

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Laura Regina da Silva

**MONITORAMENTO DA COLHEITA FLORESTAL EM
PLANTIOS DE *Pinus elliottii* ATRAVÉS DE IMAGENS DE
SATÉLITE PLANETSCOPE E SAR**

Frederico Westphalen, RS
2023

Laura Regina da Silva

**MONITORAMENTO DA COLHEITA FLORESTAL EM
PLANTIOS DE *Pinus elliottii* ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE
PLANETSCOPE E SAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Florestal da Universidade
Federal de Santa Maria Campus Frederico
Westphalen como requisito parcial para obtenção
de título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Rafaelo Balbinot

Frederico Westphalen, RS
2023

Laura Regina da Silva

**MONITORAMENTO DA COLHEITA FLORESTAL EM
PLANTIOS DE *Pinus elliottii* ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE
PLANETSCOPE E SAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Florestal da Universidade
Federal de Santa Maria Campus Frederico
Westphalen como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Aprovado em 01 de dezembro de 2023

Rafaelo Balbinot, Dr. em Ciências Florestais (UFSM-FW)
(Orientador)

Edner Baumhardt, Dr. em Engenharia Florestal (UFSM-FW)

Fábio Marcelo Breunig, Dr. em Sensoriamento Remoto (UFPR)

Frederico Westphalen, RS
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me ensinar que coragem só é mesmo coragem quando sentimos um imenso medo, e que o triunfo sobre o medo nos leva a lugares extraordinários.

Aos meus avós, por nunca terem me deixado só, por serem meu porto seguro, pelo incentivo e confiança em mim e em todo o processo. Ao meu irmão por ter enfrentado todas as dificuldades que tivemos até aqui e por vibrar comigo nas minhas conquistas.

Aos meus amigos, por todo conhecimento, dificuldades e alegrias compartilhadas, por estarem presentes comigo durante a graduação e além dela e, por tornarem o processo muito mais leve. Certamente os levarei em meu coração para sempre.

Ao meu orientador Professor Dr. Rafaelo Balbinot por todo o conhecimento compartilhado, apoio e confiança. Ao Professor Dr. Fábio Marcelo Breunig por acreditar no meu trabalho e por todo apoio nesta e nas demais pesquisas. Minha gratidão ao Professor Dr. Edner Baumhardt, por todos os ensinamentos, zelo, amizade e confiança.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria do campus de Frederico Westphalen pela contribuição na minha formação e pelas portas abertas para sanar dúvidas, aconselhar e compartilhar conhecimento, e agradeço a Universidade Federal de Santa Maria, pelo suporte estrutural e assistência estudantil.

A empresa Planet Inc. por fornecer as imagens PlanetScope mediante “Education and Research Standard (PlanetScope) ID 503533.

Ao projeto de pesquisa Qualificação do Processo Produtivo de Madeira e Resina de *Pinus elliottii* Engelm no Litoral do Rio Grande do Sul (UFSM; processo 23081.022189/2019-52).

Por fim, agradeço ao meu pai (*in memoriam*), que mesmo não podendo me acompanhar durante essa jornada, segue em meu coração, espero estar orgulhando você.

RESUMO

MONITORAMENTO DA COLHEITA FLORESTAL EM PLANTIOS DE *Pinus elliottii* ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE PLANETSCOPE E SAR

AUTOR: Laura Regina da Silva
ORIENTADOR: Prof. Dr. Rafaelo Balbinot

O monitoramento de florestas comerciais por satélites assume importância na gestão do empreendimento e dos riscos associados, fornecendo às empresas de forma rápida e atualizada informações necessárias no planejamento florestal. Nesse sentido, o objetivo do trabalho consistiu em avaliar de forma comparativa o uso de imagens ópticas de alta resolução temporal e espacial PlanetScope e de Radar de Abertura Sintética (SAR) Sentinel-1, e gerar alternativas para o monitoramento da colheita florestal em plantios de *Pinus elliottii* no litoral sul do Rio Grande do Sul. Foram utilizados como base os dados de plantio efetivo, área dos talhões, 47 imagens PlanetScope e 32 imagens SAR, para o ano de 2021. Foram identificados os períodos de intervenção em função da diferença entre os padrões das séries temporais da área de floresta plantada e da área colhida. Os resultados mostraram que as imagens quando utilizadas em conjunto permitem identificar e monitorar os eventos de colheita nos talhões estudados. Foram identificados patamares e períodos de parada de colheita, em consonância com os dados dos de campo. Contudo, a presença de nuvens em algumas imagens PlanetScope analisadas resultou em lacunas na identificação de corte em certas datas, sugerindo o uso de imagens de SAR. Com a análise das imagens SAR, identificou-se uma dificuldade no reconhecimento visual dos padrões de colheita na área estudada. Dessa forma, quando utilizadas de forma conjunta e/ou complementar o mapeamento da colheita demonstrou-se mais eficaz.

Palavras-chave: Pinus, séries temporais, colheita florestal.

ABSTRACT

MONITORING FOREST HARVEST IN *Pinus elliottii* PLANTATIONS THROUGH PLANETSCOPE AND SAR SATELLITE IMAGES

AUTHOR: Laura Regina da Silva
ADVISOR: Prof. Dr. Rafaelo Balbinot

The monitoring of commercial forests by satellites assumes importance in the management of an enterprise and the associated risks, providing companies with fast and updated information necessary in forest planning and policymaker decisions. Therefore, the objective of the work was to evaluate comparatively the use of optical images of high temporal and spatial resolution of PlanetScope sensors and Synthetic Aperture Radar (SAR) Sentinel-1 data, and generate alternatives for monitoring forest harvest in *Pinus elliottii* plantations on the southern coast of Rio Grande do Sul. We used as a basis the data of effective planting, area of plots, 47 PlanetScope images, and 32 SAR images, for the year 2021. The intervention periods were identified due to the difference between the patterns of the time series of the planted forest area and the harvested area. The results showed that the images when used together allow us to identify and monitor the harvesting events in the plots studied. Levels and periods of harvest stop were identified, in line with field data. However, the presence of clouds in some PlanetScope images analyzed resulted in gaps in the identification of cuts at certain dates, suggesting the use of SAR images. With the analysis of the SAR images, it was identified a difficulty in the visual recognition of the harvesting patterns in the studied area. Thus, when used together and/or complementing the mapping of the harvest was more effective.

Keywords: Pinus, time series, forest harvesting.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 MATERIAL E MÉTODOS	9
2.1 Área de estudo	9
2.2 Imagens PlanetScope	10
2.3 Imagens de RADAR – SAR	11
2.4 Análise de dados	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
3.1 PlanetScope	12
3.2 SAR	14
3.3 PlanetScope X SAR	16
4 CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1 INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto e seus produtos, bem como as suas diversas técnicas para extração de informações, quando combinados com as ferramentas dos sistemas de informações geográficas (SIG's), tornam-se um potente integrador de dados. Com isso, os avanços na tecnologia de imagens de satélite trazem uma série de benefícios para os gestores de recursos florestais que necessitam de informações de forma rápida, atualizada e em larga escala para auxiliar no planejamento florestal (WICHERT, et al., 2013).

Segundo Xie et al. (2019), o sensoriamento remoto, há muito tempo, vem sendo utilizado para o mapeamento do uso e cobertura da terra, permitindo compreender a dinâmica de grandes extensões territoriais com uma boa relação de custo-benefício. Souza (2018) ressalta que a detecção das mudanças na cobertura da terra e a análise de séries temporais, possibilita a aquisição de informações importantes sobre o comportamento temporal de alvos terrestres, o que acarreta na geração de um perfil temporal de cada classe de uso e cobertura da terra.

No que se refere ao monitoramento do crescimento e desenvolvimento de florestas plantadas, é fundamental para o planejamento florestal, visto que, essas observações contribuem para a otimização de recursos, operacionalização de atividades e tomada de decisão na gestão florestal (XIE et al. 2019). Com isso, metodologias que utilizam sensoriamento remoto têm se sobressaído como auxiliares por sua praticidade e velocidade no fornecimento e na análise de dados. Nesse cenário, no Brasil, algumas empresas começaram a adotar o sensoriamento remoto em suas operações florestais, devido seu custo, rapidez e fornecimento de dados para monitoramento (SILVA et al. 2017).

Com isso, realizar o monitoramento de florestas comerciais por satélites para a gestão conjunta do empreendimento e dos riscos ambientais associados, e monitorar as ações de intervenção em áreas florestais cultivadas, é de suma importância diante da crescente expansão do setor florestal no Brasil (IBA, 2017). Portanto, as séries temporais de sensores de alta a moderada resolução espacial são importantes para separar classes que apresentam sazonalidade bem definida durante o ano (JACON et al., 2017), assim como identificar e mapear áreas de plantios florestais submetidos à colheita e, para um monitoramento mais preciso, pode-se adotar novas constelações de satélite, como as da série PlanetScope, que podem ajudar a resolver as diferenças entre classes de níveis hierárquicos mais detalhados.

A constelação de satélites PlanetScope tem mais de 150 satélites rodando 24 horas por dia, 7 dias por semana, que coletam imagens diárias globalmente com resolução de 3–5 m (HUANG, 2022), permitindo um grande potencial para aplicações de sensoriamento remoto 2D em escala global. A associação entre radar de abertura sintética (SAR – Synthetic Aperture Radar) e dados ópticos, tem se tornado o foco de muitos estudos científicos nos últimos anos

(DONG et al., 2013; MOREL et al., 2012). Essa motivação pode ser justificada pela natureza complementar de SAR e dados ópticos a fim de extrair informações aprimoradas sobre variáveis ambientais, como cobertura do solo, biomassa acima do solo e tipos de cultivo, e ainda, a superação de condições desfavoráveis como a alta cobertura de nuvens, que impacta a disponibilidade de informações em determinados períodos.

Segundo Correia (2009), o SAR se caracteriza como uma ferramenta bem ajustada para a geração de imagens 2D de alta resolução, visto que, independe das condições climáticas e do período do dia, apresenta penetração do sinal de microondas em mídia semitransparente, onde o objeto 3D é projetado na imagem 2D de alcance azimutal. Estudos de monitoramento florestal em larga escala estão sendo apresentados com boa acurácia, como o *Land Use Change Alert* (LUCA) (MULLISSA et al., 2021; MULLISA et al., 2023 – prelo; OLOFSSON et al., 2014).

Apesar de serem uma alternativa para o monitoramento de florestas plantadas, as imagens PlanetScope apresentam algumas limitações quanto ao recobrimento de nuvens, o que pode resultar em lacunas nas avaliações devido à alta taxa de presença de nuvens em determinados períodos temporais. Diante disso, alguns estudos mostraram uma melhor precisão temporal na detecção de mudanças temporais (HAMUNYELA et al., 2020; REICHE et al. 2018), mesclando imagens ópticas e SAR (MULLISA et al., 2023 – prelo).

Com base no exposto, este trabalho tem o objetivo de avaliar de forma comparativa imagens PlanetScope e SAR do Sentinel-1, como alternativa para o monitoramento da colheita florestal em plantio de *Pinus elliottii* no litoral sul do Rio Grande do Sul.

2 MATERIAL E MÉTODOS

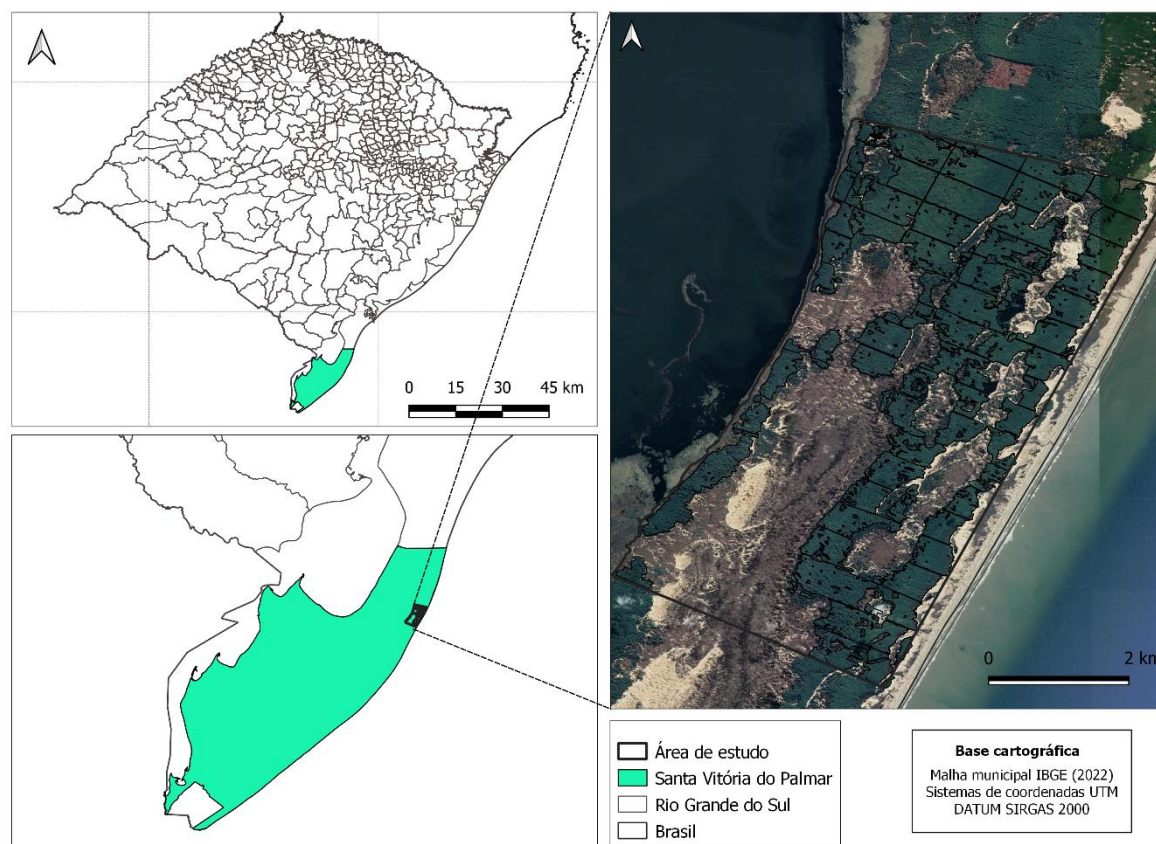
2.1 Área de estudo

Na região Sul do Brasil, o setor florestal se destaca pela concentração de plantios de *Pinus spp.*, a relevância do gênero no Sul do país, é atribuída a adaptabilidade do gênero, que na região encontra condições edafoclimáticas semelhantes à sua região de origem no hemisfério norte (FERRO et al., 2018; KÄFER et al., 2018).

Com isso, o estudo foi realizado na área de plantio de *Pinus elliottii* localizado no município de Santa Vitória do Palmar, com área de 5.195,67 km², situado no extremo sul do Rio Grande do Sul (Figura 1), entre as coordenadas geográficas 33° 32' 2" S, 53° 20' 59" W e altitude próxima ao nível do mar. O clima da região é caracterizado como subtropical úmido do tipo Cfa, conforme a classificação Köppen-Geiger (KOTTEK et al., 2006; ALVARES et al., 2013) marcando temperaturas médias superiores a 22°C no mês mais quente, janeiro e oscilações entre -3°C e 18°C no mês mais frio, julho. A região apresenta alta disponibilidade

de água no solo, em pequenas profundidades, considerando a proximidade com o mar e a laguna do Patos, e ainda, o caráter eminentemente arenoso do solo (Neossolo Quartzarênico).

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: A autora (2023)

2.2 Imagens PlanetScope

Para a condução do estudo foram utilizadas 47 cenas livre de nuvens, estas adquiridas pela constelação de sensores PlanetScope, adquiridas ao longo do ano de 2021. Os dados foram explorados para a análise do avanço do corte a partir de distintas composições coloridas verdadeira ou falsa cor. As imagens PlanetScope fornecem um potencial de observações sem precedentes, aproximando a imagem diária da Terra em quatro bandas espectrais com uma resolução espacial de 3 metros (BREUNIG et al., 2019; BROLO et al., 2020). Imagens nesta resolução e frequência de revisita permitem o mapeamento de áreas maiores de corte raso em florestas (LILLESAND et al., 2015) e aumenta a capacidade de rastrear mudanças efêmeras em pequena escala na cobertura de árvores, como a colheita seletiva de madeira.

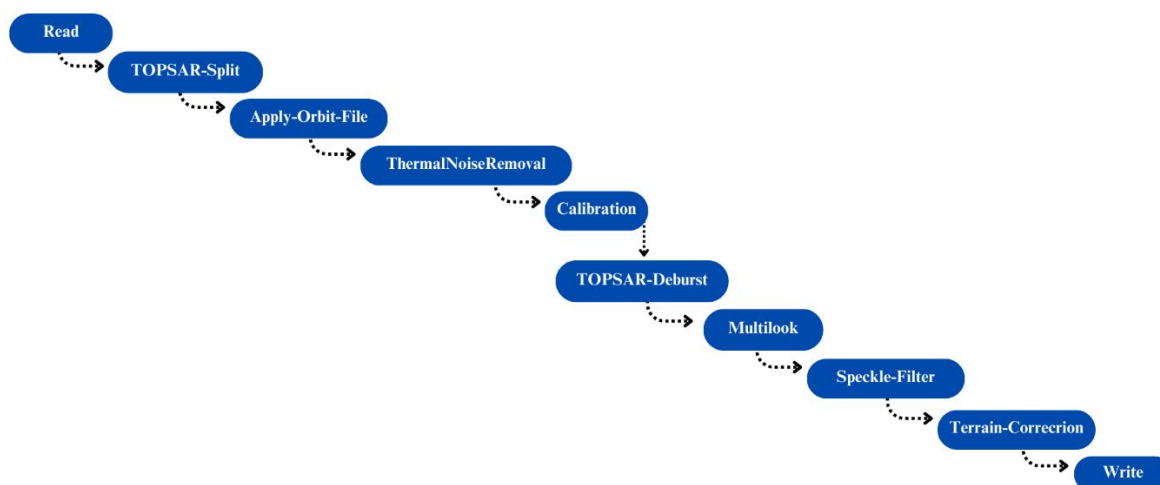
Todo o processamento das imagens (refletância de superfície) foi realizado no software QGIS, versão 3.26.3 (SHERMAN, 2002), que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados e a partir dos limites de plantio efetivo da fazenda onde se localiza o plantio de *Pinus elliottii*, bem como os limites dos talhões. Foram construídos polígonos nas áreas onde

o corte estava sendo realizado e a partir da tabela de atributos calculou-se os hectares colhidos ao longo dos dias e dos meses que se sucederam as análises. A colheita foi mapeada a partir da interpretação visual da área e delimitação manual dos polígonos.

2.3 Imagens de RADAR – SAR

Para a condução do estudo foram utilizadas ao todo 32 imagens fornecidas pela Alaska Satellite Facility – ASF e pela Copernicus, ESA (ESA, 2017), adquiridas ao longo do ano de 2021. O tratamento das imagens para posterior análise foi executado a partir do software “SNAP” (*Sentinel Applications Platform*) (ESA, 2017), conforme o fluxo apresentado na Figura 2. O protocolo envolve o recorte para a área de estudo, (TOPSAR-Split), correção dos parâmetros de órbita, correção do ruído do termal, calibração do sensor, mosaicagem dos “burst” (blocos), correção multilook do SAR, aplicação do filtro Lee 7x7 para redução dos ruídos e correção dos efeitos do terreno.

Figura 2 – Fluxo de tratamento das imagens



Fonte: A autora (2023)

Os sistemas SAR utilizam radiação eletromagnética da região do micro-ondas para estudar os alvos, permitindo, em alguns casos, reduzir a sua dependência da presença de nuvens. O SAR envia séries descontínuas de pulsos de fótons de uma fonte pontual (sensores ativos), que se espalha sobre o terreno como um feixe angular e, no fim, captura o retorno – eco da radiação espalhada (MENESES, 2004). Com isso é possível utilizar o SAR como um complemento para a análise realizada com as imagens PlanetScope.

Por sua vez, a análise das imagens SAR é realizada a partir do avanço do corte detectada a partir da diferença de composições falsa-cor e cor-verdadeira, o que permitiu o aumento da capacidade de rastrear mudanças em pequena escala na cobertura de árvores, como a colheita. Essas composições foram geradas a partir da imagem do coeficiente de retroespalhamento para as polarizações vertical-vertical (VV) e Vertical-Horizontal (VH) e, a razão VV/VH. Os dados de fase e interferometria não foram utilizados.

Semelhante ao processamento das imagens PlanetScope, a operação foi conduzida no software QGIS (SHERMAN, 2002), e a partir dos limites de plantio efetivo da fazenda onde se localiza o plantio de *Pinus elliottii*, bem como os limites dos talhões. Foram construídos polígonos nas áreas onde o corte estava sendo realizado e a partir da tabela de atributos calculou-se os hectares colhidos ao longo dos dias e dos meses que se sucederam as análises, e em conformidade com a análise de dados das imagens PlanetScope, a colheita foi mapeada a partir da interpretação visual da área e delimitação manual dos polígonos.

2.4 Análise de dados

Um método comum para o monitoramento de mudanças temporais no uso do solo e na cobertura florestal, é adquirir uma imagem base para servir de ponto de referência (WICHERT e WATT, 2013), a partir disso se torna possível realizar a diferenciação entre a área colhida e a área de vegetação ainda em pé. Desta forma, para avaliar o potencial das imagens o gráfico de corte acumulado foi construído, sendo utilizado como base de dados as datas de corte durante os meses de janeiro a dezembro do ano de 2021, bem como os valores para corte acumulado fornecidos pela tabela de atributos do QGIS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

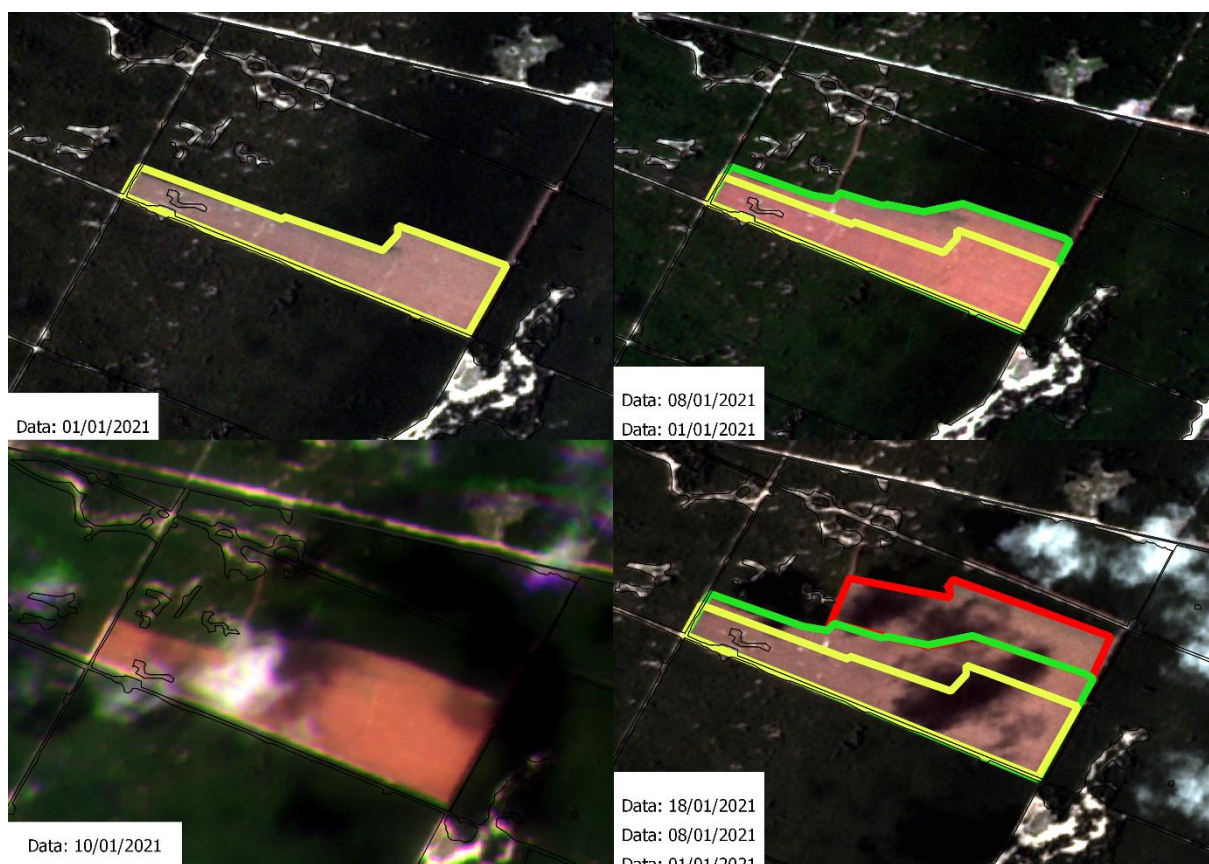
3.1 PlanetScope

A partir do mapeamento manual, foi possível delimitar com acurácia adequada, para fins de gestão florestal, as áreas colhidas nos diferentes períodos do ano. A Figura 3, ilustra o avanço da colheita florestal em um dos talhões da fazenda estudada, demonstrando a viabilidade da técnica. Conforme Barroso (2016), as imagens PlanetScope apresentam alta capacidade de recobrimento com alto nível de precisão e qualidade, no que se refere ao monitoramento de mudanças temporais, sendo bem-sucedido no presente estudo.

Com a construção dos polígonos de área e a acumulação do total de área colhida, por período, se fez possível avaliar a velocidade de corte dos talhões apresentados (Figura 3). A identificação das mudanças na paisagem é feita por fotointerpretação de imagens, construindo

polígonos de delimitação, a partir de elementos observáveis, como: tonalidade, cor e padronização de formas (ALMEIDA et al., 2021).

Figura 3 – Avanço de corte para o talhão “T25”.

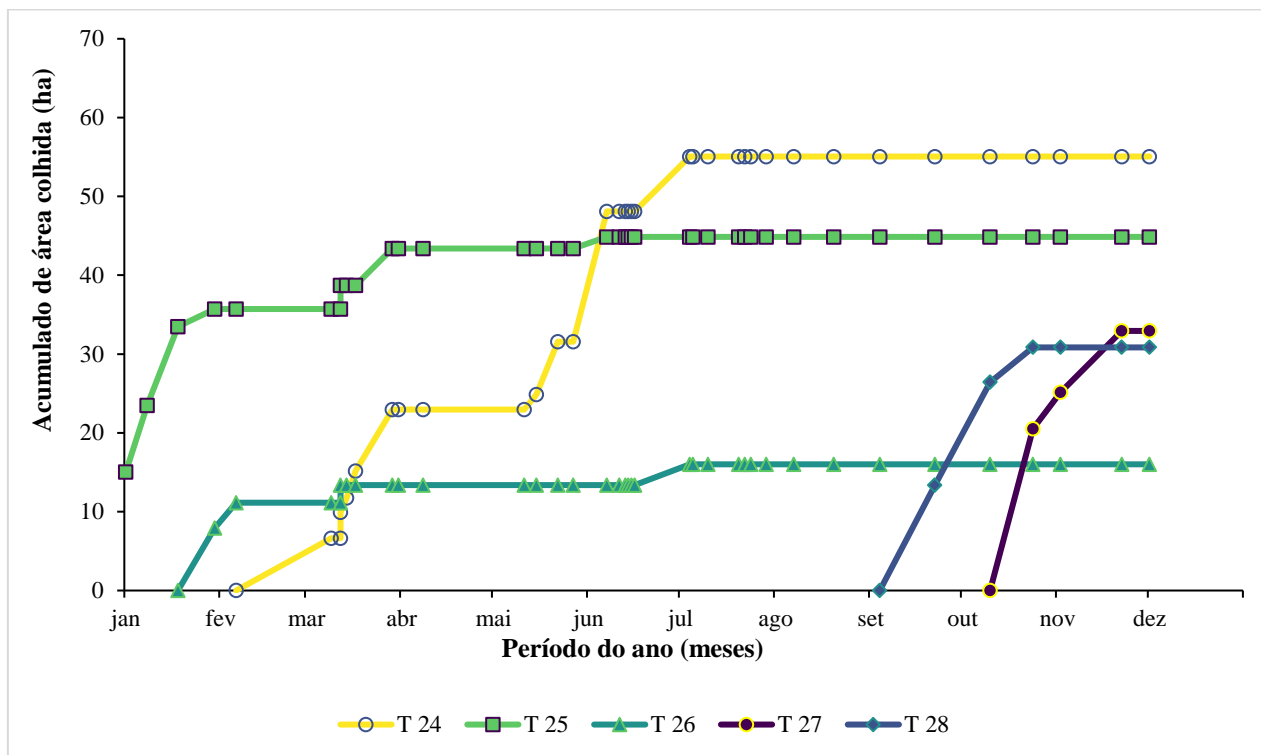


Fonte: A autora (2023)

Segundo Bezerra et al. (2022), nas imagens PlanetScope a cobertura vegetal comporta-se de forma homogênea, refletindo tons de verde-escuro, enquanto os indícios de exploração em tons claros, caracterizando a exposição do solo, o que possibilita a interpretação e a construção dos polígonos. A partir da construção de polígonos de área e a acumulação do total de área colhida (Figura 4), por período, se fez possível avaliar a velocidade de corte dos talhões apresentados.

Tomando os talhões T24 a T28 como referência (Figura 4), verifica-se que alguns tem a taxa de colheita mais elevada no início do ano e de forma bastante rápida (T25). Em outros casos, o corte acontece de forma mais prolongada (T24 e T26). Por fim, no caso dos talhões T27 e T28 o corte foi rápido, contudo, na segunda parte do ano. Essa dinâmica está relacionada às demandas da empresa em fornecer distintos tipos de produtos florestais e das condições de colheita no sítio.

Figura 4 – Gráfico de corte acumulado de *Pinus elliottii* no ano de 2021, construído a partir do mapeamento da exploração florestal identificadas nas imagens PlanetScope.



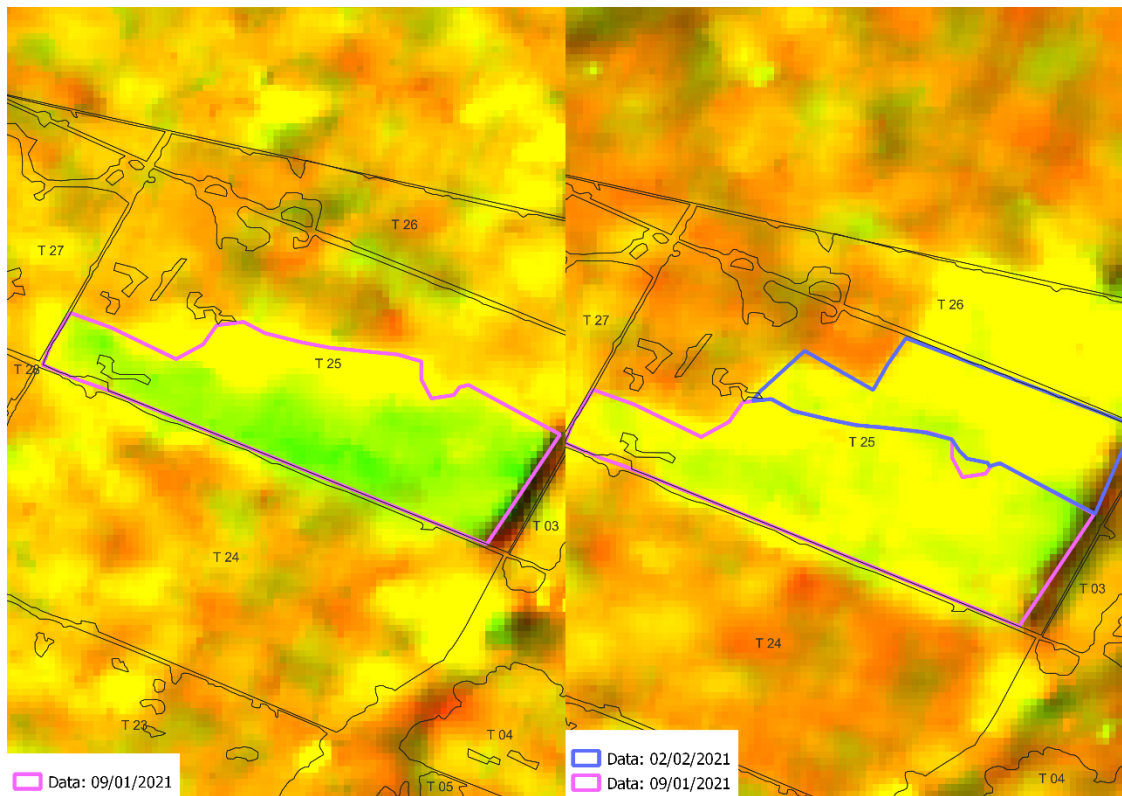
A autora (2023)

As alterações nos talhões são mais perceptíveis e contínuas nas imagens Planet, tendo em vista a sua homogeneidade e por tratar-se de imagens cuja resolução espacial corresponde a aproximadamente 3 metros e resolução temporal quase diária (BEZERRA et al., 2022). Contudo percebe-se que em alguns casos o corte inicia e é paralisado por longos períodos, o que pode indicar um ajuste no planejamento das operações de colheita, diferenças na necessidade de demanda dos tipos de estoque de madeira, ou o déficit do recobrimento das imagens PlanetScope por alguns períodos. Nesse caso, os dados de SAR podem suprir essa lacuna de dados.

3.2 SAR

Em conformidade com as avaliações das imagens PlanetScope, a partir do mapeamento manual, a interpretação das imagens SAR foi possível, as diferentes direções de voo (ascendente ou descendente), os modos de imageamento e as polarizações das imagens SAR, permitem a identificação de padrões diferentes dos padrões obtidos em imagens óticas convencionais (MONTALVÃO, 2019). A Figura 5, ilustra o avanço da colheita florestal em um dos talhões da fazenda estudada, a metodologia de mapeamento segue em conformidade com a interpretação das imagens PlanetScope, baseada em imagens temporais, e o padrão de exploração.

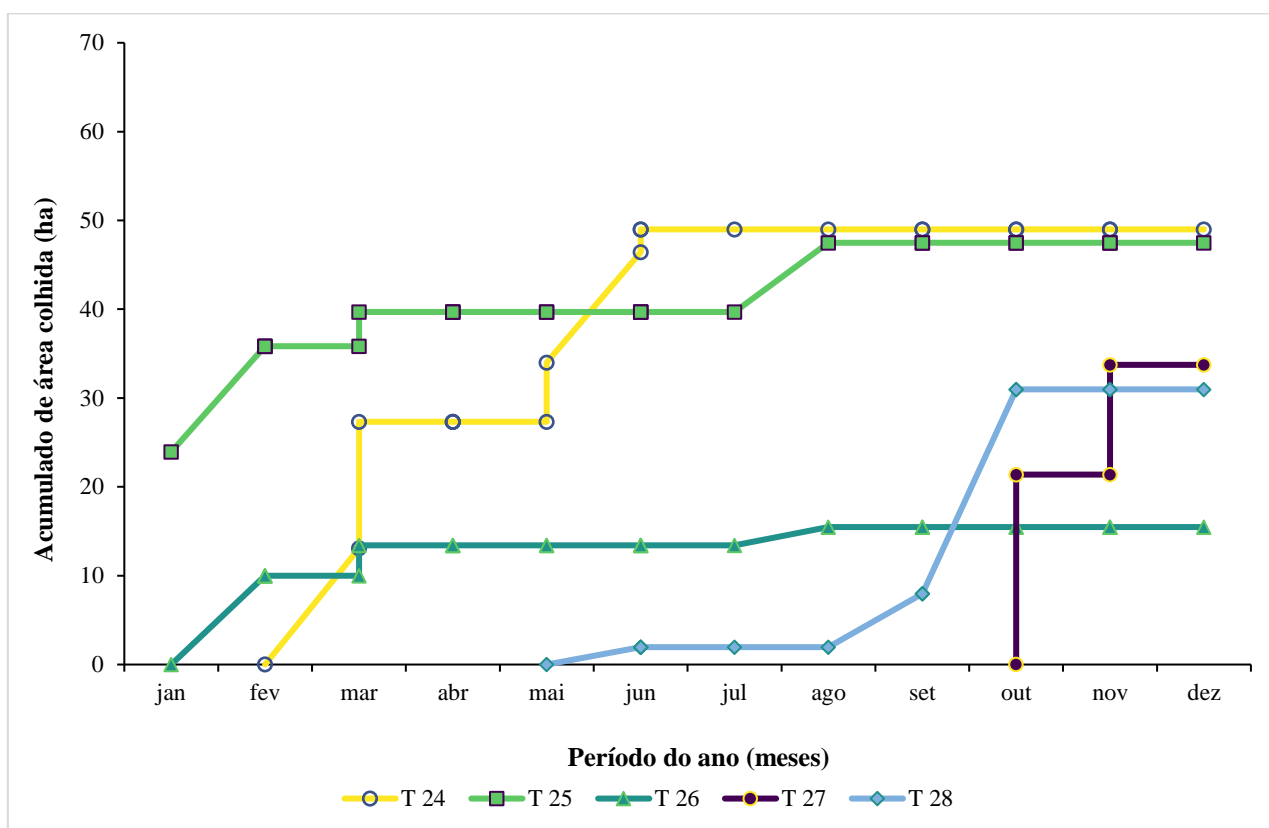
Figura 5 – Avanço de corte para o talhão “T25”. Composição colorida falsa-cor com imagens do coeficiente de espalhamento VV e VH e sua razão (RGB)



A autora (2023)

Segundo Jackson e Adam (2020), é crescente o número de artigos científicos que avaliam as imagens SAR como uma ferramenta de mapeamento de mudanças no cenário florestal, incluindo desde desmatamentos até extrações seletivas. Com isso, a partir da construção de polígonos de área e o acumulado do total de área colhida (Figura 6), por período, se fez possível avaliar a velocidade de corte dos talhões apresentados.

Figura 6 – Gráfico de corte acumulado, construído a partir do mapeamento da exploração florestal identificadas nas imagens SAR.



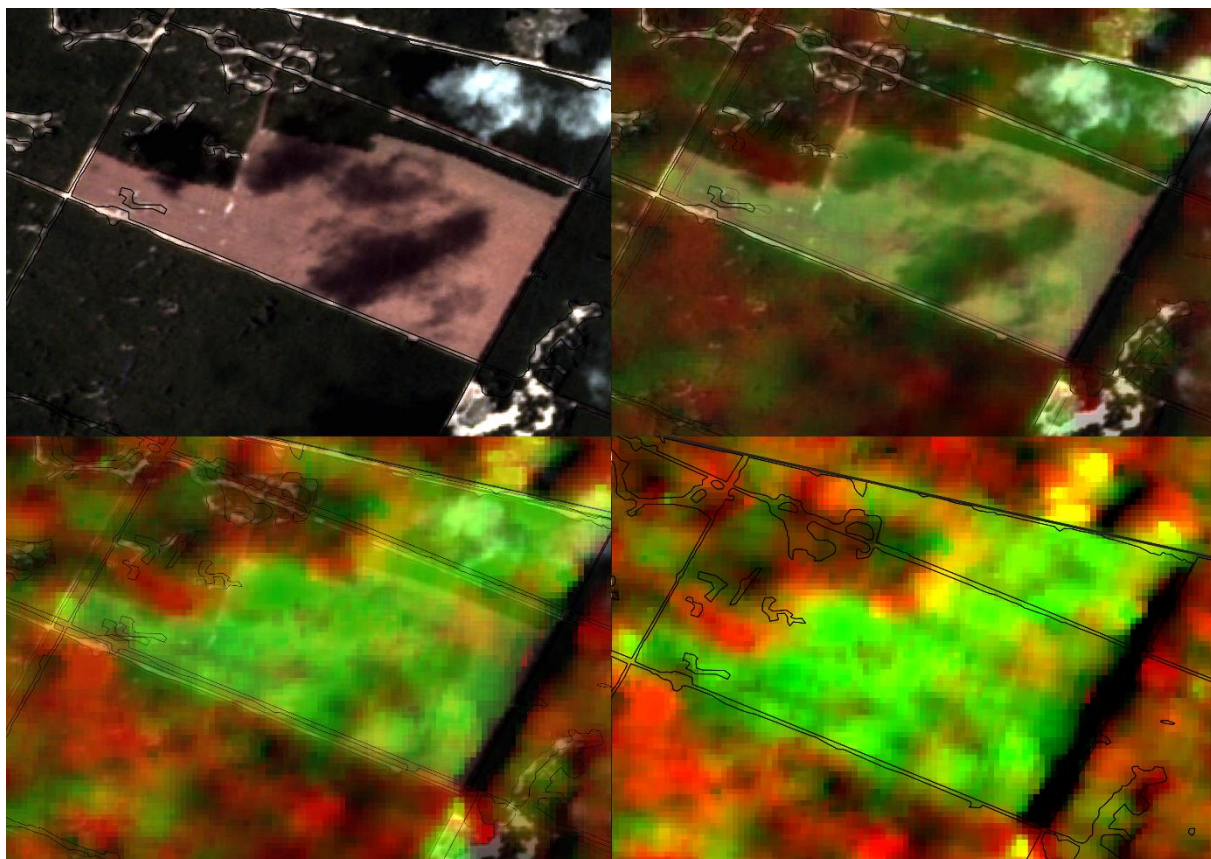
Fonte: A autora (2023)

Para as imagens SAR a intensidade e o período da exploração podem influenciar a detecção dos padrões de exploração (PINAGÉ e MATRICARDI, 2015), dessa forma algumas imagens e/ou datas apresentaram uma certa dificuldade de análise das porções de solo descobertas, contudo, a construção do gráfico de corte acumulado se fez possível. Semelhante à Figura 4, percebe-se o início e a paralisação da colheita por longos períodos, o que pode indicar um ajuste no planejamento das operações de colheita, diferenças na necessidade de demanda dos tipos de estoque de madeira, ou que a resolução temporal das imagens SAR, sozinha não seria o método mais eficiente para cobrir a necessidade de monitoramento, justificando a necessidade de combiná-las com as imagens PlanetScope.

3.3 PlanetScope X SAR

Em imagens ópticas de satélite a presença de nuvens é comum, dependendo das características da região, como o clima, o que além de causar problemas de ruídos nas feições, reduz a área útil da imagem (GAMA, 2019), além disso as nuvens provocam interferências, devido sua alta refletância, o que pode dificultar e/ou bloquear a identificação de alvos na superfície terrestre (SILVA, 2021; LOPES, et al., 2020). A Figura 7 demonstra a capacidade de recobrimento das imagens SAR independentemente da presença de nuvens.

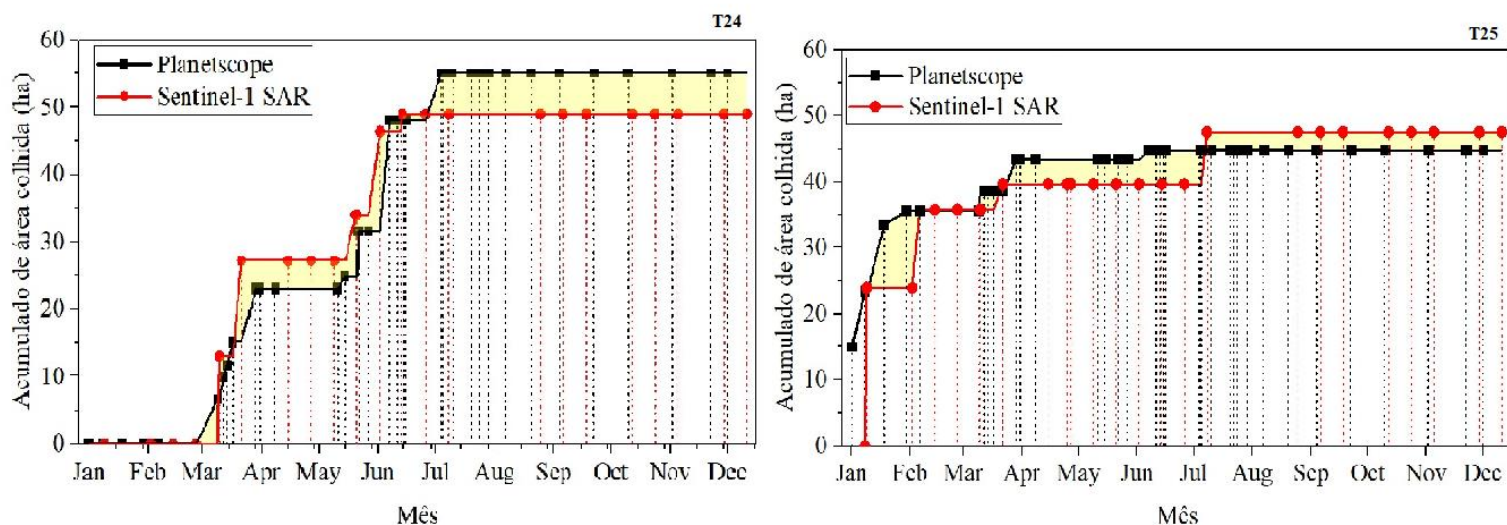
Figura 7 – Diferença espacial entre as imagens PlanetScope e SAR.



Fonte: A autora (2023)

Devido a característica de recobrimento das imagens SAR independente da presença de nuvens as imagens SAR permitem o mapeamento da colheita em diferentes datas, o que quando realizada a fusão com dados óticos, permite utilizar as informações oferecidas pelos dados SAR como dado único e/ou complementar para o estudo de florestas (KUPLICH 2003). A Figura 8 apresenta o comparativo para o acumulado de área colhida com as imagens PlanetScope e SAR.

Figura 8 – Gráfico de corte acumulado, construído a partir da combinação do mapeamento da colheita identificadas nas imagens PlanetScope e SAR.



Fonte: A autora (2023)

Percebe-se que para os talhões apresentados o padrão de progressão da colheita é semelhante, entretanto, uma dificuldade na análise das imagens SAR é a variação do retroespalhamento (HAMUNYELA, et al., 2016; MULISSA, et al. 2023), essa dificuldade em reconhecer os padrões de colheita pode ser associada a sazonalidade do ambiente, ou até mesmo o número de imagens disponíveis, justificando os valores mais baixos ou mais altos na progressão de colheita avaliada com as imagens SAR em alguns períodos.

Por sua vez, as imagens PlanetScope, em ambos os talhões, em alguns períodos, apresentam valores mais baixos em relação aos dados SAR, uma das causas pode ser associada à cobertura de nuvens, ocasionando uma detecção da colheita tardia (MULISSA, et al., 2023; REICHE et al., 2018; SOUZA et al., 2013), a gestão de colheita também provoca influência nas análises, visto que, os valores permanecem constantes em alguns períodos, indicando que não houve avanço da colheita.

4 CONCLUSÃO

Os resultados encontrados neste estudo, indicaram que o uso de imagens PlanetScope são eficientes para o monitoramento da colheita de *Pinus elliottii* na região estudada, podendo ser uma ferramenta de mapeamento da exploração florestal, fornecendo a empresas dados em hectares de área colhida e/ou dados de áreas disponíveis para colheita. Contudo, devido a cobertura de nuvens em alguns períodos do ano, o mapeamento da colheita é limitado.

As imagens SAR, por sua vez, a partir dos resultados apresentados, demonstraram sua eficiência para o monitoramento da colheita, entretanto, limitações na identificação dos padrões

de colheita nas imagens SAR, dificultaram o mapeamento preciso do avanço das operações na área estudada, o que indica a não recomendação do uso das imagens SAR de forma exclusiva, para este estudo.

Com isso, conclui-se que a utilização dos dados quantitativos obtidos a partir do mapeamento com imagens PlanetScope e SAR, quando combinados, produzem uma acurácia de classificação e fornecem dados eficientes para controle e gestão das atividades de exploração florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA *et al.* Metodologia para monitoramento da floresta usada nos projetos Prodes e Deter. **INPE**. São José dos Campos, SP. 2021.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil Meteorol. **Zeitschrift**, v. 22, no. 6, pp. 711–728, Dec. 2013.
- BEZERRA, *et al.* Detecção de exploração em planos de manejo florestal em pequena escala com imagens Planet e Sentinel no Amazonas. **SBEF**. Brasília, DF. 2022.
- BREUNIG, F. M.; PERRANDO, E. R.; GALVÃO, L. S.; BOSTELMANN, S. L.; MARTARELLO, V.; STRAUBE, J.; CONTE, B. Monitoramento Interanual do Manejo Florestal com Sensoriamento Remoto. **INPE, XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2019.
- BROLO, R. R.; REIS A. A.; ANTUNES J. F. G; LAMPARELLI A. C. R. Utilização de séries temporais de imagens de sensoriamento remoto para a caracterização de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), **XXVIII Congresso de iniciação científica da UNICAMP**, pp. 1-5, 2020.
- CORREIA, A. H. Método automático para calibração polarimétrica de imagens SAR. **INPE**, 2009.
- DONG, J.; XIAO, X.; CHEN, B.; TORBICK, N.; JIN, C.; ZHANG, *et al.* Mapping deciduous rubber plantations through integration of PALSAR and multi-temporal Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment (RSE)**, v. 295, 2013.
- ELACHI, C. (1987) **Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing**. Wiley, New York.
- FERRO, F. S.; SILVA, D. A. L.; ICIMOTO, F. H.; LAHR, F. A. R.; GONZÁLIZ-GARCÍA, S. Environmental life cycle assessment of industrial pine roundwood production in Brazilian forests. **Science of the Total Environment**, [s.l.], v. 640-641, p.599-608, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.262>.
- GAMA, C. S. **Monitoramento ambiental: Estudo de caso no distrito agropecuário da Suframa, Manaus-AM**, UFAM, pp. 10-12, 2019.
- HAMUNYELA, E. Implementation of BF ASTmonitor Algorithm on Google Earth Engine to support large-area and sub-annual change Monitoring using Earth Observation Data, **Remote Sens**. vol. 12, 2020.
- HUANG, D.; TANG, Y.; QIN, R. An evaluation of PlanetScope images for 3D reconstruction and change detection – experimental validations with case studies, **GIScience & Remote Sensing**, 59:1, 744-761.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (org.). **Relatório Anual - 2017**. Brasília; São Paulo: www.iba.org. 80 p.

JACON, A. D.; GALVÃO, L. S.; DOS SANTOS, J. R.; SANO, E. E. Seasonal characterization and discrimination of savannah physiognomies in Brazil using hyperspectral metrics from Hyperion/EO-1. **International Journal of Remote Sensing**, v. 38, n. 15, p. 4494–4516, 2017. <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2017.1320443>.

JACKSON, C. M.; ADAM, E. Remote sensing of selective logging in tropical forests: Current state and future directions. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, v. 13, p. 286–300, 2020. DOI. 10.3832/ifor3301-013.

KOTTEK, M.; GRIESER J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated Meteorol. **Zeitschrift**, v. 15, no. 3, pp. 259–263, 2006.

KUPLICH, T. M. Estudos florestais com imagens de Radar. **Espaço & Geografia**, v. 6, 2003.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W.. **Remote sensing and image interpretation**. 7. ed. Hoboken: Wiley, 736 p. 2015.

LOPES *et. al.* Combining optical and radar satellite image time series to map natural vegetation: savannas as an example. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, Wiley Online Library, v. 6, n. 3, p. 316–326, 2020. 17, 58

MENESES, P. R. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília. Brasília – DF: Departamento de Geociências. Brasília. Texto Universitário. 2004.

MONTALVÃO, M. T. L. Detecção de extração seletiva de madeiras na Amazônia usando dados de Radar. Brasília, DF. 2019.

MOREL, A. C.; FISHER, J. B.; MALHI, Y. Evaluating the potential to monitor aboveground biomass in forest and oil palm in Sabah, Malaysia, for 2000–2008 with Landsat ETM+ and ALOS-PALSAR. **International Journal of Remote Sensing**. V. 33, 2012.

MULLISSA, A.; VOLLRATH, A.; ODONGO-BRAUN, C.; SLAGTER, J.; BALLING, J.; GOU, Y.; GORELICK, N.; REICHE, J. Sentinel-1 SAR backscatter analysis ready data preparation in Google Earth Engine. **Remote Sensing** 13 (10) (2021) 1954.

MULLISSA, A. G.; REICHE, J.; HEROLD, M. Deep Learning and Automatic Reference Label Harvesting for Sentinel-1 SAR-based Rapid Tropical Dry Forest Disturbance Mapping, **Remote sensing of Environment**. 2023.

OLOFSSON, P.; FOODY, G. M.; HEROLD, M.; STEHMAN, S. V.; WOODCOCK, C. E.; WULDER, M. A. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. **Remote sensing of Environment** 148 (2014) 42–57.

PINAGÉ, E. R.; APARECIDO, E.; MATRICARDI, T. Detecção da Infraestrutura para Exploração Florestal em Rondônia Utilizando Dados de Sensoriamento Remoto Detection of

Logging Infrastructure in the State of Rondônia Using Remotely Sensed Data. v. 22, n. 3, p. 377–390, 2015.

PLANET TEAM. **Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth**. San Francisco, CA. 2018.

REICHE, J.; HAMUNYELA, E.; VERBESSELT, J.; HOEKMAN, D.; HEROLD, M. Melhorando o monitoramento do desmatamento em tempo quase real em florestas tropicais secas combinando densas séries temporais Sentinel-1 com Landsat e ALOS-2 PALSAR-2, **Sensor Remoto. Ambiente.** , vol. 204, pp. 147-161, 2018.

SILVA, A. G. P. Integração de imagens ópticas e SAR com processamento em nuvem no mapeamento de uso e cobertura da terra no Cerrado. **IFG**, Goiânia. 2021.

SHERMAN, G. QGIS - A Free and Open Source Geographic Information System (2.2 (Valmiera); p.). **GNU - Free Software Foundation**, Inc. <http://www.qgis.org/en/site/>. 2002.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). Sentinel Missions. **Sentinel Online**. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions>. 2017

SOUZA, L. E. C. Organização e armazenamento de imagens multitemporais georreferenciadas para suporte ao processo de detecção de mudanças. Presidente Prudente, 2018. 90 p.

SOUZA *et al.*; Classificação Landsat de dez anos de desmatamento e degradação florestal na Amazônia brasileira. **Remote Sensing**, 2013.

XIE, Y.; LARK, T. J.; BROWN, J. F.; GIBBS, H.K. Mapping irrigated cropland extent across the conterminous United States at 30 m resolution using a semi-automatic training approach on Google earth engine. **Remote Sensing of Environment**, v. 155, 2019.

WICHERT, M. C. P.; WATT, P. Aplicações de imagem de satélite de alta resolução no planejamento florestal, **Série Técnica IPEF** v. 17, n. 38, p. 01-101, agosto, 2013.