

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

Eduardo Rieder

**SENSORIAMENTO REMOTO PARA DETECÇÃO E
MONITORAMENTO DA DISPERSÃO DO *Pinus elliottii* Engelm. NO
BIOMA PAMPA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA**

Frederico Westphalen, RS
2021

Eduardo Rieder

**SENSORIAMENTO REMOTO PARA DETECÇÃO E MONITORAMENTO DA
DISPERSÃO DO *Pinus elliottii* Engelm. NO BIOMA PAMPA: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Florestal**.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Rafaelo Balbinot

Frederico Westphalen, RS
2021

Eduardo Rieder

**SENSORIAMENTO REMOTO PARA DETECÇÃO E MONITORAMENTO DA
DISPERSÃO DO *Pinus elliottii* Engelm. NO BIOMA PAMPA: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Florestal**.

Aprovado em 11 de fevereiro de 2021:

Rafaelo Balbinot, Dr. (UFSM/FW)
(Presidente/Orientador)

Fabio Marcelo Breunig, Dr. (UFSM/FW)

Rorai Pereira Martins Neto, Doutorando. (UNESP/Presidente Prudente)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para concretização deste T.C.C., em especial agradeço:

Aos meus pais, Clédia Herberts Rieder e Cláudio Abílio Rieder, minhas irmãs Elenice e Patrícia Rieder e a meu irmão Ricardo Rieder (*in memorian*), pela criação, educação, carinho e por sempre estarem me incentivando e apoiando em todas minhas escolhas, amo vocês.

A toda minha família que sempre me apoiaram e ajudaram na minha educação e criação.

A minha namorada Tassiana Halmenschlager Oliveira pelo carinho, paciência e companheirismo durante esta trajetória.

Aos meus colegas e amigos da engenharia florestal, da CEU-IV, de Frederico Westphalen e todos que conheci durante esta etapa da vida. Que estiveram presentes nos momentos bons e ruins, agradeço o apoio e carinho, desejo sucesso a todos.

Ao grande amigo Fernando Pasini, pelas contribuições, conselhos e exemplo de pessoa.

Aos meus professores da Engenharia Florestal, que sempre estiveram de portas abertas para sanar dúvidas, aconselhar e pelos seus conhecimentos repassados.

Ao meu orientador Rafaelo Balbinot por me orientar, aconselhar e incentivar minha caminhada de formação profissional.

A colega de Laboratório Samara Lazzarotto pelas contribuições e explicações.

A UFSM/FW e todos seus funcionários pelo suporte estrutural, pela assistência estudantil e técnica, muito obrigado.

RESUMO

SENSORIAMENTO REMOTO PARA DETECÇÃO E MONITORAMENTO DA DISPERSÃO DO *Pinus elliottii* Engelm. NO BIOMA PAMPA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

AUTOR: Eduardo Rieder
ORIENTADOR: Rafaelo Balbinot

O uso de imagens de sensoriamento remoto é fundamental para o monitoramento das florestas plantadas e dispersão do gênero *Pinus*. Porém, ainda são pouco conhecidos os estudos e metodologias aplicáveis. Com isso, este trabalho realizou uma pesquisa bibliométrica sistemática nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus* no período compreendido entre os anos de 2015 e 2020 para conhecer os principais autores, metodologias e os periódicos que tratam da utilização do sensoriamento remoto na detecção e monitoramento da dispersão do gênero *Pinus*, com ênfase no *Pinus elliottii* Engelm. A pesquisa baseou-se em um roteiro com 3 etapas: Entrada, Processamento e Saída para a seleção dos principais artigos relacionados ao tema. Constatou-se que o principal método utilizado foi o de classificação supervisionada com os algoritmos *Random Forest* e Entropia Máxima. Conclui-se que na detecção e monitoramento do gênero *Pinus* o uso de dados de campo e imagens de VANT's possibilitam uma melhor calibração dos algoritmos classificadores e que o principal periódico de circulação é o *Remote Sensing in Ecology and Conservation*.

Palavras-chave: Espécie Invasora. Metodologia Roadmap. Pacote Bibliometrix R.

ABSTRACT

REMOTE SENSING FOR THE DETECTION AND MONITORING OF *Pinus elliottii* Engelm. DISPERSION IN THE PAMPA BIOME: A SYSTEMATIC BIBLIOGRAPHIC REVIEW

AUTHOR: Eduardo Rieder

ADVISOR: Rafaelo Balbinot

Remote sensing images are fundamental for monitoring planted forests and evaluation of the *Pinus* genus. However, the studies and applicable methodologies are still little known. Thus this work aimed to carry out systematic bibliometric research in the Web of Science and Scopus databases in the period between the years 2015 and 2020 to know the main authors, methodologies, and journals that deal with the use of remote sensing in the detection and monitoring dispersion of the genus *Pinus*, with an emphasis on *Pinus elliottii* Engelm. The research was based on a script with 3 steps: Input, Processing, and Output for the selection of the main articles related to the theme. It was found that the key method used was the supervised classification with the Random Forest and Maximum Entropy algorithms. It is concluded that in the detection and monitoring of the *Pinus* genus the use of field data and UAVs' images enable a better training of the classifying algorithms and that the foremost publishing journal is Remote Sensing in Ecology and Conservation.

Keywords: Invasive Species. Roadmap Method. Bibliometrix R Package.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	METODOLOGIA	9
2.1	ETAPA 1: ENTRADA.....	10
2.2	ETAPA 2: PROCESSAMENTO	11
2.3	ETAPA 3: SAÍDA.....	11
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
3.1	BIBLIOGRAFIA LEVANTADA UTILIZANDO A METODOLOGIA <i>ROADMAP</i>	12
3.2	DADOS BIBLIOGRÁFICOS OBTIDOS COM O PACOTE BIBLIOMETRIX R®	17
4	CONCLUSÃO	18
5	REFERÊNCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

A identificação e o monitoramento do crescimento e desenvolvimento de árvores é fundamental para o planejamento florestal, essas observações contribuem para a otimização de recursos, operacionalização de atividades e tomada de decisão na gestão florestal (Koc-San et al., 2018). No entanto, devido à complexidade logística e inviabilidade operacional de executar manualmente a coleta a campo desse tipo de informação, metodologias que utilizam sensoriamento remoto têm se sobressaído como auxiliares por sua praticidade e velocidade na execução dessas tarefas.

Utilizando técnicas de processamento de imagem (PDI) digital é possível obter uma série de informações relevantes à gestão florestal, como a presença e ausência de vegetação, sanidade vegetal, identificação e riqueza de espécies, taxa vegetativa, além das áreas de dispersão de sementes induzidas pela dinâmica climática local (Espinola et al, 2007; Ramos et al., 2019).

Quanto à dispersão, um caso que merece destaque é o do *Pinus elliottii* Engelm. (*P. elliottii*), espécie exótica invasora e com potencial prejudicial à biodiversidade (Portaria SEMA n° 79 de 31 de outubro de 2013). Tal espécie é cultivada na região litorânea do sul do Brasil no Bioma Pampa. Devido a sua adaptabilidade e facilidade na dispersão de sementes, tem ultrapassado as áreas de produção para áreas de conservação, tornando prejudicial ao ecossistema local, portanto, necessitando de monitoramento específico e manejo de supressão.

O Bioma Pampa apresenta vegetação predominantemente rasteira, composta por gramíneas, as quais se desenvolvem em um neossolo quartzarenico, com predominância de areias (IBGE, 1992; Streck, 2008). Essas características locais são relevantes visto que os alvos (plantas de *Pinus*) são identificados pela discrepância entre as cores do solo e do restante das espécies vegetais. Para identificar com maior acurácia o alvo, além das características já citadas, recomenda-se dispor do Modelo Digital de Elevação (MDE), pois ainda que a área possua topografia de planície, o MDE contribui para diferenciação de altura e conformações entre vegetações (De Sa et al., 2018).

A interpretação pode ser comprometida pela janela de observação, pela presença ou não da sombra e também devido a fenologia das plantas, que muda a sua refletância ao longo do ano. Como forma de melhorar a qualidade da imagem convém realizar uma etapa de pré-processamento para a remoção das nuvens de forma a evitar efeitos de falso positivos na classificação.

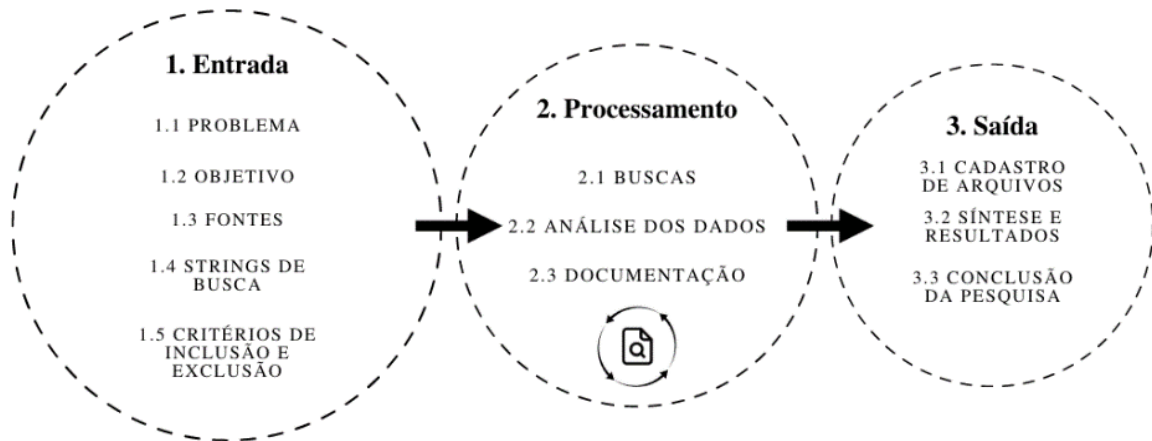
Nesse caso, a aplicabilidade de ferramentas de geotecnologias, está diretamente relacionada à escolha da metodologia, visto que é necessária adequação do método utilizado à espécie e local que se deseja monitorar. Como forma de definição da metodologia mais adequada o estudo bibliométrico é uma ferramenta importante. Pesquisas bibliométricas realizam a sintetização de um conhecimento específico, amparam a busca pela resolução de problemas, fornecem base sólida para o entendimento do estado da arte e contribuem para a percepção de novas ideias e lacunas, ou seja, o que ainda precisa-se saber e fazer (Conforto et al, 2011; Levy e Ellys, 2006).

Desta forma se faz necessário um levantamento bibliométrico sistematizado para fundamentar a escolha da (s) metodologia (s) mais adequada (s) a cada tipo de caso, devido a diversidade de aplicações que o sensoriamento remoto possui. A fim de suprir as lacunas apresentadas este estudo realiza uma revisão bibliográfica sistemática (RBS) de cunho exploratório, nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science* entre os anos de 2015 e 2020, levantando os principais autores, metodologias e os periódicos que tratam da utilização do sensoriamento remoto na detecção e monitoramento da dispersão do gênero *Pinus*, com ênfase no *P.elliottii*. Para o estudo foi utilizando o pacote Bibliometrix R[®] para extração e quantificação de informações bibliométricas.

2 METODOLOGIA

Para desenvolver a RBS, com a segurança de que todos os estudos relacionados ao tema foram encontrados, é necessário determinar uma sequência de iterações que permitam uma busca e filtragem de dados efetiva. Para tal adaptou-se o método de pesquisa bibliográfica sistemática - *RBS Roadmap* proposto por Conforto et al (2011), que apresenta um roteiro de pesquisa-ação, utilização de filtros de leitura, retroalimentação e critérios de qualificação de artigos (Figura 1), o qual é dividido em três etapas: Entrada, Processamento e Saída.

Figura 1– Roteiro de seleção bibliográfica, RBS– RoadMap adaptado de Conforto et al. (2011).



2.1 ETAPA 1: ENTRADA

A primeira etapa consiste na entrada de dados que alicerçaram a pesquisa (Quadro 1), sendo subdividido em Problema, Objetivo, Fontes, *Strings* de Buscas, e Critérios de inclusão e exclusão.

Quadro 1 – Descrição do funcionamento da Etapa 1.

1.1 Problema
Detectar e monitorar a dispersão do <i>Pinus elliottii</i> em áreas de conservação ambiental no Bioma Pampa.
1.2 Objetivo
Descrever quais os principais autores, metodologias e periódicos que tratam da utilização do sensoriamento remoto na detecção e monitoramento da dispersão do gênero <i>Pinus</i> , com ênfase no <i>Pinus elliottii</i> .
1.3 Fontes
a. <i>Web Of Science</i> ;
b. <i>Scopus</i> .
1.4 Strings de buscas
(Pinus OR Pin*) AND invasi* AND exotic* AND monitoring (Pinus OR Pin*) AND invasi* AND “remote sensing” AND monitoring
1.5 Critérios de inclusão e exclusão
a. Período de 2015 a 2020;
b. Artigos publicados em revista;
c. Publicações com ênfase no objetivo da pesquisa proposta;

*utilizado junto a um radical possibilita a busca de palavras completas (prefixos e sufixos)

Fonte: Adaptado de Conforto et al. (2011)

Para a escolha das *Strings* de Busca foi realizada uma leitura bibliográfica prévia não sistemática de periódicos, identificando as palavras-chave que melhor representam o tema estudado, definidos como: *Pinus, pin, invasi, exotic, remote sensing e monitoring*. As palavras-chave foram pesquisadas no idioma inglês e com operadores de pesquisa em dois buscadores de periódicos o *Scopus* (<https://www.scopus.com>) e o *Web of Science* (<https://www.webofknowledge.com>), com o auxílio de operadores de pesquisa (AND, *, “”, etc.).

2.2 ETAPA 2: PROCESSAMENTO

A etapa de processamento consistiu na busca dos artigos, utilizando as *Strings* de Busca nas bases de dados escolhidas e na análise dos dados, utilizando os critérios de inclusão e exclusão, juntamente com filtros de leitura. E na documentação, realizando a tabulação quantitativa das pesquisas encontradas durante a análise dos dados.

Para a análise de dados, o critério “c”, apresentado no Quadro 1, utiliza filtros de leitura, o primeiro filtro foi a seleção dos artigos a partir da leitura do título, resumo e palavras-chave, visando a concordância com os objetivos da pesquisa e com os critérios de inclusão e exclusão. A segunda filtragem foi baseada na leitura da introdução e da conclusão e a releitura do título, resumo e palavras-chave dos artigos advindos da primeira filtragem, triando apenas os artigos que estão em consonância com os objetivos do estudo e com os demais critérios. A terceira e última filtragem visou a leitura completa dos artigos selecionados no filtro anterior. E não menos importante, uma busca cruzada nas referências dos artigos selecionados, para identificar trabalhos relevantes à pesquisa e que não foram encontrados na busca inicial nas bases, e estes retroalimentados no sistema de filtragem.

2.3 ETAPA 3: SAÍDA

A etapa de saída se refere aos últimos critérios de seleção e apresentação dos *outputs* da pesquisa e seleção. De forma que os resultados são apresentados como o detalhamento do material levantado, sendo as principais informações: periódico, título do artigo, autores e o ano de publicação.

Salienta-se que ainda foi utilizado o pacote de cálculos estatísticos Bibliometrix rodado no *software R*®. Com o qual foi possível extrair de forma automática as seguintes

informações bibliográficas: Nuvem de palavras mais citadas nos resumos dos artigos, mapa de relacionamento entre publicações, filiação dos autores com maior número de produção e periódicos com maior número de produção científica relacionada à temática.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 BIBLIOGRAFIA LEVANTADA UTILIZANDO A METODOLOGIA ROADMAP

Os resultados iniciais obtidos a partir das *Strings* de busca, restrições de ano de publicação e apenas artigos, somaram 89 artigos entre as duas bases de dados pesquisadas (*Scopus* e *Web of Science*). No entanto 30 artigos foram verificados em duplicidade, restando 59 artigos para a fase de processamento. Os artigos desclassificados (49) no filtro de leitura apresentavam diversas temáticas não relacionados com a pesquisa como, monitoramento de doenças, detecção de pragas, monitoramento de outras espécies florestais.

Ao final da terceira fase, foram reunidos o total de 14 artigos (Quadro 2), dentre os quais apenas um (Spinova et al, 2019) é encontrado unicamente na plataforma *Scopus*, todos os demais são encontrados ou apenas na *Web Of Science* ou em ambas. Ainda, dentre os 14 artigos, quatro foram selecionados por meio de busca cruzada. Constatou-se que o periódico acadêmico que mais recebeu número de publicações é o *Remote Sensing in Ecology and Conservation* (21,5%) seguido da *Remote Sensing* (14%) (Quadro 2), os periódicos possuem fator de impacto JCR 5,00 e 4,5 respectivamente.

Quadro 2 - Apresentação das principais informações sobre os manuscritos e periódicos que tratam da temática da utilização de sensoriamento remoto para a detecção de árvores de *Pinus* spp.

ANO DE PUBLICAÇÃO	BASE	TÍTULO DO ARTIGO	PERIÓDICO	AUTORES
2020	WEB OF SCIENCE	Detecting and modelling alien tree presence using Sentinel-2 satellite imagery in Chile's temperate forests	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT	Martin-Gallego, P; Aplin, P; Marston, C; Altamirano, A; Pauchard, A
2019	SCOPUS	Assessing the utility of aerial imagery to quantify the density, age structure and spatial pattern of alien conifer invasions	BIOLOGICAL INVASIONS	Sprague R., Godsoe W., Hulme P.E.
2019	SCOPUS	Assessment of small-scale ecosystem conservation in the Brazilian Atlantic forest: A study from Rio	SUSTAINABILITY (SWITZERLAND)	Lopes M.S., Veettil B.K., Saldanha D.L.

		Canoas State Park, Southern Brazil		
2019	SCOPUS	Early detection of invasive exotic trees using UAV and manned aircraft multispectral and LiDAR Data	REMOTE SENSING	Dash J.P., Watt M.S., Paul T.S.H., Morgenroth J., Pearse G.D.
2019	SCOPUS	Retrospective analysis and current state for Pinus sylvestris l. Var. cretacea kalen. in the “kreidova flora” branch of Ukrainian steppe nature reserve	ENVIRONMENTAL RESEARCH, ENGINEERING AND MANAGEMENT	Spinova Y., Kuchma T., Vyshenska I.
2019	BUSCA CRUZAD A	How canopy shadow affects invasive plant species classification in high spatial resolution remote sensing	REMOTE SENSING IN ECOLOGY AND CONSERVATION	Lopatin,J., Dolos K., Kattenborn T., Fassnacht F. E.
2019	BUSCA CRUZAD A	UAV data as alternative to field sampling to map woody invasive species based on combined Sentinel-1 and Sentinel-2 data	REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT	Kattenborn T., Lopatina J., Försterb M., Braunc A.C., Fassnachta F.E.
2017	BUSCA CRUZAD A	Combining Airborne Laser Scanning and Aerial Imagery Enhances Echo Classification for Invasive Conifer Detection	REMOTE SENSING	Dash J.P., Pearse G.D. Watt M.S., Paul T.S.H.
2017	BUSCA CRUZAD A	Modification of the random forest algorithm to avoid statistical dependence problems when classifying remote sensing imagery	COMPUTERS & GEOSCIENCES	Cánovas-García F., Alonso-Sarría F., Gomariz-Castillo F., Oñate-Valdivieso F.
2017	WEB OF SCIENCE	Using Landsat Time Series to Understand How Management and Disturbances Influence the Expansion of an Invasive Tree	IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING	De Sa, NC; Carvalho, S; Castro, P; Marchante, E; Marchante, H
2017	WEB OF SCIENCE	A comparison of change detection measurements using object-based and pixel-based classification methods on western juniper dominated woodlands in eastern Oregon	AIMS ENVIRONMENTAL SCIENCE	Howell, RG; Petersen, SL
2016	WEB OF SCIENCE	Remote sensing of species dominance and the value for quantifying ecosystem services	REMOTE SENSING IN ECOLOGY AND CONSERVATION	Pau, S; Dee, LE
2015	SCOPUS	Mapping invasive species and spectral mixture relationships with neotropical woody formations in southeastern Brazil	ISPRS JOURNAL OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING	Amaral C.H., Roberts D.A., Almeida T.I.R., Souza Filho C.R.

2015	BUSCA CRUZAD A	Will remote sensing shape the next generation of species distribution models?	REMOTE SENSING IN ECOLOGY AND CONSERVATION	He K.S. , Bradley B.A. , Cord A. F., Rocchini D. , Tuanmu M. , Schmidlein S. , Turner W. , Wegmann M., Pettorelli N.
------	----------------------	---	--	---

Fonte: Autores, 2021.

Dentre as metodologias apresentadas no Quadro 2, algumas se mostram mais relevantes para o objetivo deste trabalho que é relacionado a detecção da dispersão de *Pinus elliottii* Elgem. no bioma Pampa. Amaral et al (2015) avaliariam o desempenho da classificação supervisionada Mistura Espectral de Múltiplos Membros Finais (MESMA), utilizando imagens hiperespectrais, para o mapeamento de *P. elliottii*. Os resultados obtidos mostram precisão de 97,05% para acurácia do usuário e 62,62% para acurácia do produtor, utilizando os comprimentos de onda do NIR2 - SWIR (1141-2352).

Dash et al. (2017) combinaram informações espectrais de imagens aéreas com dados de varredura a laser aerotransportado e dados de campo para identificar coníferas isoladas em uma área dominada por grama e arbustos a partir da classificação supervisionada utilizando a linguagem R. Os autores constataram que para a detecção de indivíduos isolados ou em baixa densidade, os melhores resultados foram obtidos para os indivíduos adultos com copas bem formadas. Com isso, concluíram que para detectar indivíduos solitários ou em baixa densidade, adultos e com copa bem formada, para a área estudada esta metodologia obteve resultados satisfatórios. O uso da tecnologia LIDAR se destaca para este tipo de detecção, mas ainda é uma ferramenta de alto custo.

G. Howell & L. Petersen (2017) compararam a precisão de uma classificação baseada em objeto (usando o *Feature Analyst* do ArcGis 10.2) com uma classificação supervisionada baseada em pixel (usando *ENVI Feature Extraction*) para analisar a cobertura vegetal de *Pinus* spp. e *Juniperus* spp. no oeste dos EUA, e sua mudança no período de 1995 e 2011, por meio de imagens pancromáticas e multiespectrais, respectivamente. O índice kappa para a classificação foi elevado (0,99) porém os autores indicam que os melhores resultados foram obtidos por meio da classificação orientada a objeto. O trabalho apresentou o uso de imagens e ferramentas mais acessíveis no mercado, e também a metodologia conduzida pelo autor foi de fácil entendimento e de possível replicação, porém o mesmo destaca que não foram realizados testes em grandes áreas sendo esse o principal fator limitante do uso deste método.

Já Sprague et al. (2019) estudou a metodologia de classificação de imagens automatizada e não supervisionada baseado em limiares de intensidade de pixels, utilizando pacotes do R (EBImage, raster, rgdal e sp) em áreas de regeneração sobre pastagens nativas. Seguida de uma validação a campo por um experimento aleatório estratificado baseado em diâmetro de copa real, classe de idade baseado pela altura, espécie e presença de cone, objetivando examinar o quanto a densidade de árvores influenciou na capacidade de detecção das coníferas e concluíram que em geral para detecção de árvores acima de 2,5 metros de altura e para a detecção em baixa densidade esta metodologia é válida.

Para Lopes et al. (2019) que realizaram um estudo para detectar as mudanças de uso/cobertura do solo no Parque Estadual do Rio Canoas em Santa Catarina, mapeando a regeneração de espécies nativas e exóticas, principalmente o *Pinus* sp., com imagens da série Landsat 5 e 8 de mesma resolução espacial (30 m), no período de 26 anos. Foi utilizada uma Classificação Supervisionada baseada em Análise de Componentes Principais (PCA) e pelo algoritmo de crescimento (distância de Bhattacharyya), com posterior validação a campo, concluíram que o método associado a bandas específicas é efetivo na detecção de mudanças de vegetação arbustiva para longos períodos de observação.

Dash et al. (2019) desenvolveram uma metodologia de classificação supervisionada baseadas em pixel, usando dois algoritmos de aprendizado de máquina, *Random Forest* (pacote *Caret* e *Range* do R) e Regressão Logística (Pacote *glm*), com dados de varredura multiespectral e a laser de alta resolução, coletados de duas plataformas (aeronaves tripuladas e veículos aéreos não tripulados) para detecção de *Pinus sylvestris* e *Pinus ponderosa*., concluíram que ambas as fontes de dados e ambas as abordagens de classificação examinadas forneceram resultados satisfatórios ($\kappa < 0,996$).

Spinova et al. (2019) aplicaram a metodologia de classificação semiautomática por meio do algoritmo de máxima verossimilhança de imagens de satélite em dados de uma série temporal Landsat, com intuito de detectar e monitorar florestas de *Pinus sylvestris* L. em uma reserva natural na Ucrânia e concluíram que os resultados da análise retrospectiva das imagens de satélite puderam confirmar e esclarecer observações constatadas a campo.

Kattenborn et al. (2019) testaram o uso de dados de referência VANT's para estudo de cobertura e o uso das constelações Sentinel-1 e Sentinel-2 para determinação do aumento da cobertura da espécie *Pinus radiata* no Chile. A classificação primária das imagens de VANT's foram realizadas pelo método semiautomático de entropia máxima (MaxEnt), posteriormente pelo método *Random Forest* e as imagens de satélite realizadas pelo método *Random Forest* e depois combinadas. Nas conclusões os autores além de confirmarem a precisão da combinação

de dados de referência baseadas em VANT's e do Sentinel para treinamento e classificação das imagens, ficou claro também a confirmação da efetividade dos métodos de classificação para monitoramento do *Pinus radiata*.

A metodologia usada por Kattenborn et al. (2019) possui bastante relevância para um potencial uso em áreas de plantio e conservação no Bioma Pampa, pois faz uso do método de entropia máxima, relaciona fatores de variáveis ambientais e de pontos de ocorrência da espécie. Ou seja, é possível combinar dados de direção dos ventos, precipitação, temperatura atmosférica, etc., com os dados amostrais indicadores de ocorrência, para gerar mapas temáticos preditivos de ausência ou presença da espécie.

Martin-Gallego et al. (2020) estudaram a detecção de árvores exóticas e o seu grau de ocupação em relação aos índices de fragmentação e parâmetros de paisagem no ecossistema temperado do Chile. Usando uma classificação supervisionada com o algoritmo *Random Forest* do pacote R® *randomforest*, em imagens multitemporais do Sentinel-2 com resoluções entre 10 e 30 m e concluíram que em larga escala este método é eficaz.

Mlenek et al. (2020) ressalta em sua pesquisa bibliográfica que ainda há limitações no desenvolvimento de metodologias que satisfazem a detecção de Pinus. O tema do autor era por trabalhos que utilizaram o sensoriamento remoto visando a contagem de árvores, trabalho este que não foi detectado pelas Strings de Busca desta pesquisa, mas reafirma a necessidade de fomentar e desenvolver mais metodologias relacionados a detecção da espécie.

Após a análise dos materiais, identificou-se que a classificação supervisionada foi utilizada na maioria dos trabalhos encontrados. O principal algoritmo usado nas pesquisas (Quadro 3) foi o *Random Forest*, método não paramétrico de aprendizado de máquina.

Quadro 3 - Apresentação dos autores, tipos de classificação e métodos usados nas pesquisas selecionadas.

AUTOR	CLASSIFICAÇÃO	MÉTODO
Amaral C.H.	Supervisionada	Análise de Mistura Espectral de Múltiplos Membros Finais (MESMA)
Dash J.P.	Supervisionada	Classificação de Eco e Random Forest
Howell R.G.	Supervisionada e não supervisionada	Feature Analyst (ArcGis®) e Feature Extraction (ENVI®)
Sprague R.	Não supervisionada	Limiares de intensidade de pixels e Watershedding

Lopes M.S.	Supervisionada	Análise de Componentes Principais (PCA) e Distância de Bhattacharya
Dash J.P.	Supervisionada	Random Forest e Regressão Logística
Spinova Y.	Supervisionada	Máxima verossemelhança
Kattenborn T.	Supervisionada	Entropia Máxima e Random Forest
Martin-Gallego, P.	Supervisionada	Random Forest e Métricas de paisagem

Fonte: Autores, 2021.

3.2 DADOS BIBLIOGRÁFICOS OBTIDOS COM O PACOTE BIBLIOMETRIX R[®]

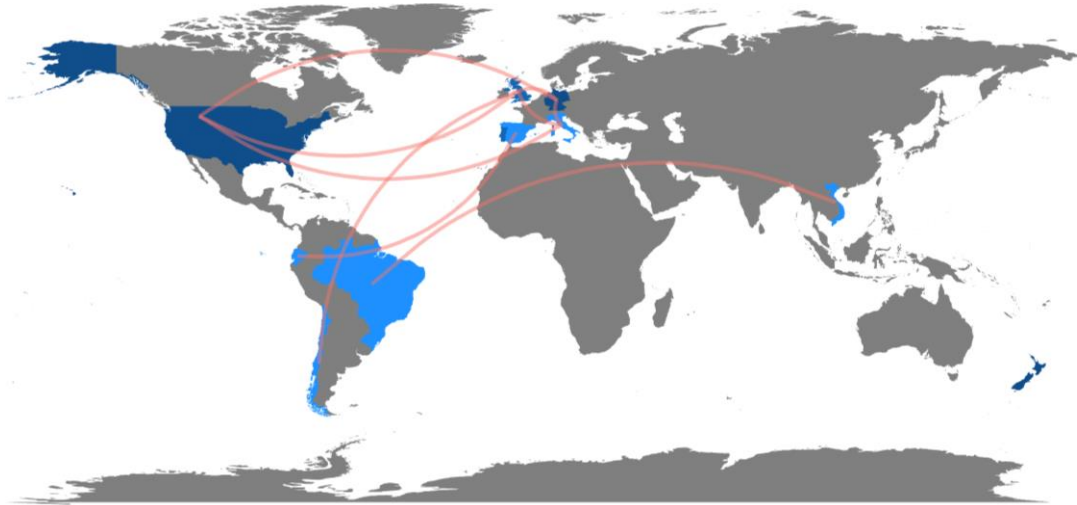
Para análise quantitativa dos artigos foi usado o pacote Bibliometrix rodado no software R[®]. A análise possibilitou identificar a nuvem de palavras (Figura 2) mais utilizadas e relacionadas nos resumos dos artigos.

Figura 2- Nuvem de palavras mais citadas nos resumos dos artigos selecionados pelo método Roadmap, gerada pelo pacote Bibliometrix R[®].



Verifica-se coerência entre as *Strings* de busca definidas na pesquisa bibliométrica e as palavras exportadas pelo pacote Bibliométrix (Figura 2). A frequência com que as palavras aparecem nos abstracts dos artigos, dentre as 25 mais citadas, destacaram-se em número de vezes as palavras: species (35), data (25), invasive (24), remote (20), sensing (19). O país que apresenta maior colaboração em publicações é o Estados Unidos da América (Figura 3).

Figura 3- Mapa de relacionamento entre as publicações selecionadas.



4 CONCLUSÃO

Para o Bioma Pampa, os autores e metodologias mais relevantes foram Kattenborn et al (2019), que a partir de uma metodologia supervisionada, usaram o método de Entropia Máxima, que combina fatores de variáveis ambientais e de pontos de ocorrência e não ocorrência da espécie, assim como, o uso de imagens de VANT's para treinamento dos modelos, conseguindo atingir um resultado preciso. Já Dash et al. (2019) que conseguiram detectar árvores de menor porte (de até 1 m de altura) com imagens multiespectrais providas de VANT's correlacionadas com dados de campo.

A partir das pesquisas examinadas percebe o uso potencial de VANT's com imagens multiespectrais para treinamento de modelos e a utilização de diversos algoritmos de aprendizado de máquinas para a classificação de árvores do gênero *Pinus*. O algoritmo *Random Forest* destacou-se e os autores recomendaram o uso de dados de campo para o treinamento dos algoritmos, sendo esse um fator determinante para garantir a precisão dos processos de classificação. Salienta-se que a escolha da abordagem e algoritmo dependerá de várias premissas a serem pontuadas previamente do local a ser estudado.

A pesquisa bibliográfica realizada com Bibliometrix possibilitou identificar que 21% dos trabalhos publicados foram no periódico científico *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, e 14% no periódico *Remote Sensing*.

5 REFERÊNCIAS

- AMARAL, C. H. et al. Mapping invasive species and spectral mixture relationships with neotropical woody formations in southeastern Brazil. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 108, p. 80–93, 2015.
- CÁNOVAS-GARCÍA, F. et al. Modification of the random forest algorithm to avoid statistical dependence problems when classifying remote sensing imagery. **Computers and Geosciences**, v. 103, n. September 2016, p. 1–11, 2017.
- CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. DA. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática : aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. **8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolviemnto de Produto - CNGDP 2011**, n. 1998, p. 1–12, 2011.
- DASH, J. P. et al. Combining airborne laser scanning and aerial imagery enhances echo classification for invasive conifer detection. **Remote Sensing**, v. 9, n. 2, 2017.
- DASH, J. P. et al. Early detection of invasive exotic trees using UAV and manned aircraft multispectral and LiDAR Data. **Remote Sensing**, v. 11, n. 15, 1 ago. 2019.
- DE SÁ, N.C. et al. Using Landsat Time Series to Understand How Management and Disturbances Influence the Expansion of an Invasive Tree. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 10, n. 7, p. 3243–3253, 2017.
- DE SÁ, N. C. et al. Mapping the flowering of an invasive plant using unmanned aerial vehicles: Is there potential for biocontrol monitoring? **Frontiers in Plant Science**, v. 9, n. March, p. 1–13, 2018.
- ESPÍNOLA, L.; HORÁCIO FERREIRA, J. J. Espécies invasoras: concertos, modelos e atributos. **Interciencia**, p. 580–585, 2007.
- G. HOWELL, R.; L. PETERSEN, S. A comparison of change detection measurements using object-based and pixel-based classification methods on western juniper dominated woodlands in eastern Oregon. **AIMS Environmental Science**, v. 4, n. 2, p. 348–357, 2017.
- HE, K. S. et al. Will remote sensing shape the next generation of species distribution models? **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, v. 1, n. 1, p. 4–18, 2015.
- (<https://www.scopus.com>)
- <https://www.webofknowledge.com>)
- IBGE. **Manual_Tecnico_da_Vegetacao_Brasileira_n_48361.pdf**, 1992.
- KATTENBORN, T. et al. UAV data as alternative to field sampling to map woody invasive species based on combined Sentinel-1 and Sentinel-2 data. **Remote Sensing of Environment**, v. 227, n. February, p. 61–73, 2019.
- KOC-SAN, D. et al. Automatic citrus tree extraction from UAV images and digital surface

models using circular Hough transform. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 150, p. 289–301, 1 jul. 2018.

LEVY, Y.; ELLIS, T. J. A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science**, v. 9, n. May 2014, p. 181–211, 2006.

LOPATIN, J. et al. How canopy shadow affects invasive plant species classification in high spatial resolution remote sensing. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, v. 5, n. 4, p. 302–317, 2019.

LOPES, M. S.; VEETTIL, B. K.; SALDANHA, D. L. Assessment of small-scale ecosystem conservation in the Brazilian Atlantic forest: A study from Rio Canoas State Park, Southern Brazil. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 10, p. 1–20, 2019.

MARTIN-GALLEGO, P. et al. Detecting and modelling alien tree presence using Sentinel-2 satellite imagery in Chile's temperate forests. **Forest Ecology and Management**, v. 474, n. April, p. 118353, 2020.

MLENEK, D. C. et al. Systematic Review of Literature on Tree Detection Using Remote Sensing. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 1, p. 71–79, 2020.

PAU, S.; DEE, L. E. Remote sensing of species dominance and the value for quantifying ecosystem services. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, v. 2, n. 3, p. 141–151, 2016.

RAMOS, M. et al. Dispersão e impacto de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* em área ripária na Floresta Nacional de Capão Bonito - SP. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 75, 2019.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Austria, 2005.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, E. D. R. G. D. S. **Portaria SEMA** n° 79 de 31 de outubro de 2013. p. 16, 2013.

SPINOVA, Y.; KUCHMA, T.; VYSHENSKA, I. Retrospective analysis and current state for *Pinus sylvestris* l. Var. *cretacea* kalen. in the “kreidova flora” branch of Ukrainian steppe nature reserve. **Environmental Research, Engineering and Management**, v. 75, n. 4, p. 40–46, 2019.

SPRAGUE, R.; GODSOE, W.; HULME, P. E. Assessing the utility of aerial imagery to quantify the density, age structure and spatial pattern of alien conifer invasions. **Biological Invasions**, 2019.

STRECK, E. V. et al. Solos do Rio Grande do Sul. 3. ed. Rev. ampl. Porto Alegre: **UFRGS: EMATER/RS-ASCAR**, 2018.