

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Leonardo Santos Cardozo

Bacharel em Engenharia Agrônômica

**Potássio na cultura do Eucalipto: Uma revisão
bibliométrica**

Dracena

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Leonardo Santos Cardozo

Bacharel em Engenharia Agrônômica

**Potássio na cultura do Eucalipto: Uma revisão
bibliométrica**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus
de Dracena como parte das exigências
para conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Vitor Corrêa de Mattos Barretto

Dracena

2021



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "Potássio na cultura do Eucalipto: uma revisão bibliométrica"

Modalidade: Trabalho de atividades de pesquisa

Autor: Leonardo Santos Cardozo

Orientador (a): Vitor Corrêa de Mattos Barretto

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 10/12/2021

Vitor Corrêa de Mattos Barretto

Ronaldo Viana

Matheus da Silva Araújo

DEDICATÓRIA

Ao meu pai João José Neves Cardozo e minha mãe Elirtes Raul do Santos Cardozo, que me educaram e me possibilitaram mais essa conquista, minha esposa Danieli e filha Sophia, que me motivaram todos os dias, e minhas irmãs que me ajudaram de diversas formas.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer aos meus pais Elirtes e João (Zeca), por todo amor, carinho, paciência, trabalho duro, e por toda garra, e superação, que tiveram que enfrentar para me proporcionar toda formação que me fez ser quem sou e conquistar tudo que desejei ao longo de todos esses anos. Por terem me concedido a melhor família que alguém pode ter, e por serem exemplos de pais, de companheirismo, de abrigo e de felicidade, sem vocês, literalmente eu não seria ninguém.

Agradeço as minhas irmãs Livia e Bruna, por toda ajuda, apoio, irmandade, e cuidados que mesmo eu não sabendo retribuir como deveria, reconheço e agradeço do fundo do meu coração.

A minha amada namorada Danieli, mãe da minha filha, que esteve sempre ao meu lado, me dando apoio, e me entregando todo seu amor, não me deixando desistir, quando tudo parecia tão difícil, que me ajudou e continua ajudando em todos os momentos mais desesperadores e complicados que passamos, não só nos melhores momentos. Obrigado por ter me observado durante longos anos, e decidido entrar e melhorar os próximos, sei que sempre me amou. E agradeço a minha princesa Sophia, minha melhor amiga, que me alegra os dias e me dá forças para superar qualquer dificuldade e me colocar no foco das principais metas ao longo da vida, te amo minha filha linda, e muito obrigado, por todo “bom dia” junto de um lindo sorriso, que me alegra o dia e me faz correr atrás de querer ser uma pessoa cada vez melhor.

Quero agradecer aos meus amigos de faculdade, que me apoiaram e ajudaram quando as dificuldades foram aparecendo, e sempre me estenderam a mão e um ombro pra me apoiar e continuar a caminhada, até este momento.

Muito obrigado, e um grande abraço a todos.

"Ele tá começando agora, eu não quero ranço de coisa de velhice. Eu quero uma coisa nova. Eu quero uma coisa novíssima. Então, vamos fazer a cabeça dos novos, que os velhos já estão fritos" (Raul Seixas).

RESUMO

O eucalipto é uma planta que apresenta rápido crescimento e praticidade em relação a formação de novas mudas, sendo imprescindível entender a resposta aos principais nutrientes, como o potássio. O potássio atua no funcionamento regular de muitos processos na planta, sendo realizadas diversas pesquisas sobre a resposta fisiológica da planta. O objetivo deste trabalho foi demonstrar como encontram-se as pesquisas envolta das respostas da adubação com potássio na cultura do eucalipto, ao longo dos anos e países atuantes. Um levantamento dos artigos envolvendo este tema fora realizado dentro do banco de dados da Web of Science, reunindo e demonstrando em gráficos e tabelas os principais pontos a serem evidenciados. As pesquisas encontradas apresentaram diferentes áreas de atuação, que podem agregar ou dificultar o cultivo de eucalipto, se apresentando principalmente no idioma inglês, apesar do maior número de pesquisas estar relacionado a agências, revistas ou autores afiliados a universidades brasileiras. Ao verificar os artigos e desenvolver a revisão bibliométrica, foi possível averiguar que existem alguns espaços aos quais futuras pesquisas podem ser direcionadas, de modo a ampliar a compreensão acerca do potássio e o eucalipto.

Palavras-chave: Adubação. Artigos. Eucalipto. Macronutriente.

ABSTRACT

Eucalyptus is a plant that presents fast growth and practicality in relation to the formation of new seedlings, being essential to understand the response to the main nutrients, such as potassium. Potassium acts in the regular functioning of many processes in the plant, with several researches being carried out on the physiological response of the plant. The objective of this work was to demonstrate how the researches on the responses of fertilization with potassium in the eucalyptus crop are found, over the years and active countries. A survey of articles involving this topic had been carried out within the Web of Science database, bringing together and showing the main points to be highlighted in graphs and tables. The surveys found showed different areas of activity, which can add or hinder the cultivation of eucalyptus, mainly in the English language, despite the largest number of surveys being related to agencies, journals or authors affiliated with Brazilian universities. By checking the articles and developing the bibliometric review, it was possible to verify that there are some spaces to which future research can be directed, in order to broaden the understanding of potassium and eucalyptus.

Keywords: Fertilizing. Articles. Eucalyptus. Macronutrients.

Lista de Tabela

Tabela 1: Instituições com grandes participações nas publicações referentes ao uso do potássio em florestas de eucalipto.	27
Tabela 2: Autores que mais publicaram artigos a respeito do uso de potássio em florestas de eucalipto.	28
Tabela 3: Artigos mais citados em outros trabalhos.	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Relação entre os principais assuntos tratados envolta da ação do K+ e plantas de eucalipto.	21
Figura 2: Número de artigos de acordo com o idioma e os anos de publicação referente a aplicação de potássio na cultura do eucalipto.....	24
Figura 3: Distribuição mundial geográfica (nível de país) das publicações referentes ao potássio em florestas de eucalipto durante os anos de 1985 a 2021	25
Figura 4: Gráfico demonstrando a contagem e porcentagem de acordo com as agências financiadoras.....	26
Figura 5: Mediana de contagem de registro dos artigos, de acordo com as Áreas de pesquisa.	29
Figura 6: Revistas Científicas mais importantes e quantidade de artigos publicados em relação ao uso do potássio em florestas de eucalipto.....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Florestas de eucalipto	16
3.2 Potássio	17
3.3 Revisão Bibliométrica.....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Coleta de dados.....	19
4.2 Análise posterior	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5.1 Dinâmica do potássio no solo e na planta	20
5.2. Evolução das publicações ao longo dos anos	22
5.3. Principais países, agências financiadoras, instituições, autores e áreas de pesquisa dedicadas ao potássio em eucalipto.....	24
5.4 Principais fontes de pesquisas, trabalhos e lacunas na literatura.....	29
6 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* que pertence à divisão Angiospermae, classe Dicotyledonea, ordem Myrtales, família Myrtaceae é originário da Austrália, Tasmânia e outras ilhas da Oceania (RESENDE; ALVES, 2018). Entre os diversos tipos de espécies de árvores, fatores como o rápido crescimento e a praticidade em relação a produção de novas mudas (sementes e clonagem), tem tornado o eucalipto uma das principais espécies para formação de florestas de rápido crescimento voltadas a extração de madeira para produção de móveis, celulose, carvões, fibras e óleos.

A formação de povoamentos florestais com espécies de crescimento rápido, como as do gênero *Eucalyptus*, é estratégica para aumentar a oferta de madeira e outros produtos florestais, diminuindo a pressão sobre as florestas nativas. As espécies desse gênero crescem satisfatoriamente nas diversidades de condições edafoclimáticas existentes em diferentes regiões do país e apresentam ampla plasticidade de uso da madeira (STURION; BELLOTE, 2000; MARTINEZ *et al.*, 2012).

A fertilidade do solo influencia diretamente o desenvolvimento das culturas, podendo afetar indiretamente a densidade populacional de insetos-praga. Isso se deve ao fato de plantas bem supridas em nutrientes apresentarem uma maior resistência e tolerância a pragas, doenças e outros tipos de estresses.

O potássio é um dos principais nutrientes utilizados pelas plantas de eucalipto cultivadas no mundo (MATEUS *et al.*, 2019). Porém, estudos realizados no estado de São Paulo, demonstraram que o potássio era um nutriente que se apresentava em déficit nas florestas de eucalipto (BELLOTE; FERREIRA, 1993). O uso do potássio na implantação de culturas florestais, acabou se tornando notado, principalmente pelos processos que abrangem a fisiologia das plantas, de modo a considerar importante a atuação deste nutriente para o funcionamento regular de diversos processos na planta, agindo no metabolismo e no transporte de carboidratos (MARSCHNER, 2012).

O potássio no solo pode se apresentar de diferentes formas, como o K trocável, K não-trocável, K estrutural e o K na solução do solo como suprimento para as culturas, que junto dos sítios de troca dos colóides do solo, pode se

encontrar em igualdade com o K não-trocável e o K estruturas dos minerais (SPARKS., 2000).

Junto de sua atuação no balanço iônico e função como catalisador, o potássio ainda atua na regulação osmótica celular (MEYER *et al.*, 1973), abertura e fechamento dos estômatos, taxa transpiratória que reflete na efetividade do consumo de água (BATTIE-LACLAU *et al.*, 2016), taxa fotossintética, metabolismo dos carboidratos e mantém a estabilidade eletroquímica através da preservação do pH citoplasmático (SOUSA *et al.*, 2014).

Plantas com pouca disponibilidade de potássio, sofrem com menor teor proteico, acumulando aminoácidos, nitratos, amins e amidas, juntamente com a elevação dos níveis de carboidratos solúveis, diminuição no conteúdo de amido e retenção de nitrogênio solúvel (SILVEIRA & MALAVOLTA., 2000).

Buscando entender da melhor forma a extensão das pesquisas desenvolvidas com o potássio nas florestas de eucalipto, é vital que se realize uma revisão sistemática das criações acadêmicas mundiais, pesquisando trabalhos publicados, de modo que possamos entender as próximas direções a serem tomadas pelos pesquisadores. Desta maneira, a análise bibliométrica se demonstra uma ótima maneira de compreender os dados já existentes e definir as próximas atitudes a serem realizadas de modo a agregar conhecimento científico sobre determinados temas.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Objetivou-se com a realização deste estudo bibliométrico, analisar a evolução temporal e geográfica das publicações relacionados ao manejo do potássio em povoamentos florestais de eucalipto.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Florestas de eucalipto

A cultura de eucalipto no Brasil, teve início nos primeiros anos do século XX, apesar de sua introdução inicial datar do século anterior, quando a planta era utilizada como quebra-ventos, para fins ornamentais, e na extração de óleo vegetal. No fim da década de 1930, o eucalipto já era plantado em escala

comercial, sendo utilizado como dormentes para construção (de casas e estradas de ferro) e combustível (para siderurgia e fornos domésticos). Atualmente, as plantações de eucalipto estão presentes nas mais diversas regiões do mundo, localizadas em diferentes altitudes, diferentes tipos de solos e regimes pluviométricos.

De acordo com o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (Ipef), o Brasil possuía, em 2006, a quantidade de 5,5 milhões de hectares de florestas plantadas, dos quais 3,5 milhões plantados com eucaliptos (64% do total de florestas plantadas no país). Já no ano de 2019, o Brasil apresentava um total de 6,97 milhões de hectares com eucalipto (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2020), fato este, reflexo do aumento de pesquisas, que permitiram uma ampla gama de informações, e respaldaram os benefícios presentes na cultura do eucalipto.

As florestas consomem para seu crescimento, além do CO₂ atmosférico, água, e alguns elementos químicos, normalmente denominados de nutrientes, presentes no solo, tais como potássio, cálcio, magnésio, nitrogênio, enxofre, fósforo e boro. Esses nutrientes, após serem absorvidos pelas raízes, são incorporados às diferentes partes da árvore (folhas, cascas, lenho e ramos).

O eucalipto contribui de maneira benéfica em solos com determinados níveis de compactação, uma vez que possuem raízes dimórficas com arranjo lateral bem distribuída e pivotante, que tendem a aumentar de acordo com o crescimento vegetativo da planta, melhorando a infiltração de água, retendo os sedimentos e melhorando a fertilidade do solo (BRANCALION *et al.*, 2017). Além disso, as copas atuam protegendo a camada superior do solo contra a radiação solar e erosão por impacto.

3.2 Potássio

O Potássio é um dos macronutrientes mais utilizados pela planta, perdendo apenas para o nitrogênio e o cálcio. De acordo com Oliveira e Souza (2003), cerca de 95% do potássio produzido no mundo é utilizado como fertilizante, na forma de sais. Ele está disponível no solo na forma iônica (K⁺) e entra nas raízes juntamente com a água absorvida pelas plantas. Os solos

brasileiros, em sua maioria, apresentam carência de potássio, já que a forma solúvel utilizada pela planta é facilmente percolada no perfil do solo.

A baixa capacidade de troca catiônica desses solos implica em baixa capacidade de armazenamento do potássio. De acordo com Souza *et al* (1979), o solo do Cerrado por exemplo, não é muito favorável à alta retenção de potássio, e o seu regime de chuva que normalmente se concentra no verão contribuindo para a mobilidade do potássio nas camadas do solo.

De acordo com Nicochelli *et al.* (2012), em um experimento em que foi avaliado a sorção do potássio e o efeito da variação da razão solo/solução e do tempo de contato na mobilidade do potássio em amostras de solo, sedimento e material de empréstimo, observou-se que o íon potássio teve maior afinidade com a amostra que possuía maior percentual de argila e maior CTC, mostrando que houve pouca sorção para as amostras de sedimento cuja composição é predominantemente arenosa.

3.3 Revisão Bibliométrica

A revisão bibliométrica, segundo Cunha (1985, p.37) é um método de pesquisa que permite encontrar uma quantidade restrita de periódicos essenciais que se supõe possuir os artigos mais relevantes publicados sobre um determinado assunto, “partindo da prática estabelecida na comunidade científica de fornecer as referências bibliográficas de qualquer trabalho”.

As fontes de um estudo de bibliometria são, portanto, artigos provenientes de estudos originais disponíveis em um banco de dados. A revisão bibliométrica difere da revisão bibliográfica tradicional. Castro (2001) ressalta que as suposições do autor, e o viés que ocorre na seleção e análise da literatura, geralmente, não são conhecidos. A revisão bibliométrica é importante, pois permite que o pesquisador selecione e analise o território intelectual existente e formule uma questão de pesquisa, para desenvolver o corpo de estudos proposto.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Coleta de dados

Para o levantamento dos dados bibliométricos, foi realizado uma busca no banco de dados da *Web of Science* – Plataforma *Clarivate Analytics*. O levantamento teve início em meados do mês de outubro, tendo sido efetuado uma pesquisa, utilizando da coleção principal da *Web of Science*, com o auxílio do “Campo Tópico”, que considera o “Título”, “Resumo”, e “Palavras-chave plus” de cada documento registrado. Os termos usados para busca na base de dados foram: “potassium” utilizando entre elas o operador booleano AND, de (intersecção), “eucalyptus” ao longo dos anos de 1985 a 2021.

Após a realização da busca, foram encontrados 390 resultados, depois foi realizado a filtragem por categorias, sendo escolhidos: “Silvicultura”, “Ciências das Plantas”, “Ciência do Solo”, onde resultou em 223 documentos, passando novamente por um filtro, os quais somente artigos científicos e artigos de revisão foram utilizados, resultando em 219 documentos, sendo assim analisados e classificados de acordo com as informações neles contidas.

4.2 Análise posterior

Determinados documentos encontrados não foram admitidos, uma vez que se buscava agrupar os artigos referentes ao Potássio em relação ao gênero dos *Eucalyptus* e estes se mostraram contrários ao que se esperava. Os 219 artigos foram analisados e interpretados separadamente, e por não possuírem correlação entre potássio (K) e florestas de eucaliptos, 157 foram descartados.

Porém, ainda que não contribuíssem com o trabalho, demonstravam enorme significância, por abrangerem o desempenho do K em outras espécies florestais (ESCAMILLA *et al.*, 2000; CABRERA-ARIZA *et al.*, 2021), ou sua substituição por outros nutrientes buscando aliviar determinadas situações de estresse da cultura (FERREIRA *et al.*, 2019; SETTE *et al.*, 2014; LEITE *et al.*, 2021).

Para finalizar, 62 artigos foram considerados adequados, e a partir da “análise de dados” do “Web of Science”, o levantamento de gráficos e tabelas e da exportação de dados em Excel as informações obtidas foram transformadas

na plataforma *Power Bi*, para confecção de mapas e gráficos, permitindo uma melhor demonstração e interpretação dos trabalhos acadêmicos, os quais foram separados e apresentados em “Anos de publicação”, “Países e regiões”, “Agencias financiadoras”, “Instituições”, “Autores”, “Áreas de pesquisa”, “Títulos da publicação” e “Artigos mais citados”.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dinâmica do potássio no solo e na planta

Os artigos selecionados abrangem a relação Potássio (K) e Florestas de Eucalipto, demonstrando a partir de pesquisas, a influência deste Macronutriente perante a planta. Pode se observar na figura 1, as porcentagens das principais classificações expostas pelos autores nos artigos, entre a dinâmica do nutriente K em relação ao sistema solo-eucalipto.

Os estudos realizados com K, foram voltados principalmente para respostas fisiológicas a partir da fertilização, buscando influenciar na qualidade da madeira, aumentar produção de biomassa e reduzir danos em situações de estresse. Vale ressaltar a baixa presença de trabalhos envolvendo a lixiviação do nutriente, uma vez que em espécies florestais, por motivos de grandes profundidades alcançadas pelo sistema radicular, sejam insignificantes as perdas de nutrientes ocorridas durante essas mobilidades nas camadas do solo.

A presença do nutriente na solução do solo, de maneira que seja absorvido pelas plantas, depende de algumas condições, como cargas elétricas (NIELSEN *et al.*, 1986; OLIVEIRA *et al.*, 2004a), matéria orgânica, aumento do pH, CTC, mineralogia e teor de argila (NEVES; ERMANI; SIMONETE, 2009).

Figura 1 Relação entre os principais assuntos tratados sobre a ação do K e plantas de eucalipto.



Fonte: Imagem adaptada pelo próprio autor 2021 (<https://encurtador.com.br/dexzK>).

Por ser monovalente e apresentar menor grau de hidratação, a absorção do potássio ocorre prioritariamente pelo íon K^+ quando comparado aos divalentes (KABATA PENDIAS; PENDIAS, 1984). A difusão é o maior responsável pelo carregamento do K para a raiz, porém, quando em grande quantidade na solução do solo, o fluxo de massa pode ajudar consideravelmente no processo (RUIZ *et al.*, 1999). Por ser transportado seguindo um gradiente eletroquímico, o transporte do potássio é passivo (TAIZ; ZEIGER, 2010).

Devido à alta solubilidade do potássio, geralmente os fertilizantes orgânicos mais utilizados apresentam baixos teores desse elemento, A orientação para a realização de uma fertilização potássica, se baseia nos níveis de K trocável presente no solo, entretanto a nutrição das plantas pode utilizar o K não trocável e o potássio liberado pelos resíduos de culturas anteriores (RAIJ *et al.*, 1996), que são disponibilizados após processos bióticos e abióticos.

Naturalmente, os solos apresentam potássio em diferentes quantidades e condições, estando comumente na forma de K estrutural, de maneira não trocável. Já o K trocável é utilizado como breve estoque, já que pode rapidamente suprir as necessidades das plantas, além de ser usada como

recurso ao longo do ciclo da cultura, no tempo em que o K não-trocável concebe um estoque que pode ser direcionada a nível de repor o K trocável quando este estiver em menor disponibilidade (OLIVEIRA *et al.*, 1971). Estas formas de K no solo podem suprir as plantas de modo indireto, repor o K trocável ou ser absorvidas por algumas espécies (MEURER; ANGHINONI, 1993; VEDUIN, 1994).

As perdas de potássio podem ocorrer devido a extração e exportação pelas culturas, erosão, e pela mobilidade do potássio no perfil do solo, que está associada a predominância de cargas positivas, ao acúmulo de K na solução do solo e a grande disponibilidade de água, que transporta esse K a profundidades maiores do que o sistema radicular consegue ter acesso (MIELNICZUK, 2005), o que pode ocorrer em solos de diferentes texturas (WERLE *et al.*, 2008).

Alguns fatores podem diminuir as chances do potássio se mover nas camadas do solo, como o teor de matéria orgânica e pH na faixa de 5,5, ao qual o K_2O é mais bem aproveitado (MALAVOLTA, 1979), elevando a capacidade de troca de cátions (CTC), que em quantidade elevada, permite uma maior adsorção dos cátions e reduzir a mobilidade dos íons no perfil do solo (SILVA, 2013).

Se a transição do K trocável para a não-trocável ocorrer muito rapidamente, devido a propensão natural do equilíbrio do solo, uma vez que a quantidade de nutriente presente na solução do solo for elevada, pode ocorrer movimentação no perfil do solo na forma não disponível do nutriente (ROSOLEM *et al.*, 2006).

A fixação ocorre quando há aplicação de potássio no solo, onde uma parte se prende nas cavidades trigonais entre lâminas tetraédricas adjacentes dos minerais de argila 2:1, principalmente minerais interestratificados e vermiculitas (MARTIN; SPARKS, 1985).

5.2. Evolução das publicações ao longo dos anos

O emprego do Potássio em florestas de eucalipto é imprescindível, devido a influência direta na fotossíntese, defesa da planta, aumento no volume de madeira e resistência a estresses. As pesquisas envolvendo este tema se iniciaram na metade da década de 80, onde o primeiro trabalho foi realizado na

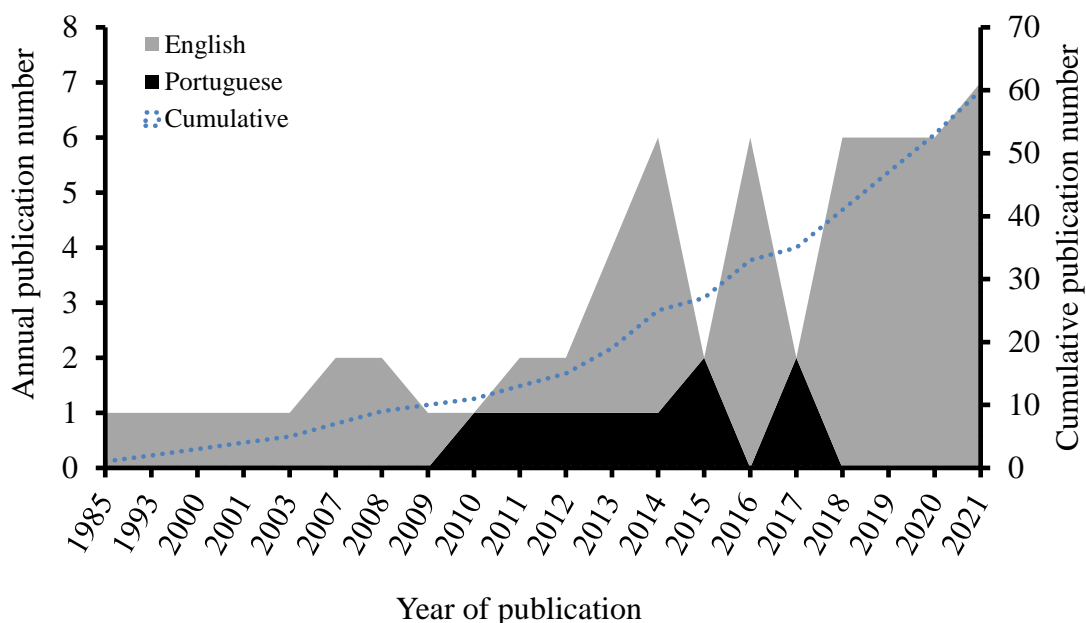
Austrália (WARD, *et al.*, 1985), país de origem do eucalipto, e que apresenta grande importância econômica e ecológica.

Na metade da última década de 10 (Século XXI), a cultura do eucalipto apresentou queda nas taxas de produção, o que pode ser explicado devido ao aumento nas fiscalizações dos produtos destinados a carvão vegetal. Em contraposição, buscando aumentar o incentivo aos produtores, os números de pesquisas voltadas a cultura do eucalipto a partir de 2012 se elevaram, como pode ser visto na Figura 2, almejando encontrar melhores informações para explicar meios de melhorar os métodos de produção, por meio da adubação, genética de clones, entre outros fatores que impactam diretamente na produção final da cultura.

No ano de 2018, ocorreu a união de duas grandes empresas do ramo da celulose, sendo responsáveis pelo aumento nas áreas de plantio de eucalipto, o que incentivou diretamente na produção de novas pesquisas (IBÁ, 2019), além do crescimento do PIB, que resulta no maior capital social, melhorando condições de vida, e refletindo no aumento no consumo de madeira de eucalipto, uma vez que esta possui grande versatilidade de usos.

Embora grande parte das pesquisas se encontrem no idioma inglês, a maioria dos trabalhos apresentam participações ou em sua totalidade, pesquisadores brasileiros. O que pode motivar estes pesquisadores brasileiros a publicar em inglês, pode estar relacionado ao maior impacto de citações que revistas internacionais possuem, ou ao fato que algumas revistas nacionais só aceitem trabalhos já traduzidos para o inglês (Figura 2).

Figura 2: Número de artigos de acordo com o idioma e os anos de publicação referente a aplicação de potássio na cultura do eucalipto.

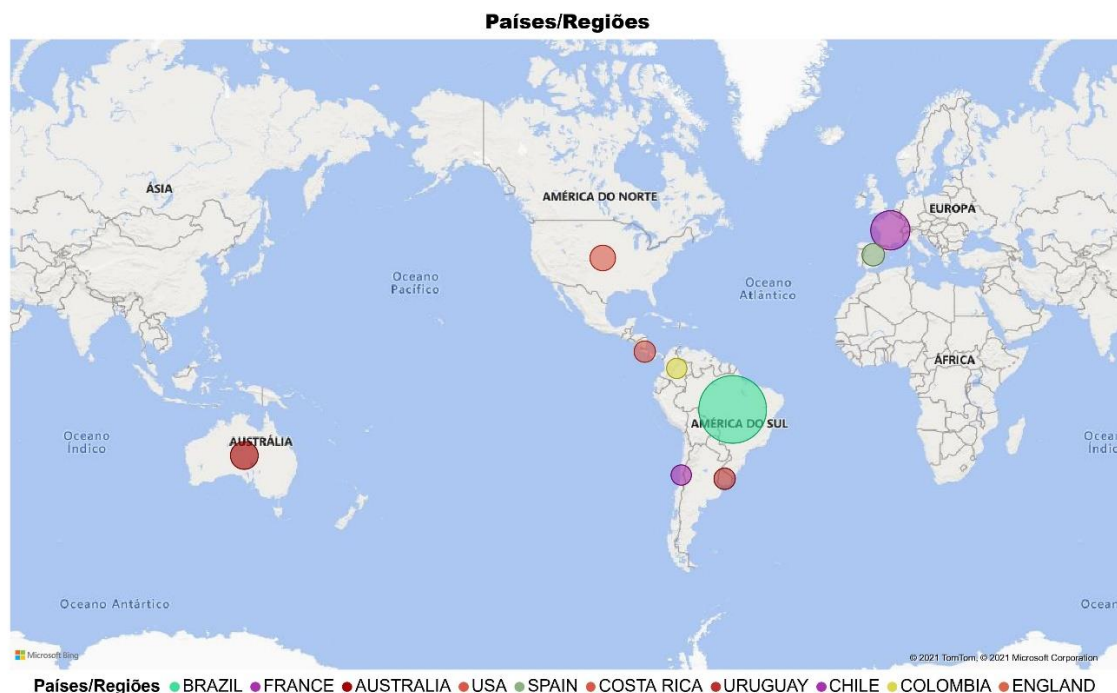


Fonte: Próprio autor

5.3. Principais países, agências financiadoras, instituições, autores e áreas de pesquisa dedicadas ao potássio em eucalipto.

A respeito da Produção científica de âmbito internacional, quando se busca compreenderem a relação do potássio em florestas de eucalipto, entre os artigos considerados adequados, em primeiro lugar encontra-se o Brasil (51,7%), seguido da França (21,3%), Austrália (9%), USA (6,7%), Espanha (3,4%), Costa Rica (2,2%), Uruguai (2,2%), Chile (1,1%), Colômbia (1,1%) e Inglaterra (1,1%) como demonstrado na Figura 3. A presença significativa das pesquisas brasileiras está relacionada a grande adaptação e potencial produtivo que o eucalipto tem sob as condições climáticas e de mercado no país, o qual foi incorporado e aproveitado pelas indústrias da madeira e celulose.

Figura 3: Distribuição mundial geográfica (nível de país) das publicações referentes ao potássio em florestas de eucalipto durante os anos de 1985 a 2021

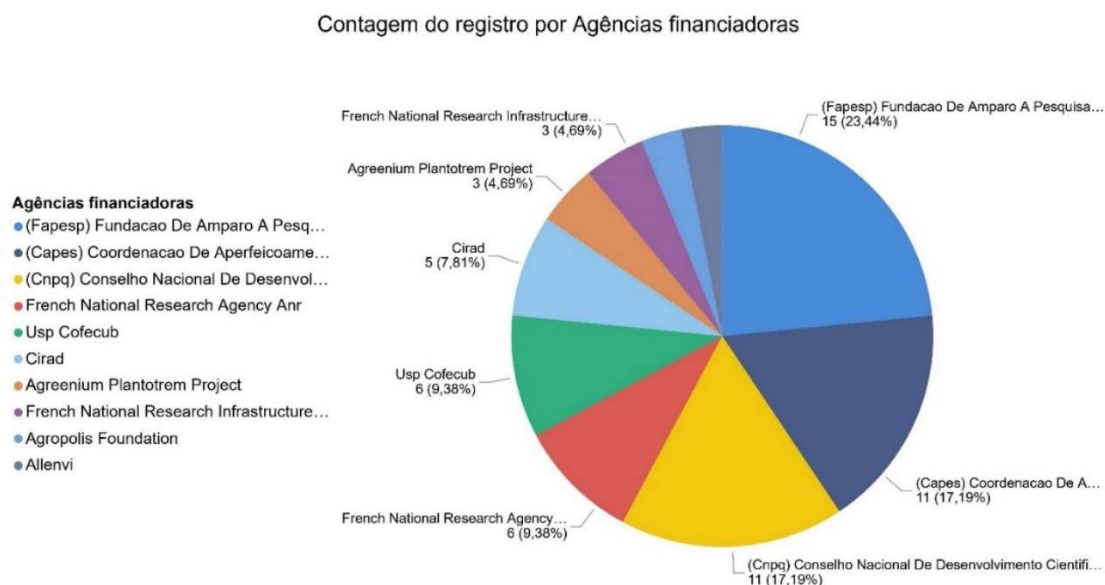


Legenda: Os países apresentados na parte inferior do mapa referem-se aos países que contribuíram com estudos nessa área. **Fonte:** Próprio autor.

As agências brasileiras, são as grandes responsáveis pelos registros de publicações mundiais voltadas a interação entre K e eucalipto. Das 5 principais agências, 4 são brasileiras, sendo as 3 primeiras, “Fapesp”, “Capes” e “CNPq” financiadas pelo governo, e a “Usp Cofecub”, uma parceria entre a Universidade de São Paulo e o Comitê francês (Figura 4).

Pesquisas relacionadas a este tema, são incentivadas dentro do Brasil, devido à elevada quantidade de eucalipto plantado no país, o que influencia no PIB nacional.

Figura 4: Gráfico demonstrando a contagem e porcentagem de acordo com as agências financiadoras.



Fonte: Próprio autor.

Ao longo das 10 principais instituições envolvidas em pesquisas relacionando o K com a cultura do eucalipto, 3 universidades brasileiras se apresentam entre as 5 primeiras (Tabela 1). Eventualmente, se encontram localizadas nos estados de São Paulo e Minas Gerais, responsáveis por metade da produção brasileira de eucalipto (IBÁ, 2020). Dentre os 62 trabalhos, grande parte obtiveram participações de universidades brasileiras com autores, agregando conhecimentos e buscando desenvolver pesquisas que agreguem a ciência mundial. A França se apresenta como uma grande participante na criação dos artigos, apesar de possuírem apenas metade de sua área territorial agricultável, porém, são incentivados a realizar parcerias internacionais de modo a suprir seus conhecimentos agrícolas em diversas culturas.

Tabela 1: Instituições com grandes participações nas publicações referentes ao uso do potássio em florestas de eucalipto.

<i>Ranking</i>	<i>Instituição/País</i>	<i>Publicações</i>	<i>%</i>
1 ^o	UNIVERSIDADE DE SAO PAULO/ BRASIL	36	16,3
2 ^o	CIRAD/ FRANÇA	26	11,8
3 ^o	INRAE/ FRANÇA	26	11,8
4 ^o	UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA/ BRASIL	24	10,9
5 ^o	UNIVERSIDADE FEDERAL DE VICOSA/ BRASIL	19	8,6
6 ^o	INSTITUT AGRO/ FRANÇA	16	7,2
7 ^o	MONTPELLIER SUPAGRO/ FRANÇA	16	7,2
8 ^o	INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT IRD/ FRANÇA	15	6,8
9 ^o	UNIVERSITE DE MONTPELLIER/ FRANÇA	14	6,3
10 ^o	COMMONWEALTH SCIENTIFIC INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION CSIRO/ AUSTRÁLIA	13	5,9

Fonte: Próprio autor.

Os autores brasileiros ou estrangeiros que estejam afiliados a universidades no Brasil, são responsáveis por grande parte dos artigos voltados a relacionar o uso do K em plantas de eucalipto (Tabela 2). Isso está relacionado ao grande incentivo que existe dentro do país, que é o maior produtor mundial desta cultura, além de grandes impulsos das empresas privadas produtoras de celulose e madeira, ao qual encontram no eucalipto, sua principal fonte de matéria prima (IBÁ, 2020).

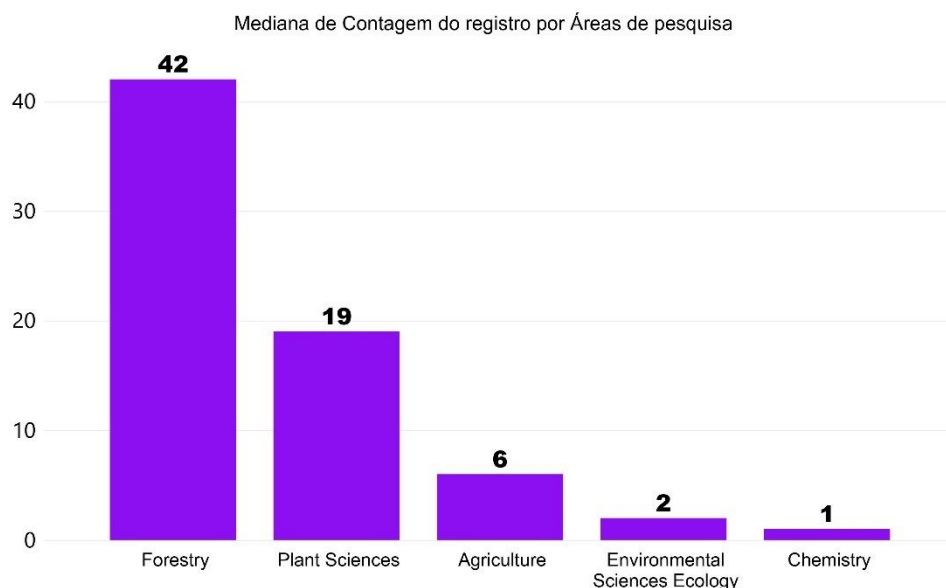
Tabela 2: Autores que mais publicaram artigos a respeito do uso de potássio em florestas de eucalipto.

Ranking	Autores	Instituição/País	Publicações	%
1 ^o	Laclau JP	Cirad/França	17	27,4
2 ^o	Nouvellon Y	Cirad/França	10	16,1
3 ^o	Tomazello M	USP/Brasil	10	16,1
4 ^o	Bouillet JP	Cirad/França	9	14,5
5 ^o	Battie-laclau P	Cirad/França	7	11,2
6 ^o	Chaix G	Cirad/França	6	9,6
7 ^o	Sette CR	Univ. Montpellier/França	6	9,6
8 ^o	Christina M	Cirad/França	4	6,4
9 ^o	Gonçalves JLD	USP/Brasil	4	6,4
10 ^o	Castro VR	USP/Brasil	3	4,8

Fonte: Próprio autor.

Os pesquisadores analisaram dentro de determinadas áreas da pesquisa, acerca das possíveis atuações do K perante a cultura do eucalipto, de modo a abranger e fortalecer o acervo de informações adquiridas pela ciência. Essas áreas selecionadas são: “Silvicultura” (60%), “Ciência de Plantas” (27,1%), “Agricultura” (8,5%), “Ecologia e Ciências Ambientais” (2,9%) e “Química” (1,43%) como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5: Mediana de contagem de registro dos artigos, de acordo com as Áreas de pesquisa.

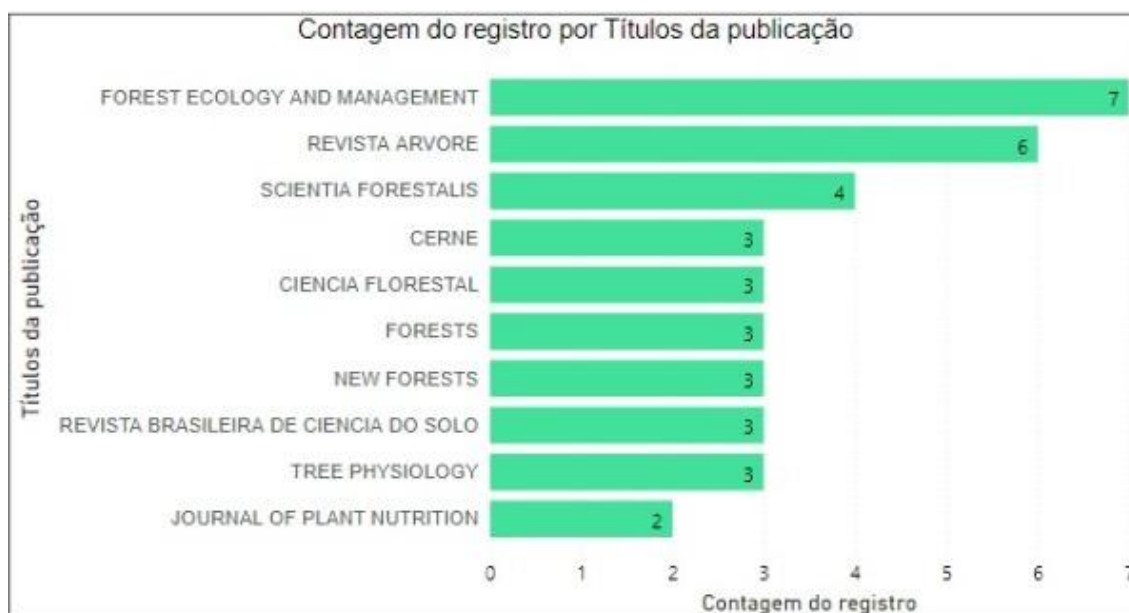


Fonte: Próprio autor.

5.4. Principais fontes de pesquisas, trabalhos e lacunas na literatura

Os artigos foram publicados em 32 revistas de importância científica. Podendo ser evidenciadas a “Forest Ecology and Management” (11,3%), “Revista Árvore” (9,7%), “Scientia Forestalis” (6,4%), “Cerne” (4,8%) e “Ciência Florestal” (4,8%) como demonstrado na Figura 6. Dentre as 5 revistas mais relevantes, 4 são de produção brasileiras, e somam um montante de 25,7% de toda produção voltada ao assunto. Este fato demonstra a grande importância brasileira, quanto as pesquisas e desenvolvimentos acadêmicos devotados sobre os assuntos florestais e de nutrientes.

Figura 6: Revistas Científicas mais importantes e quantidade de artigos publicados em relação ao uso do potássio em florestas de eucalipto.



Fonte: Próprio autor.

Os artigos que mais foram citados, se encontram publicados em revistas que não são brasileiras, mesmo contando com o autor principal ou co-autores brasileiros. A língua inglesa pode ser um dos principais fatores para que artigos sejam publicados em revistas de outros países, o que pode gerar uma preferência entre os autores, já que o alcance internacional, aumentam as chances destes artigos serem procurados e citados, sendo que publicações em português acabam ficando restritas devido a limitação da compreensão do idioma.

Artigos publicados a mais tempo, possuem maior condição de deterem mais citações, uma vez que estão há anos em revistas e servirem de referencial teórico para diversos trabalhos que vieram a ser desenvolvidos depois da data de sua publicação, como por exemplo, os principais trabalhos citados encontrados, que foram publicados entre os anos de 2000 a 2016.

Dentre os artigos mais citados, se encontram temas envolvendo a resposta foliar a adubação com K (SAUR *et al.*, 2000; LACLAU *et al.*, 2009; BATTIE-LACLAU *et al.*, 2013). Continuando com trabalhos sobre ciclagem de

nutrientes (TURNER, 2008; DA SILVA, 2013), respostas sobre a funções fotossintéticas (BATTIE-LACLAU *et al.*, 2014; EPHON *et al.*, 2016) e produção de biomassa (BATTIE-LACLAU *et al.*, 2016).

Tabela 3: Artigos mais citados em outros trabalhos.

<i>Artigo</i>	<i>Journal</i>	<i>1º Autor</i>	<i>Citações</i>
<i>1º - Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf lifespan and allocation of above-ground growth in Eucalyptus plantations</i>	TREE PHYSIOLOGY	Laclau, Jean-Paul	106
<i>2º - Photosynthetic and anatomical responses of Eucalyptus grandis leaves to potassium and sodium supply in a field experiment</i>	PLANT CELL AND ENVIRONMENT	Battie-Laclau, Patricia	98
<i>3º - Characterization of two HKT1 homologues from Eucalyptus camaldulensis that display intrinsic osmosensing capability</i>	PLANT PHYSIOLOGY	Liu, WH	82
<i>4º - Fertilizer management of eucalypt plantations on sandy soil in Brazil: Initial growth and nutrient cycling</i>	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT	da Silva, Paulo Henrique Muller	72
<i>5º - Foliar nutrient retranslocation in Eucalyptus globulus</i>	TREE PHYSIOLOGY	Saur, E	64
<i>6º - Effects of potassium and sodium supply on drought-adaptive mechanisms in Eucalyptus grandis plantations</i>	NEW PHYTOLOGIST	Battie-Laclau, Patricia	62
<i>7º - Nutrient cycling in age sequences of two Eucalyptus plantation species</i>	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT	Turner, John	58
<i>8º - Potassium fertilization increases water-use efficiency for stem biomass production without affecting intrinsic water-use efficiency in Eucalyptus grandis plantations</i>	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT	Battie-Laclau, Patricia	48
<i>9º - Influence of potassium and sodium nutrition on leaf area components in Eucalyptus grandis trees</i>	PLANT AND SOIL	Battie-Laclau, Patricia	45

<p><i>10^o - In situ (CO₂)-C-13 pulse labelling of field-grown eucalypt trees revealed the effects of potassium nutrition and throughfall exclusion on phloem transport of photosynthetic carbono</i></p>	<p>TREE PHYSIOLOGY</p>	<p>Epron, Daniel</p>	<p>40</p>
--	----------------------------	----------------------	-----------

Fonte: Próprio autor.

De acordo com os artigos obtidos, foi possível analisar algumas áreas com grande potencial de pesquisa, como a influência do potássio em relação a resistência contra pragas e doenças, processo de absorção do potássio por plantas de eucalipto, fertilização foliar e entre outros.

6 CONCLUSÃO

De acordo com a revisão sistemática realizada, foi possível notar que muitos trabalhos relacionados ao tema proposto pelo trabalho são publicados ao longo dos anos em diferentes países. Pesquisas foram estimuladas por diferentes países, de acordo com as necessidades intelectuais, econômicas, ambientais e culturais, se apresentando em diferentes quantidades e focando nas condições encontradas de cada região.

Grande parte dos artigos publicados se referem a fertilidade do solo, focando diferentes doses de potássio em plantas de eucalipto, além das principais respostas fisiológicas apresentadas após adubação. Ao realizar a leitura notou-se algumas lacunas que podem ser consideradas como oportunidades para possíveis pesquisas futuras e que se supridas, podem proporcionar um conhecimento mais amplo sobre uma cultura importante e vantajosa como o eucalipto.

Determinados assuntos envolvendo a relação entre potássio e a cultura do eucalipto se apresentam com carência de informações. Assuntos importantes como: adubação foliar de potássio em conjunto com o boro (B) visando reduzir danos por estresse hídrico na cultura do eucalipto; uso de adubos potássicos de

liberação lenta na cultura do eucalipto; relação entre adubação potássica e comunidade microbiana do solo.

Finalmente, é importante salientar que a revisão bibliométrica avalia quantitativamente os trabalhos existentes, de modo a facilitar a visualização de novas direções de pesquisas.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. S.; ROCHA, J. R. A. S. C.; TEODORO, P. E.; RESENDE, M. D. V.; HENRIQUES, E. P.; SILVA, L. A.; CARNEIRO, P. C. S.; BHERING, L. L. Multiple-trait BLUP: a suitable strategy for genetic selection of Eucalyptus. **Tree Genetics & Genomes**, v. 14, p. 77, 2018.

BATTIE-LACLAU, P.; DELGADO-ROJAS, J. S.; CHRISTINA, M.; NOUVELLON, Y.; BOUILLET, J. P.; DE CASSIA PICCOLO, M.; MOREIRA, M. Z.; GONÇALVES, J. L. G.; ROUPSARD, O.; LACLAU, J. -P. Potassium fertilization increases water-use efficiency for stem biomass production without affecting intrinsic water-use efficiency in Eucalyptus grandis plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 364, p. 77-89, 2016

BATTIE-LACLAU, P., LACLAU, J.-P., PICCOLO, M. DE C., ARENQUE, B.C., BERI, C., MIETTON, L., MUNIZ, M.R.A., JORDAN-MEILLE, L., BUCKERIDGE, M.S., NOUVELLON, Y., RANGER, J., BOUILLET, J.-P., Influence of potassium and sodium nutrition on leaf area components in Eucalyptus grandis trees. **Plant Soil**. p.371, 19–35, 2013

BELLOTE, A.F.J.; FERREIRA, C.A. Nutrientes minerais e crescimento de árvores adubadas de Eucalyptus grandis, na região do cerrado, no Estado de São Paulo. **Boletim Pesquisa Florestal**, v.26/27, p.17-65, 1993.

BRANCALION, P. H. S.; LAMB, D.; CECCON, E.; BOUCHER, D.; HERBOHN, J.; STRASSBURG, B.; EDWARDS, D. P. Using markets to leverage investment in forest and landscape restoration in the tropics. **Forest Policy and Economics**, v. 85, p. 103–113, 2017.

P. BATTIE-LACLAU, J.P. LACLAU, C. BERI, L. MIETTON, M.R.A. MUNIZ, B.C. ARENQUE, M.D.C. PICCOLO, L. JORDAN-MEILLE, J.-P. BOUILLET, Y. Nouvellon Photosynthetic and anatomical responses of Eucalyptus grandis leaves to potassium and sodium supply in a field experiment **Plant, Cell Environ.**, 37, pp. 70-81, 2014.

CABRERA-ARIZA, AM; RAGAGLINI, G; SILVA-FLORES, P; BUSTOS-LETELIER, O; SANTELICES-MOYA, R. Nutrient (N, P, K) use efficiency and nitrogen balance in a bioenergy plantation of Populus deltoides clone Lux in San Piero A Grado (Pisa), Italy. **Bosque**. v. 42, p 269-278, 2021

CASTRO, A. A. Revisão Sistemática e Meta-análise. 2001. Disponível em: <http://metodologia.org/wpcontent/uploads/2010/08/meta1.PDF>. Acesso em 20 de outubro de 2010.

CUNHA, M. V. Os periódicos em ciência da informação: uma análise bibliométrica. **Ciência e Informação**, Brasília, v. 14, n. 01, p. 37-45, 1985.

D. EPRON, O.M.R. CABRAL, J.P. LACLAU, M. DANNOURA, A.P. PACKER, C. PLAIN, P. BATTIE-
LACLAU, M.Z. MOREIRA, P.C.O. TRIVELIN, J.P. BOUILLET, D. GÉRANT, Y. NOUVELLON **In situ ¹³C** pulse labelling of field-grown eucalypt trees revealed the effects of potassium nutrition and throughfall exclusion on phloem transport of photosynthetic carbon. *Tree Physiol*, 36 , p. 6-21, 2016.

ESCAMILLA JA, COMERFORD NB (2000) Phosphorus and potassium uptake by woody roots of twelve-year-old slash pine trees. **For Ecol Manag** 129(1–3):153–166. Abr. 2000

GRIMME, H.; BRAUNSCHWEING, L. C.; NEMETH, K. (G) Potassium, calcium and magnesium interactions as related to cation uptake and yield. **Landw. Forsch.** 30/II, Sonderh., p. 93-100, 1974.

Ibá. **Indústria Brasileira de Árvores** (2020). Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 23/11/21.

Ibá. **Indústria Brasileira de Árvores** (2019). Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2019.pdf>. Acesso em: 18/11/2021

KABATA PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. Boca Raton: **CRC Press**, 1984. p.315, 2010.

LACLAU, J.P.; ALMEIDA, J.C.R.; GONÇALVES, J.L.M.; SAINT-ANDRÉ, L.; VENTURA, M.; RANGER, J.; MOREIRA, R.M.; NOUVELLON, Y. Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf lifespan and allocation of above-ground growth in Eucalyptus plantations. **Tree Physiol.** 29, p.111–124, 2009.

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. Editora Agronômica CERES Ltda. São Paulo (SP), p. 256. 1979.

MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3 ed. New York: Academic Press, p. 6150, 2012

MARTIN HW, SPARKS DL. On the behavior of nonexchangeable potassium in soils. *Commun Soil Sci Plant Anal.* v.16, p.133-62, 1985.

MATEUS NDS, FERREIRA EVDO, JUNIOR JCA ET AL Fisiologia Vegetal e bioquímica a porcentagem ideal de substituição de K por Na em mudas de

eucalipto: evidências da composição isotópica do carbono da folha, trocas gasosas nas folhas e crescimento das plantas. **Plant Physiol Biochem.** 137: p. 102-112, 2019.

MATEUS, NS, FLORENTINO, AL, OLIVEIRA, JB ET AL. A composição das folhas 13 C e 15 N trazendo luz sobre como amenizar o estresse hídrico por meio da substituição parcial de K por Na em espécies de eucalipto. **Sci Rep** 11, 20158 (2021).

MEYER, B. S.; ANDERSON, D. R.; BOHNING, R. H.; FRATIANNE, D. C. **Introduction to plant physiology. 2. ed.** Nova Iorque: D. Van Nostrand, 1973.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: **Potafos**, p.165-178, 2005.

NEVES, L. S. das; EMANI, P. R.; SIMONETE, M. A.a. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio: potassium movement in soils as related to potassium chloride application. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/HYQwxBKxfKYY8tCqJYMZkWD/?lang=pt#>. Acesso em: 06 nov. 2021.

NIELSEN, D.R.; van GENUCHTEN, M.T. & BIGGAR, J.W. Water flow and solute transport process in the unsaturated zone. **Water Res. Res.**, 22:89-108, 1986.

OLIVEIRA, R.H.; ROSOLEM, C.A. & TRIGUEIRO, R.M. Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:439-445, 2004.

OLIVEIRA, L. A. M. de; SOUZA, A.E. de, **Balanço Mineral Brasileiro 2001: potássio.** Disponível em: www.dnrm.gov.br/dnrm_legis/balanco01/pdf Acessado em: 28 nov. 2021

OLIVEIRA, V.; LUDWICK, A.E. & BEATTY, M.T. Potassium removed from some southern brazilian soils by exhaustive cropping and chemical extractions methods. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 35: p.763-767, 1971.

RAIJ, B.VAN.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, **Instituto Agrônomo & Fundação IAC**, p. 285, 1996.

RUIZ, H.A.; MIRANDA, J. & CONCEIÇÃO, J.C.S. Contribuição dos mecanismos de fluxo de massa e de difusão para o suprimento de K, Ca, Mg às plantas de arroz. **R. Bras. Ci. Solo**, 23: p.1015-1018, 1999.

ROSOLEM, C.A.; SANTOS, F.P.; FOLONI, J.S.S. & CALONEGO, J.C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesq. Agropec. Bras.**, 41: p.1033-1040, 2006.

SAUR, E.; NAMBIAR, E.K.S.; FIFE, D.N. Foliar nutrient retranslocation in *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiol.** v.20, p.1105–1112, 2000.

SETTE JUNIOR, C. R., TOMAZELLO FILHO, M., SILVA JUNIOR, F. G., & LACLAU, J. P. Alterações nas características químicas da madeira com a substituição do K por Na em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, v.38, p.569-578, 2014.

SILVA, L. P. da. Influência do íon acompanhante nos parâmetros de transporte do nitrato no solo. 2013. 105 p. **Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)** – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SILVA, P.H.M.; POGGIANI, F.; LIBARDI, P.L.; GONÇALVES, A.N. Fertilizer management of eucalypt plantations on sandy soil in Brazil: Initial growth and nutrient cycling. **For. Ecol. Manag**, v.301, p. 67–78, 2013.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 91, p.12, 2000.

SOUZA, D. M. G.; RITCHEY, K. D.; LOBATO, E.; GOEDERT, W. J. Potássio em solo de Cerrado. II Balanço no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, n. 1, p.33-36, jan./abr. 1979.

SPARKS, D. L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMNER, M. E. (Ed.). Handbook of soil science. **Boca Raton: CRC Press**, p. 38- 53, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5th Ed., Sinauer Associates Inc., Sunderland, p.782, 2010.

TURNER, J.; LAMBERT, M.J. Nutrient cycling in age sequences of two *Eucalyptus* plantation species. **Ecol. Manag.** v. 255, p.1701–1712, 2008.

WARD, SC, GE PICKERSGILL, DV MICHAELSEN & D. T. BELL. Respostas à combinação fatorial de fertilizantes N, P, K por mudas de *Eucalyptus saligna* Sm. e a previsão de resposta por índices DRIS. **Aust. Para. Res.** v.15: p. 27–32, 1985.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2297-2305, 2008.