveis do local, podendo as escolhas inadequadas criarem problemas ao lugar e impedirem que os benefícios sejam gerados (BIONDI; LIMA NETO, 2011).

Geralmente, os principais problemas encontrados estão relacionados com as condições de raízes expostas, um fator que, segundo Reis et al. (2017 Apud Mcpherson e Peper, 1996), constitui 25% dos custos de manutenção, bem como a incompatibilidade com os aparatos urbanos como rede elétrica e placas de trânsito, levando a realização de práticas inadequadas, como podas incorretas (COLETTI; MULLER; WOLSKI, 2008).

Nesse contexto, o manejo adequado é de extrema importância para que os indivíduos possam desempenhar todo o seu potencial, reduzindo custos públicos com técnicas ineficazes. Algumas técnicas utilizadas são podas de diferentes funções (por exemplo as podas de formação, equilíbrio e limpeza), controle de pragas, transplante e supressão (REGISTRO, 2017). Para se criar um plano adequado, necessita-se de um estudo quali-quantitativo e da distribuição dos indivíduos (SOUZA et al, 2013).

A arborização urbana possui ferramentas que servem para quantificar e avaliar a qualidade ambiental da cidade, indicando se é importante a inserção de novas áreas vegetadas para prover as necessidades da população (SOUZA, 2018), dentre essas encontram-se o IAV (Índice de Área Verde) e ICV (Índice de Cobertura Vegetal) onde o primeiro é um indicador socioambiental, apresentando a relação entre a área verde e a população. De acordo com a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) (1996), o mínimo para recreação é de 15 m² por habitante. Já o segundo representa a área coberta de vegetação pela área total (SOUZA, 2018 Apud LUCON et al, 2013).

Para permitir o conhecimento do patrimônio arbóreo, suas condições atuais e, assim, planejar intervenções, as espécies implantadas e as já existentes devem passar por avaliações frequentes, podendo assim se aplicar, quando necessárias, medidas corretivas. Tal avaliação pode ser realizada por meio do Inventário Florestal Urbano (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2017).

2.2 Inventário Florestal Urbano

O Inventário Florestal é um procedimento para obtenção de dados qualitativos, quantitativos ou quali-quantitativos dos recursos florestais de um local (VIBRANS, 2010), não necessitando de um grande número de variáveis, mas deve incluir o necessário para a tomada de decisão, de acordo com os objetivos (SILVA, 2003).

Os Inventários Florestais Urbanos são procedimentos realizados nas vegetações urbanas, podendo estas serem árvores, arbustos e outras formas de vida encontradas em avenidas, canteiros centrais das rodovias e estradas ou em parques, jardins e/ou fragmentos florestais.

Levando em consideração os diferentes componentes da arborização urbana citados anteriormente, os inventários podem ser classificados em: inventário parcial,

inventário por enumeração completa (censo) ou inventário por amostragem (BOBROWSKI, 2011).

Os inventários parciais consistem em realizar o estudo em um componente específico da cidade como por exemplo, um bairro, podendo então ser por censo ou amostragem (BIONDI; LIMA NETO, 2011), contínuo ou temporário.

O inventário por censo avalia todos os indivíduos, tendo como vantagem a obtenção de valores reais e desvantagem restrições referente ao tamanho da população; os de amostragem avaliam parte representativa da população, tendo como benefício menores custos, menos tempo para realização e uma precisão aceitável (BIONDI; LIMA NETO, 2011).

O inventário temporário é aquele onde a unidade de amostra é utilizada apenas uma vez, sendo desmontada ou abandonada após a coleta dos dados. Já no contínuo, as unidades são mensuradas periodicamente, podendo então acompanhar as mudanças das variáveis ao longo do tempo (SOARES; PAULA NETO; SOUZA, 2011).

As principais variáveis estudadas são: localização do indivíduo, importante para cadastrar e encontra-lo caso seja necessário o manejo; identificação, fornecendo nome vulgar e científico; altura total e da primeira bifurcação, diâmetro do tronco e da copa, que estão relacionados com o porte da árvore. Outras variáveis importantes são a fitossanidade do vegetal e a condição das raízes (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2017). Dentre os motivos para se realizar inventários, pode-se citar a obtenção contínua dos dados, sendo essas utilizadas para direcionar o manejo para o local necessário, reduzindo então custos, e auxiliar na administração local, pois assim pode-se perceber onde é preciso implantar ou remover indivíduos (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2017).

Devido ao grande número de dados coletados em um inventário florestal, há uma busca por softwares de armazenamento e processamento desses dados, visando uma maior rapidez e segurança. Segundo Silva, Paiva e Gonçalves (2017) pode-se usar para esse fim softwares específicos para o gerenciamento e geração de relatórios dos inventários e também planilhas eletrônicas e gerenciadores de banco de dados, que são formas adaptadas. Empresas e prefeituras que possuem tempo e recurso criam seus próprios programas e estes normalmente não são comercializados, deixando então o mercado nacional carente dessa ferramenta. Porém, há alguns disponíveis, por exemplo *Arbor et Salus* desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa.

Há diversos estudos sobre inventário florestal voltado para a arborização urbana, em diferentes situações e objetivos como os de Silva (2003) e Emenkwum (2016), onde o primeiro comparou métodos de obtenção de dados quali-quantitativos na arborização viária de Belo Horizonte – MG, os tamanhos e formas de unidades de amostra e a comparação das amostragens casual simples com a sistemática. Por sua vez, o segundo analisou a arborização urbana da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES no *Campus* de Alegre e sua influência no conforto térmico.

2.3 Sensoriamento Remoto

Os Sistemas de Geoprocessamento são sistemas computacionais capazes de capturar, processar e gerenciar dados contendo informações sobre a localização geográfica em relação a um sistema de coordenadas geográficas (LISBOA FILHO; IOCHPE, 1996). Existem várias tecnologias dentro do conceito de Geoprocessamento tendo o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e a fotogrametria como exemplos (CLICKGEO, 2019).

O SIG pode ser entendido como sistemas computacionais, metodologias e recursos humanos que permitem a coleta, armazenamento, manipulação e análise de dados espaciais, na superfície da Terra (CLICKGEO, 2019).

Dentre as vantagens presentes na utilização dessa ferramenta cita-se a manipulação dos dados de forma integrada, resultando em dados geográficos coerentes para análise (LISBOA FILHO; IOCHPE, 1996).

Os dados obtidos no SIG têm sido muito utilizados por meio de seus mapas temáticos, auxílio de forma direta dos planos de ação e estratégias no planejamento do ambiente urbano. Seu uso permite grande controle de parâmetros locais (DEBIAZI; SOUZA, 2017). Além de usos nas áreas das esferas federais e estaduais, por institutos de pesquisas e empresas de prestação de serviços de utilidade pública (LISBOA FILHO; IOCHPE, 1996).

2.4 Fotogrametria Digital

A fotogrametria pode ser entendida segundo ASP (*American Society of Photogrammetry*) (1966) como:

"Fotogrametria é a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outras fontes".

A fotogrametria pode ser classificada de acordo com o meio de obtenção das imagens em: fotogrametria terrestre, tendo as imagens obtidas por meio de câmeras instaladas em pontos fixos nos ambientes terrestres, fotogrametria aérea ou aerofotogrametria, por câmeras instaladas em aeronaves, ou fotogrametria espacial, onde as imagens são obtidas extraterrestres, por meio de satélites artificiais (TOMMASELLI, 2009).

Também podem ser classificadas de acordo com o equipamento utilizado para medição e processamento das imagens como: fotogrametria analógica, não mais usual, utilizava equipamentos analógicos para as medições, na época onde não se possuía os computadores, fotogrametria analítica, com o surgimento de computadores a análise se tornou mais rápida devido a possibilidade de utilizar os instrumentos para obtenção de modelos matemáticos mais precisos e por último a fotogrametria digital que utiliza os programas computacionais para todas as etapas do processo de interesse, obtendo resultados mais rápidos e precisos (TOMMASELLI, 2009) além de melhores qualidades de visualização (PORTAL EDUCAÇÃO, 2019).

A fotogrametria digital gera informações 3D por meio de imagens digitais 2D sendo possível conciliá-la com outros métodos como o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informações Geográficas (SIG) (TEMBA, 2000). Para gerar essas informações o *software* alinha tridimensionalmente as imagens por meio da detecção de sobreposição dos pontos, podendo então determinar a posição e a orientação da câmera em relação ao objeto. Isso permite realizar a triangulação do objeto por meio de nuvens de pontos ou malha tridimensional (ALENCASTRO et al., 2019).

Dentre as inúmeras vantagens de se utilizar a fotogrametria citam-se: o objeto a ser estudado não precisa ser tocado; os dados são obtidos de forma rápida; pode-se medir a qualquer momento, podendo então repetir as medições; pode-se trabalhar em lugares de difícil acesso e a precisão pode ser aumentada de acordo com o

objetivo de cada projeto por meio da escala e da qualidade das fotos (TOMMASELLI, 2009).

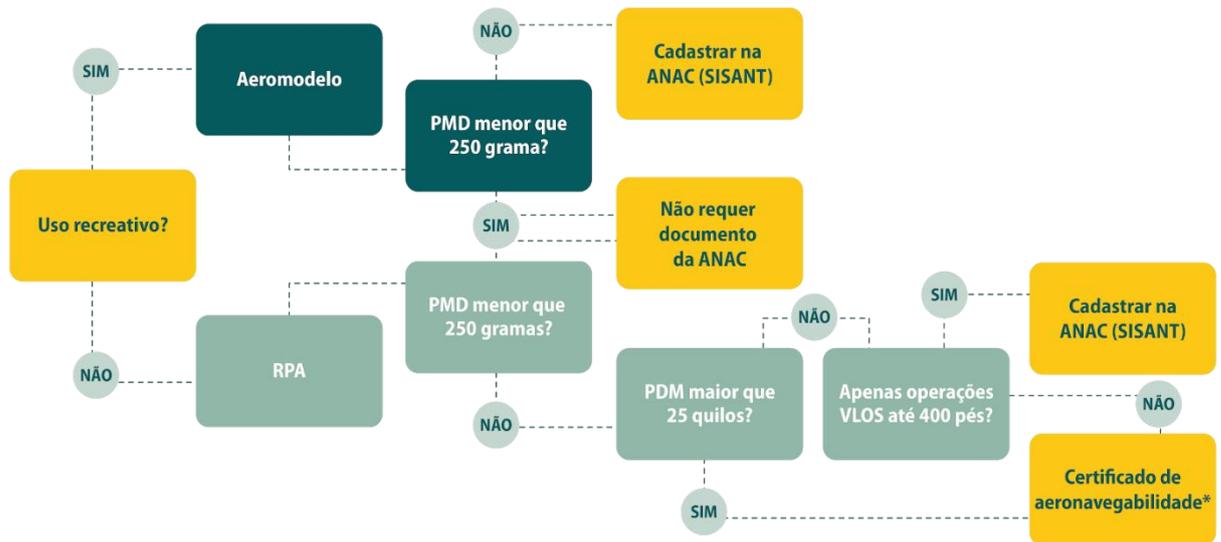
Nesse sentido, a fotogrametria pode ser utilizada para diversas áreas de estudo como arqueologia, geologia, medicina, engenharias e na indústria, tendo como alguns produtos a criação de mapas, cartas topográficas; locação e manutenção de estradas; além de inventários minerais e florestais e cadastro e planejamento urbano (TOMMASELLI, 2009).

2.5 ARP (Aeronaves Remotamente Pilotadas)

Com o avanço da tecnologia, desenvolvimento de *softwares* e aprimorados sensores, o uso dos objetos voadores - drones (aeromodelos ou aeronaves remotamente pilotadas - ARP) tornam-se cada vez mais frequentes (JORGE; INAMASU, 2014), visto que podem ser utilizados para diversas áreas e finalidades, obtendo dados de forma rápida (LINS, 2019).

Segundo a Regulamentação da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), a diferença entre ambos os drones é o uso. Os aeromodelos são aeronaves não tripuladas e remotamente pilotadas de uso recreativo e de lazer, já as ARPs são aeronaves não tripuladas utilizadas com fins comerciais, institucionais e experimentais (ANAC, 2017).

Para voarem são regulamentados pelos órgãos: ANAC, ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicação) e DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo). Pela ANAC necessitam de cadastros e certificados de acordo com seu uso e peso como mostra o fluxograma (Figura 1), onde PMD significa Peso Máximo de Decolagem e VLOS, Linha de Visada Visual.



*As aeronaves que recebem um certificado de aeronavegabilidade precisam ser registradas na ANAC e, além do seu próprio certificado de aeronavegabilidade, receberão um Certificado de Matrícula ou Certificado de Marca Experimental.

Figura 1. Fluxograma de certificação ou cadastro na ANAC.

Fonte: ANAC (2017).

Pela ANATEL é necessário a homologação do drone e do controle já que ambos emitem sinais de comunicação via rádio. Por último, pelo DECEA é necessário registrar o voo (MASTER, 2020).

Algumas orientações devem ser seguidas para segurança da população e de quem opera o drone, sendo elas: não sobrevoar em áreas de segurança como quartéis e presídios; respeitar a distância mínima de 30 m de edificações; realizados durante o dia; não é permitido sobrevoar sobre pessoas sem autorização nem próximo a aeroportos e heliportos e é necessário que o operador mantenha o veículo em seu campo de visão (DECEA, 2020).

No Brasil os drones são utilizados para proteção de fronteiras e para mapear o desmatamento da Floresta Amazônica (TECH TUDO, 2019). Alguns municípios o utilizam como ferramenta de controle e gestão, vigiando áreas propensas a alagamentos e desmoronamento e Área de Preservação Permanente (APP) (LINS, 2019).

A principal desvantagem do uso das ARPs são os arquivos de grande tamanho que ele gera, necessitando de *hardware* mais potente para o seu processamento (LINS, 2019).

Após a obtenção das imagens ou mosaicos, pode-se compará-los com outros mapas por meio dos SIGs. A atualização dos dados por meio da ARP ocorre de forma mais rápida, podendo então se confrontar constantemente os mapas (JORGE; INAMASU, 2014).

3 METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

O trabalho foi realizado no município de Jerônimo Monteiro, situado no sul do Espírito Santo, Brasil, com as seguintes coordenadas geográficas centrais: 20° 47' 8" de latitude Sul e, 41° 23' 52" longitude Oeste (CIDADE BRASIL, 2019), na Avenida Governador Lindemberg, Bairro Centro (Figura 2). Com aproximadamente 1,5 km de extensão, a referida Avenida tem como limites a rodovia ES-482 e a Avenida Dr. José Faráh. É uma das principais avenidas da cidade, estando próxima a ela pontos importantes como a Prefeitura Municipal, o Parque de Exposição e em sua extensão encontra-se o *Campus* da Universidade Federal do Espírito Santo e diversos pontos comerciais como farmácias e lojas. A vegetação neste ambiente urbano é composta principalmente pela espécie *Moquilea tomentosa* Benth. (oiti), espécie nativa do Brasil.

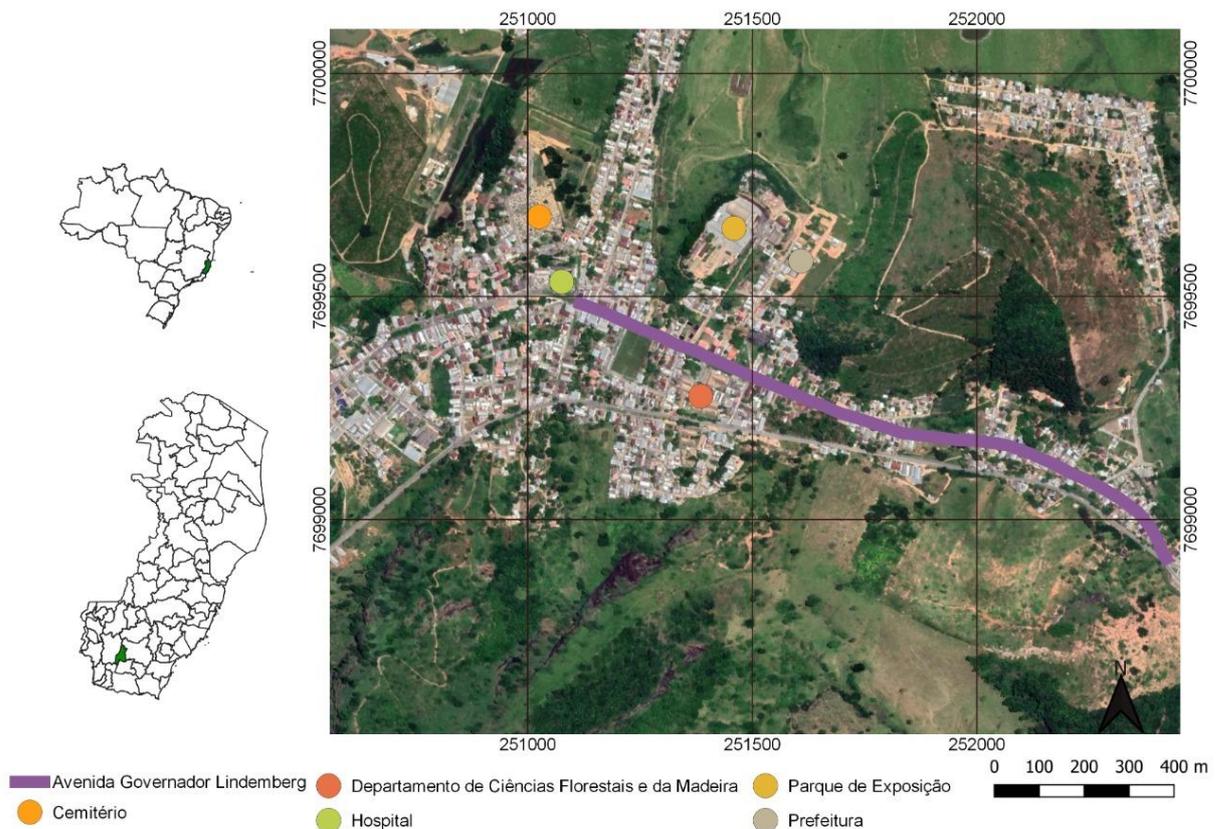


Figura 2. Área de estudo.

Fonte: Autor (2021).

3.2 Variáveis dendrométricas estudadas

As variáveis avaliadas como relevantes para o estudo foram classificadas em qualitativas: localização, identificação, fitossanidade, sistema radicular e frutos, flores e folhas das espécies; e quantitativas: número de indivíduos, altura total e da primeira bifurcação, DAP (diâmetro na altura do peito) e diâmetro da copa, além do Índice de Cobertura Vegetal (ICV).

A coleta dos dados foi realizada de dois modos: pelo método tradicional, mensurando-se as variáveis da árvore com visita em campo e por meio de técnicas de sensoriamento remoto, realizando-se um sobrevoo da área de estudo com um ARP.

3.3 Método tradicional de inventário de florestas urbanas

Nos dias 10 e 11 de fevereiro de 2021, as variáveis quantitativas altura total e da primeira bifurcação foram obtidas com o auxílio da régua telescópica de 15 metros (Figura 3A). Quando o indivíduo possuía mais que este valor, as alturas foram obtidas empregando-se o hipsômetro portátil Suunto PM5 – 1520D (Figura 3B). A CAP (circunferência na altura do peito (1,30 metros)) foi obtida com a fita métrica (Figura 3C) e posteriormente transformada em DAP por meio da fórmula: $DAP = CAP/\pi$. Seguindo a classificação de porte apresentada por Copel (2020), as árvores foram classificadas em três classes: pequeno – altura < 5m; médio – $5\text{ m} \leq \text{altura} \leq 10\text{ m}$; grande – altura > 10 m. A projeção da copa também foi obtida com o auxílio da fita métrica, nos pontos cardeais, projetando sempre na maior largura, ou seja, na última folha das respectivas dimensões.

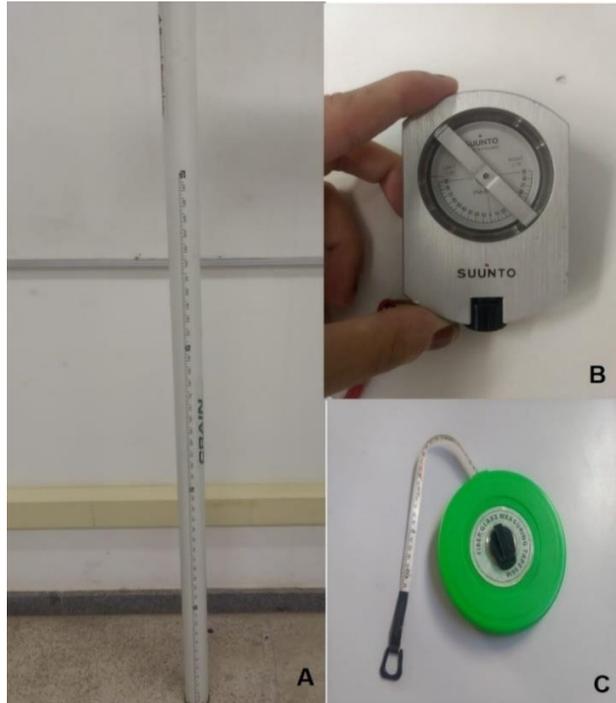


Figura 3. Equipamentos utilizados sendo, A: régua telescópica, B: hipsômetro e C: fita métrica.
Fonte: Autor (2021).

As variáveis qualitativas fitossanidade e sistema radicular seguiram classificações pré-estabelecidas por Silva, Paiva e Gonçalves (2017), observadas em campo:

- Sistema radicular: 1 – raiz totalmente subterrânea; 2 – raiz superficial somente na área de crescimento da árvore; 3 – raiz superficial, ultrapassando a área de crescimento da árvore e provocando significativas rachaduras na pavimentação.
- Fitossanidade: 1 – árvore em condição boa: apresentava-se vigorosa, sem sinais de pragas, doenças ou danos mecânicos e apresentava a forma característica da espécie, não requerendo correções; 2 – árvore em condição satisfatória: apresentava condição e vigor médios para determinado local, apresentando pequenos danos físicos, pequenos problemas de pragas e doenças ou necessidade de poda corretiva; 3 – árvore em condição ruim: estágio geral de declínio e apresentando severos danos de pragas, doenças ou injúrias físicas e, embora não aparentava morte iminente, pode requerer muito trabalho para sua recuperação; 4 – árvore morta: aquela que devido a danos de pragas, doenças ou físicos aparentava morte iminente.

A avaliação das flores, frutos e folhas foi realizada por meio de análise visual da situação e local onde a árvore se encontrava e por pesquisa bibliográfica determinou-se os possíveis problemas que podem causar.

A identificação dos indivíduos foi realizada com o auxílio de pesquisa bibliográfica e a grafia do nome científico foi conferida no portal Flora do Brasil 2020 (FLORA DO BRASIL 2020, 2021).

3.4 Inventário florestal de florestas urbanas com o apoio de técnicas de sensoriamento remoto

Com o intuito de verificar as contribuições de ferramentas do sensoriamento remoto na realização de inventários em florestas urbanas, a mesma área de estudo inventariada pelo método tradicional (item 3.3), isto é, Avenida Governador Lindemberg, foi sobrevoada por uma ARP. Para a obtenção do índice de Cobertura Vegetal, foram utilizadas imagens da ARP, modelo MAVIC 2 PRO (Figura 4) que possui sensor de 1" CMOS de 20 milhões de pixels efetivos (DJI, 2021). Para abranger toda a área de forma segura, foram realizados dois voos planejados (Figura 5). Os planos de voo foram confeccionados no site *DroneDeploy* com configurações padrões: sobreposição frontal de 75% e lateral de 65%, sobrevoando a área à 328 pés (aproximadamente 100 m) de altura. Cada voo teve a duração de 11 minutos e foi utilizada uma bateria, não esgotando-a completamente. Ao longo do percurso do dispositivo, ele era mantido em observação por dois observadores posicionados ao início e fim da área de cada voo, respeitando as normas de segurança. A aeronave levantava voo sempre do meio da área abrangida pelo plano.



Figura 4. Aeronave utilizada, MAVIC 2 PRO.

Fonte: Autor (2021).



Figura 5. Planos de voo, onde A: seção inicial e B: seção final da área.

Fonte: Autor (2021).

Após o processamento das imagens, a variável ICV (Índice de Cobertura Vegetal) foi obtida por meio da fórmula: $ICV = \sum \frac{\text{Áreas verdes (m}^2\text{)}}{\text{Área total (m}^2\text{)}} \times 100$, proposta por Nucci e Cavalheiro (1999).

Para o georreferenciamento das imagens, antes do voo, na extensão da avenida alvo do estudo, foram espalhados oito tapetes com cor vermelho e branco nas dimensões 45x45 cm (Figura 6) para a realização da coleta dos pontos de controle, sendo quatro para controle e quatro para check. Estes pontos foram obtidos e corrigidos via PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), por meio de rádio, via RTK (*Real Time Kinematic*), com modelo GNSS RTK Promark 220 L1,C/A, L1P, L2C, L5, E1 OS, E5a, E5b, L1 C/A, L2 C/A, B1L, B2L. A estação base com o rádio foi montada no centro da área total (Figura 7).



Figura 6. Tapete utilizado para coleta do ponto de controle.

Fonte: Autor (2021).



Figura 7. Base para correção dos pontos para georreferenciamento.

Fonte: Autor (2021).

3.4.1 Processamento dos dados

As imagens obtidas pela ARP foram processadas no *software AgiSoft MetaShape* para seu alinhamento e criação da Dense Cloud, do modelo Digital de Superfície (MDS) e Orthomosaico. Após esta etapa foram calculadas a área total da Avenida Governador Lindemberg e a área das copas das árvores por meio da criação

de polígonos em sua delimitação (Figura 8) e sua soma no *software QGis*, assim como a área do local de estudo. Todas as etapas foram processadas em qualidade alta, no alinhamento a referência preselection foi a source, com key point limit de 40.000 e Tie key point de 7.000. Para a Dense Cloud o Filtering mode utilizada foi o Mild.



Figura 8. Demarcação das copas das árvores no *software QGis*.

Fonte: Autor (2021).

3.5 Análise dos dados

Os dados da área das copas foram analisados por meio do erro entre as medidas obtidas na forma manual (observada) e as do ARP (estimada) por meio da fórmula:

$$\text{Erro} = X - Y$$

$$\text{Erro (\%)} = \frac{X - Y}{X} 100.$$

Onde:

X= valor observado, em m²;

Y= valor estimado, em m²;

Também foram realizados os cálculos da raiz do erro médio ao quadrado (RMSE) e coeficiente de determinação (R²):

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum(X-Y)^2}{n}},$$

$$\text{RMSE (\%)} = \frac{\text{RMSE}}{\bar{Y}}$$

sendo:

RMSE = raiz do erro quadrático médio;

n= número de indivíduos;

\bar{Y} = média dos valores estimados

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X-Y)^2}{\sum_{i=1}^n (X-\bar{Y})^2}$$

Em que: R^2 = Coeficiente de determinação;

Além desses parâmetros, foi calculado o viés (coeficiente de assimetria) (V) pela seguinte fórmula:

$$V = \frac{\sum(X-Y)}{n}$$

$$V (\%) = \frac{V}{\bar{Y}} \times 100$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Inventário tradicional

Foram encontrados ao longo da avenida 146 indivíduos, representados por oito espécies, como se pode verificar na Tabela 1. A espécie mais frequente, *Moquilea tomentosa* Benth., cujo nome comum é oiti representa 79% dos indivíduos encontrados.

Tabela 2. Lista dos indivíduos encontrados na área de estudo.

| Espécie | Nome comum | Quantidade | Porcentagem (%) |
|-------------------------------------------------------|-------------|------------|-----------------|
| <i>Moquilea tomentosa</i> Benth. | oiti | 115 | 79 |
| <i>Cenostigma pluviosum</i> (DC.) Gagnon & G.P. Lewis | sibipiruna | 13 | 9 |
| <i>Handroanthus</i> spp. | ipê | 08 | 5 |
| <i>Ficus</i> sp. | figueira | 04 | 3 |
| <i>Pachira aquatica</i> Aubl. | munguba | 02 | 1 |
| <i>Terminalia catappa</i> L. | castanheira | 02 | 1 |
| Arecaceae | palmeira | 01 | 1 |
| <i>Psidium guajava</i> L. | goiabeira | 01 | 1 |
| Total | - | 146 | 100 |

Fonte: Autor (2021).

Resultado semelhante foi encontrado por Jardim (2019) no bairro Centro do município de Alegre – ES, cidade próxima de onde este estudo foi realizado, em que 74% dos indivíduos eram o oiti. A falta de diversificação de espécies no ambiente urbano é um ponto negativo, pois, de acordo com Biondi e Kischlat (2006), um maior número de espécies fornece maior resistência às mudanças como as climáticas, além de reduzir o surgimento de pragas e doenças. Silva, Paiva e Gonçalves (2017) citaram que cada espécie não deve ultrapassar de 12% a 15% do total de indivíduos, caso contrário, surtos de pragas e doenças podem acabar com a vegetação além de tornar monótona a paisagem.

As espécies apresentaram altura média de 7,62 metros aproximadamente. Os indivíduos que apresentaram a maior e a menor altura são da espécie oiti, isto é, 16,10 metros e 4,17 metros, respectivamente. Quanto ao porte, 72% dos indivíduos mensurados encontram-se na classe de médio porte, tendo altura entre 5 e 10 m e 23% apresentam grande porte (tamanho maior que 10m) (Figura 9). Os resultados obtidos com os dados de DAP mostram que 54% das árvores têm entre 15 e 30 cm e

36% mais que 30 cm (Figura 10). O alto número de espécies de médio porte pode ser explicado pelas constantes podas realizadas para que as espécies não cheguem à fiação elétrica, reduzindo então sua altura. O efeito das podas sobre a arborização da avenida fica evidente quando se compara a altura média de todas as árvores (7,62 m) com a altura potencial que a espécie oiti pode atingir. Esta espécie pode alcançar, segundo Monteiro et al. (2012), 15 m de altura e, por constituir 79% da arborização da avenida pesquisada, era esperado que a altura média das árvores fosse mais próxima deste valor.

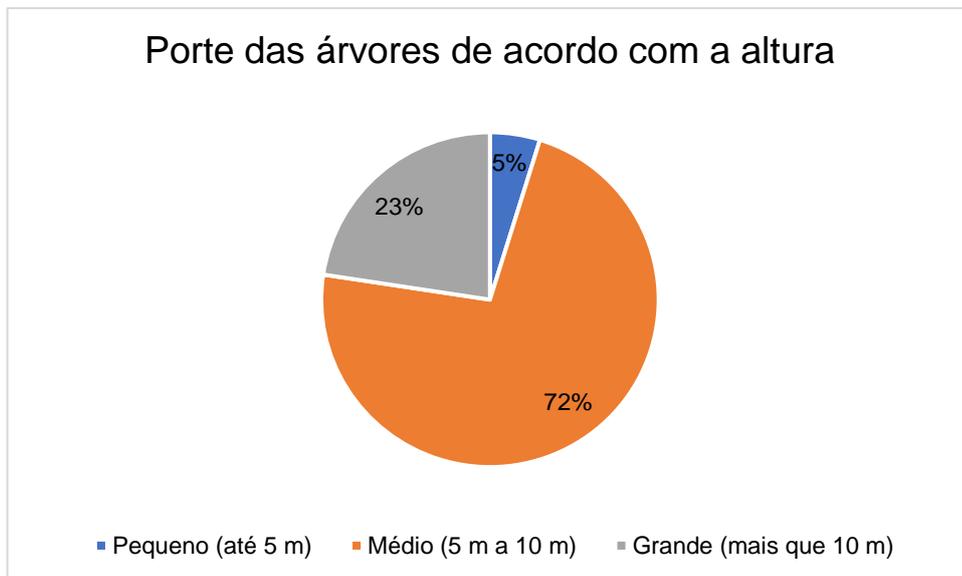


Figura 9. Porcentagem do porte das árvores, em relação à altura total.

Fonte: Autor (2021).

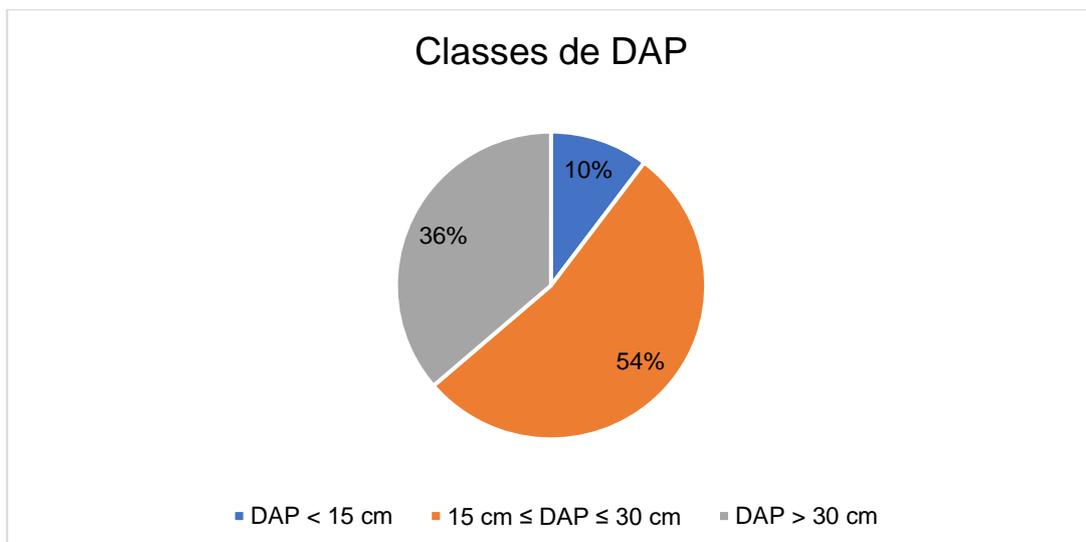


Figura 10. Porcentagem por classes de DAP.

Fonte: Autor (2021).

A primeira bifurcação deve estar a no mínimo 1,80 metros do solo para não causar conflitos com o fluxo de pedestres nas calçadas e transportes nas vias (BIONDI; ALTHAUS, 2005; SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2017). Nesse estudo foram identificadas 66% das árvores com valores abaixo do ideal (Figura 11). Souza (2019) verificou que 55% das árvores encontradas no bairro Centro do município de Alegre – ES tinham a primeira bifurcação a 1,80 m ou mais do solo. O correto, segundo Lima Neto e Biondi (2011), seria no ato do planejamento, adquirir mudas com a altura da bifurcação já neste tamanho ou superior, ou então, para os indivíduos já estabelecidos, realizar podas de elevação de copa.

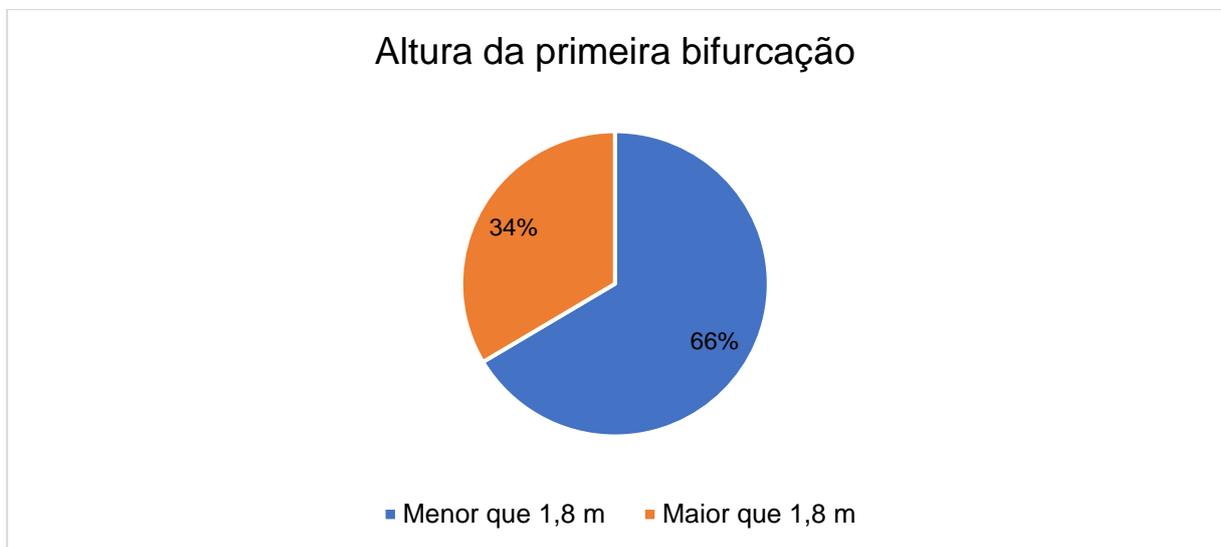


Figura 11. Percentual das alturas da primeira bifurcação.

Fonte: Autor (2021).

Para a variável fitossanidade, 73% apresentaram condição satisfatória, e 16% ruim, estas por estarem ocas devidos a ataques de pragas (Figura 12). O alto número de indivíduos na categoria satisfatória e não na boa, se dá ao fato de precisarem de podas corretivas por apresentarem conflitos com a rede elétrica e placas de trânsito além dos imóveis locais. Isto se faz necessário devido à falta de planejamento das espécies implementadas nos passeios, visto que são espécies que apresentam porte médio/grande e as calçadas são estreitas. Reis et al. (2017) explicaram que a largura dos passeios para comportar árvores deve ser de no mínimo 1,20 m para a faixa livre, sendo necessário ainda 0,8 m para a inserção das árvores pois assim há espaço para os pedestres transitarem sem empecilhos.

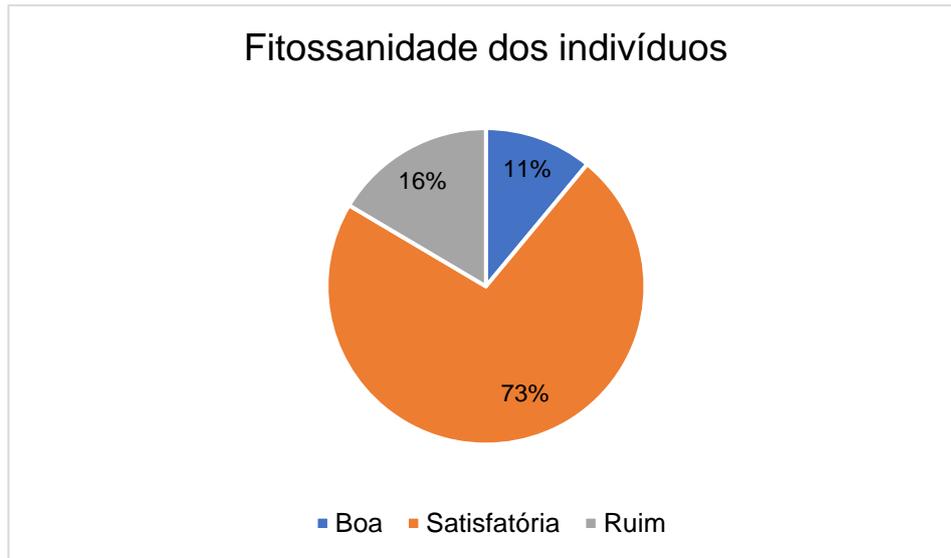


Figura 12. Classificação da fitossanidade das árvores.

Fonte: Autor (2021).

Quanto a condição das raízes, 44% apresentavam-se totalmente subterrânea e 23% dos indivíduos apresentavam raízes expostas além da área de crescimento, o que provocava problemas de rachaduras nas calçadas (Figura 13). Este fato se deve, como explicam Lima Neto e Biondi (2011) pelos indivíduos não possuírem áreas de crescimento suficientes para seu desenvolvimento ou como nos casos das figueiras (*Ficus* sp.), possuírem raízes agressivas, não sendo indicadas para o ambiente urbano.

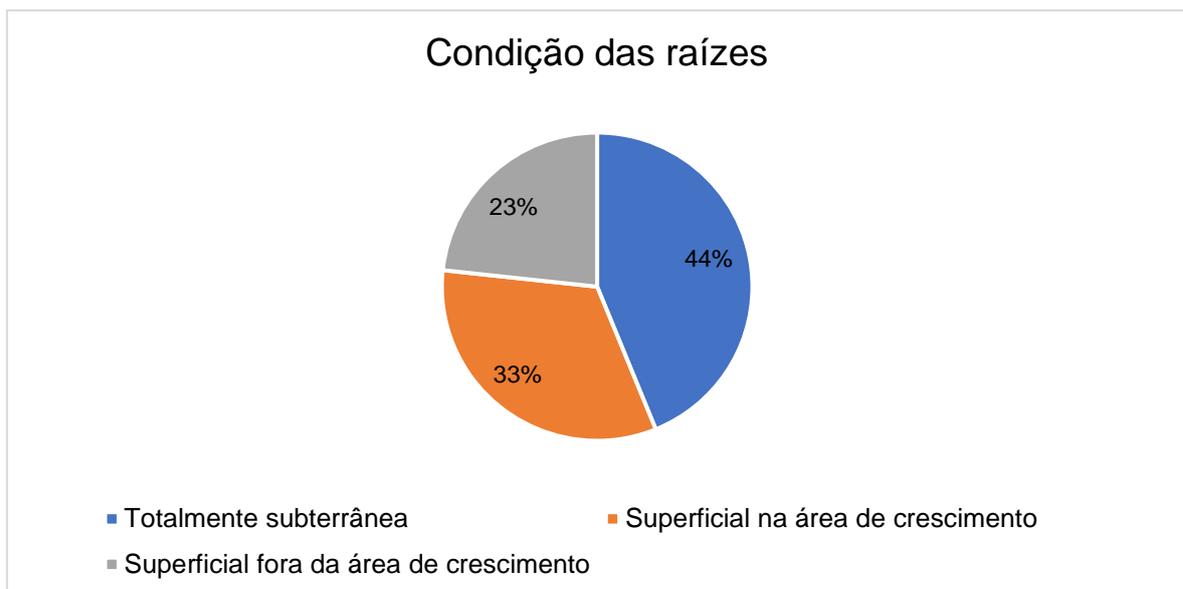


Figura 13. Proporção para cada situação das raízes.

Fonte: Autor (2021).

Quanto aos problemas que as flores, frutos e folhas podem causar no local, constatou-se que os indivíduos de *M. tomentosa*, não geram problemas, por ser uma espécie perenifólia e possuir frutos pequenos e comestíveis (MONTEIRO, 2012). A espécie *C. pluviosum* perde parte de suas folhas ao longo do ano (CORREIA; PROCHNOW, 2009), mas de tal forma que não causaria inconvenientes para a via. Contudo, recomenda-se a coleta regular dos resíduos gerados pela queda de folhas e frutos das espécies mais abundantes, caso contrário o acúmulo nas calçadas pode prejudicar circulação de pedestres. O indivíduo que inspira cuidado é o da família *Arecaceae*, pois a queda de suas folhas pode causar acidentes no trânsito ou com pedestres devido ao tamanho.

4.2 Inventário por meio da ARP

Após o processamento das imagens (Figura 14), de forma manual foram identificadas as 146 árvores, demarcadas as copas e obtidos valores para os cálculos de Índice de Cobertura Vegetal (ICV) e das estatísticas. Os erros de pontos de controle e de check obtidos no georreferenciamento são apresentados na Tabela 2.



Figura 14. Imagem obtida após o processamento das imagens do RPA.

Fonte: Autor (2021).

Tabela 3. Erros apresentados após o georreferenciamento das imagens da ARP.

| RMSE dos pontos de controle | | | | | |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| Quantidade | Erro X (m) | Erro Y (m) | Erro Z (m) | Erro XY (m) | Total (m) |
| 04 | 0,0809522 | 0,00427537 | 0,0011604 | 0,081065 | 0,0810733 |
| RMSE dos pontos de check | | | | | |
| Quantidade | Erro X (m) | Erro Y (m) | Erro Z (m) | Erro XY (m) | Total (m) |
| 04 | 1,79734 | 0,198224 | 1,27722 | 1,80824 | 2,21382 |

Fonte: Autor (2021).

O Índice de Cobertura Vegetal (ICV) da área de estudo é de aproximadamente 22,72%, resultado obtido pelos dados das imagens da ARP. Oke (1973 apud Lombardo, 1985) menciona que o ideal para o equilíbrio térmico seria de um ICV igual ou superior a 30%. Ao longo da avenida foi possível observar que metade da área possuía poucas árvores, o que pode ter impedido de se alcançar o valor ideal. Nucci et al. (2003) em um estudo no bairro Centro de Curitiba encontraram 12,56% para o ICV e Rocha e Werlang (2005) encontraram 7,2% no bairro Centro de Santa Maria – Rio Grande do Sul. Uma solução para melhorar a cobertura verde na avenida pesquisada, bem como em outros locais com menores valores de ICV, é a implantação de espécies com potencial de sombreamento em locais poucos arborizados.

A soma das áreas de copa encontradas em campo pelo método tradicional foi de 6.754,0635 m², já as obtidas pelas imagens da ARP foram 6.011,5797 m². A Tabela 3 mostra as estatísticas dos valores obtidos dos parâmetros calculados para as áreas de copa obtidas no método tradicional e com o uso do ARP. A área das copas apresentou coeficiente de determinação de 0,87 sendo considerada boa (Figura 15), explicando que 87% das medidas obtidas em campo, são encontradas também pela aeronave. Já a raiz do erro médio ao quadrado (RMSE) foi de 21,78%, ou seja, 10,08m². Este erro pode ser explicado pela difícil obtenção das medidas das copas para o cálculo da área pelas imagens da ARP, visto que alguns fatores interferem para que a medida não seja exata, por exemplo a sobreposição dos imóveis com as copas e de uma copa com outra, não sendo possível determinar os limites, assim como a sombra que as árvores ou prédios próximos fazem, dificultando a distinção de copa ou sombra. Como vemos na Figura 16, em alguns indivíduos o erro foi bem significativo, já em outros, pequenos.

Tabela 4. Valores obtidos pelas estatísticas aplicadas nos dados do diâmetro das copas.

| R² | RMSE (m²) | RMSE (%) | V (m²) | V (%) |
|----------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------------|--------------|
| 0,87 | 10,08 | 21,78 | 5,09 | 11,03 |

Fonte: Autor (2021).

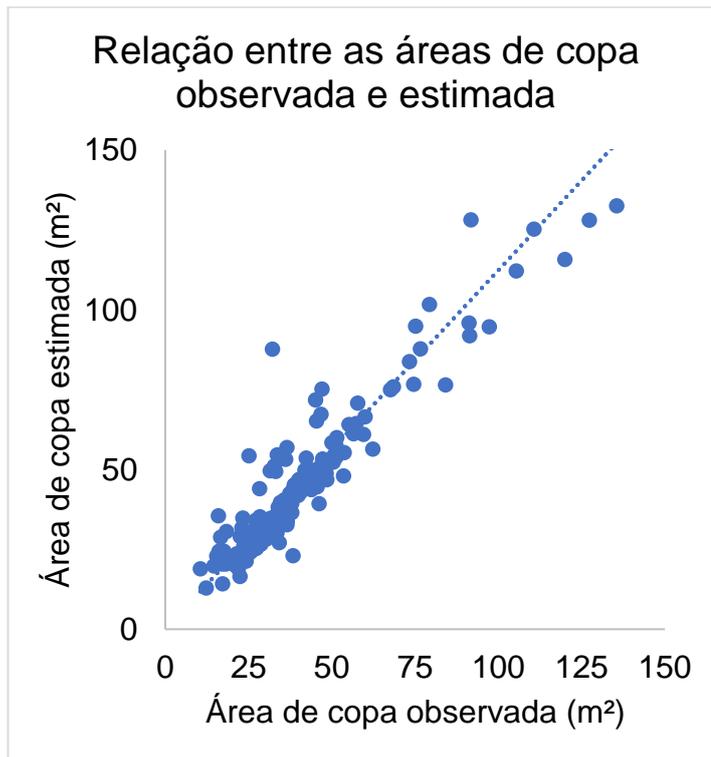


Figura 15. Correlação entre as copas observada (pelo método tradicional) e estimada (método ARP).

Fonte: Autor (2021).

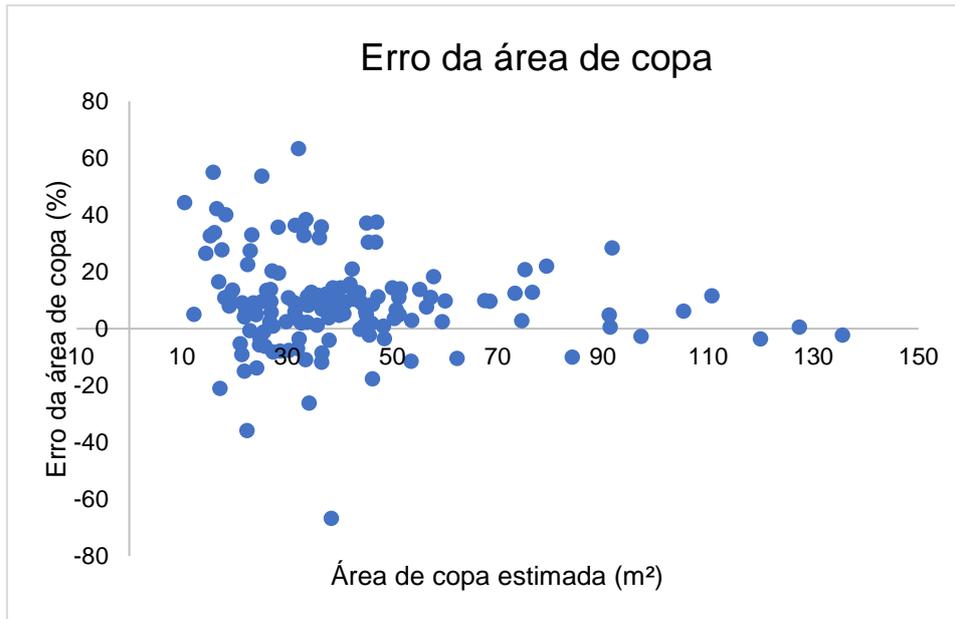


Figura 16. Relação entre a área de copa estimada (método ARP) e o erro.

Fonte: Autor (2021).

O viés (V) diferente de 0 indica que há superestimação ou subestimação dos valores encontrados, assim, o valor positivo mostrou que há uma superestimação no método tradicional de obtenção dos dados.

Para as árvores com copa isolada e para os cálculos de índices, a metodologia de uso da ARP é positiva, mas para possíveis estudos sobre o porte da árvore onde a área da copa é uma variável importante, devido as dificuldades apresentadas como por exemplo a sobreposição das copas, necessitaria de mais estudos sobre métodos de obtenção destes dados ou como contornar os problemas presentes. A Tabela 4 mostra que houve melhora nos valores quando realizadas para as copas isoladas.

Tabela 4. Valores obtidos pelas estatísticas aplicadas nos dados do diâmetro das copas das árvores isoladas.

| R^2 | RMSE (m ²) | RMSE (%) | V (m ²) | V (%) |
|-------|------------------------|----------|---------------------|---------|
| 0,94 | 7,9588 | 17,0601 | 4,7225 | 10,1230 |

Fonte: Autor (2021).

Além das variáveis obtidas pelo drone apresentadas neste trabalho, outras como altura total da árvore também poderiam ter sido obtidas por meio da criação do Modelo Digital de terreno (MDT) no *software MetaShape*. Por meio de modelagem é

possível obter a altura da primeira bifurcação, assim como DAP das árvores em questão.

5 CONCLUSÃO

A espécie *M. tomentosa* apresentou 79% dos indivíduos, sendo recomendado não exceder 15%. Quanto ao porte das árvores, 72% apresentaram porte médio, podendo ser explicado pelas podas constantes. Quanto a primeira bifurcação, 66% dos indivíduos estavam abaixo do ideal de 1,80 m do solo, podendo influenciar no fluxo de pedestres nos passeios. 73% apresentaram fitossanidade classificada como satisfatória e 44% das raízes eram totalmente subterrâneas. O Índice de Cobertura Vegetal encontrado foi de 22,72%, abaixo do valor ideal para conforto térmico local que é de 30%. A correlação entre os dados obtidos para área de copa pelos dois métodos foi boa, tendo o valor de 0,87 e com a raiz do erro médio ao quadrado de 21,78% e um viés de 11,03%. Para as árvores com copa isolada e para os cálculos de índices a metodologia de uso da ARP é positiva, mas para possíveis estudos sobre o porte da árvore onde a área da copa é uma variável importante, devido as dificuldades apresentadas como por exemplo a sobreposição das copas, necessitaria de mais estudos sobre métodos de obtenção destes dados ou como contornar os problemas presentes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTIN, R. M. et al. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária de Nova Esperança, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n. 3, p. 128-148, 2011.

ALENCASTRO, Y. O. et al. Ferramentas de digitalização 3D faça-você-mesmo na preservação do patrimônio cultural. **Revista Interações**, Campo Grande, v.20, n. 2, p. 435-448, 2019.

ALVAREZ, I. A. et al.. Comparação entre videografia e fotografia aérea para diagnóstico da vegetação em ambiente urbano de Piracicaba, SP. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n.4, p. 691-698, 2010.

AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY (ASP). **Manual of photogrammetry**. 1966, p.1220

ANAC - AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Resolução nº419 de 2 de maio de 2017**. SAR/SPO.

BIONDI, D. **Floresta Urbana**. Curitiba: O Autor, 2015.

BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de Rua de Curitiba**: cultivo e manejo. Curitiba: FUPEF, 2005.

BIONDI, D.; KISCHLAT, E. **A vegetação urbana e a biodiversidade**. Diálogo, Canoas, n.1, p. 155-168, 2006.

BIZZI, L.A. et al. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**: texto, mapas & SIG. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2003. p. 692

BOBROWSKI, R. Inventário Florestal Contínuo e Dinâmica da Arborização de Ruas. In: BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. **Pesquisa em arborização de ruas**. Curitiba: O Autor, 2011.

CIDADE BRASIL. **Município de Jerônimo Monteiro**. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-jeronimo-monteiro.html>>. Acesso em: 08 dez. 2019.

CLICKGEO. **O Geoprocessamento e suas tecnologias**: Parte 1. Disponível em: <<http://www.clickgeo.com.br/geotecnologias-parte1/>>. Acesso em: 08 dez. 2019.

COLETO, E.P.; MÜLLER, N.G.; WOLSKI, S.S. Diagnóstico da arborização das vias públicas do município de Sete de Setembro – RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.3, n.2, p. 110-122, 2008.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **Que árvores plantar**. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcopel/guia_arb/que_arvores_plantar.html>. Acesso em: 27 abr. 2021.

CORREIA, T. A.; PROCHNOW, M. **Sibipiruna, uma dama de ouro**. 2009. Disponível em: <<https://apremavi.org.br/sibipiruna-uma-dama-de-ouro/#:~:text=A%20sibipiruna%20perde%20parcialmente%20suas,as%20da%20metade%20de%20cima.>>. Acesso em: 27 abr. 2021.

DEBIAZI, P. R.; SOUZA, L. C. L. Contribuição de parâmetros do entorno urbano sobre o ambiente térmico de um campus universitário. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 215-232. 2017.

DECEA – Departamento de Controle de Espaço Aéreo. **Drone/ RPAS**. Disponível em: <<https://www.decea.gov.br/drone/>>. Acesso em: 09 abr. 2020.

DJI. **Mavic 2**: Amplie seu mundo. Disponível em: <<https://www.dji.com/br/mavic-2/info>>. Acesso em: 15 maio. 2021.

EMENEKWUM, V. K. **ARBORIZAÇÃO URBANA NO CAMPUS DE ALEGRE – UFES: INVENTÁRIO QUALI-QUANTITATIVO E INFLUÊNCIA NO CONFORTO TÉRMICO**. 2017. 53f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.

FLORA DO BRASIL 2020. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2021.

GOMES, M. F.; QUEIROZ, D. R. E. Avaliação da cobertura vegetal arbórea na cidade de Burigui com emprego de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 93-117, 2011.

JARDIM, M. C. INVENTÁRIO DA ARBORIZAÇÃO VIÁRIA EM UM BAIRRO DA CIDADE DE ALEGRE – ES. In: Jornada de Iniciação Científica da UFES, 2019, Alegre, **Anais**. Vitória: PRPPG, 2019, v.10.

JORGE, L. A. C; INAMASU, R. Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, A. C. C. et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Editora Cubo, 2014. p.109-134.

KURIHARA, D. L.; ENCINAS, J. I. Análise da arborização do Campus da Universidade de Brasília através de imagem ikonos. **Brasil Florestal**, n. 78, 2003.

LIMA NETO, E. M.; BIONDI, D. Acessibilidade: um novo desafio para a arborização de ruas. In: BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. (Org.). **Pesquisas em Arborização de Ruas**. Curitiba: O Autor, 2011. p. 131 – 150.

LINS, B. O. L. **A utilização do VANT (drone) como alternativa para atualização de regularização urbana**. 2019. 54 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Agrimensura) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2019.

LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C. **Introdução a Sistemas de Informações Geográficas com Ênfase em Banco de Dados**. 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/sig-bd-jai.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2019

LOBODA, C. R.; DE ANGELIS, B. L. D. Áreas verdes públicas urbanas: Conceitos, usos e funções. **Revista Ambiência**, Guarapuava, p. 125-139, 2005.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles**. O exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985, 244p.

MASTER CONSULTORES. **Licença para drone** – Quais os documentos necessários para pilotar um drone?. Disponível em: <<https://masterconsultores.com.br/licenca-para-drone/>>. Acesso em: 09 abr. 2020.

MONTEIRO, K. L. et al. Caracterização morfológica de frutos, sementes e do desenvolvimento pós-seminal de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, p. 90 – 97. 2012.

NUCCI, J. C.; CAVALHEIRO, F. COBERTURA VEGETAL EM ÁREAS URBANAS – CONCEITO E MÉTODO. **Revista GEOUSP**, São Paulo, n. 6, p. 29-36, 1999.

NUCCI, J. C.; WESTPHALEN, L. A.; FILHO, A. T. B; NEVES, D. L. Cobertura Vegetal no bairro Centro de Curitiba/PR. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Rio de Janeiro. **Anais...** 2003.

PATRO, R. **Oiti – Licania tomentosa**. 2014. Disponível em: <<https://www.jardineiro.net/plantas/oiti-licania-tomentosa.html>>. Acesso em: 27 abr. 2021.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Fotogrametria: o que é?**. Disponível em: <portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/fotogrametria-o-que-e/46298>. Acesso em: 07 dez. 2019.

REGISTRO. **Guia de Arborização Urbana**. Registro: Prefeitura Municipal de Registro. 2017.

REIS, A. R. N. et al. **Floresta Urbana: Planejamento, Implantação e Manejo**. In: SEAFLORE – Semana de Aperfeiçoamento em Engenharia Florestal, 1, 2017, Curitiba.

RIBEIRO, F. A. B. S. ARBORIZAÇÃO URBANA EM UBERLÂNDIA: Percepção da população. **Revista Católica**, Uberlândia, p. 224-237, 2009.

ROCHA, J. R.; WERLANG, M. K. Índice de cobertura vegetal em Santa Maria: o caso do Bairro Centro. **Ciência e Natura**, UFSM. v. 27, n. 2, p. 85-99, 2005.

SILVA, A. G. **Inventário de arborização urbana viária: métodos de amostragem, tamanho e forma das parcelas**. 2003. 110 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, Faculdade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SILVA, A. G.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Avaliando a Arborização Urbana**. 2. ed. v. 5. Viçosa: Aprenda Fácil, 2017.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. Capítulo 1. In:_____. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa: Editora UFV. 2011 p. 129-132.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA – SBAU. “Carta a Londrina e Ibioporã”. **Boletim Informativo**, v. 3, n. 5, p. 3, 1996.

SOUZA, L. C. M. **ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DAS ÁREAS VERDES URBANAS DO BAIRRO VILA SANTA CECÍLIA, VOLTA REDONDA, RJ**. 2018. 61f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2019.

SOUZA, L. G. P. Compatibilidade entre as árvores e a acessibilidade de pedestres em calçadas do Bairro Centro de Alegre – ES. In: Jornada de Iniciação Científica da UFES, 2019, Alegre, **Anais**. Vitória: PRPPG, 2019, v.10.

SOUZA, S. M. et al. ANÁLISE DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS URBANOS DA CIDADE DE VITÓRIA – ES. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 8, n. 1, p.112-124, 2013.

TECH TUDO. **Entenda a diferença entre Drone e VANT e suas aplicações práticas**. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2015/05/entenda-diferenca-entre-drone-e-vant-e-suas-aplicacoes-praticas.html>>. Acesso em: 07 dez. 2019.

TEMBA, P. **Fundamentos da fotogrametria**. Departamento de Cartografia, UFMG. 2000. Disponível em: <http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/815/fotogrametria_material_01.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2019

TOMMASELLI, A. M. G. **Fotogrametria Básica** – Introdução. 2009. Disponível em: <http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/891/introducao_a_fotogrametria.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2019

VIBRANS, A. C. et al. O Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina (IFFSC): aspectos metodológicos e operacionais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 3, n. 64, p. 291 – 302, 2010.