

Prospecção Científica e Tecnológica do Potencial Biotecnológico da Cafeína como Agente Larvicida e Nematicida

Scientific and Technological Prospection of Caffeine's Biotechnological Potential as a Larvicide and Nematicide Agent

Paulo Sérgio de Araujo Sousa¹

Marciele Gomes Rodrigues¹

Mayara Sousa dos Santos¹

Williana Silva de Oliveira¹

Cleane da Silva Machado¹

Maria Alice de Sousa Vieira¹

Janaína Oliveira da Silva¹

Francilene Cardoso¹

Elenice Monte Alvarenga¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Cocal, PI, Brasil

Resumo

Atualmente, a utilização de pesticidas químicos em culturas agrícolas tem se tornado cada vez mais frequente. A cafeína é uma das moléculas psicoativas mais consumidas em todo o mundo, no entanto, pouco se sabe sobre as aplicações que ela possui no cenário agrícola. Dessa forma, a presente pesquisa almejou prospectar a utilização da cafeína como um biopesticida em bases nacionais e internacionais de artigos e patentes. Para tal, a busca científica e tecnológica, com palavras-chave e combinações específicas, se deu nas seguintes bases: SciELO, PubMed, INPI, EPO, LATIPAT, USPTO e WIPO. Os resultados para as buscas de artigos e patentes revelaram, de forma geral, que pouco tem sido explorado acerca das atividades biológicas nematicida e larvicida da cafeína. Portanto, conclui-se que novos estudos com a cafeína, voltados para o controle de inimigos naturais de culturas, são promissores para o desenvolvimento de novas tecnologias agrícolas.

Palavras-chave: Produtos Naturais. Alcaloide. Biopesticida.

Abstract

Currently, the use of chemical pesticides in agricultural crops has become more and more frequent. Caffeine is a molecule of the most consumed psychoactive molecules worldwide; however, little is known about the applications it has in the agricultural scenario. Thus, the present research aimed to explore the use of caffeine as a biopesticide, on national and international bases of articles and patents. For this, the scientific and technological search, with keywords and specific combinations, took place on the following bases: SciELO, PubMed, INPI, EPO, LATIPAT, USPTO, and WIPO. In general, the results revealed that little had been explored about caffeine's nematicidal and larvicidal biological activities. Thus, we concluded that new studies with caffeine, aimed at controlling natural enemies of agricultural crops, are promising for the development of new agricultural technologies.

Keywords: Natural Products. Alkaloid. Biopesticide.

Área Tecnológica: Biotecnologia.



1 Introdução

O crescimento contínuo da população e o advento da globalização da economia desencadearam um aumento excessivo na produção de alimentos, tornando o mercado agrícola cada vez mais exigente e competitivo. Desse modo, a produção de alimentos em larga escala dependia diretamente do aprimoramento e do desenvolvimento de tecnologias voltadas para a agricultura e que promovessem aumentos na produtividade de culturas agrícolas (MENEZES, 2005; PETRY *et al.*, 2019).

Com isso, uma das maneiras mais viáveis que o mercado agrícola brasileiro e mundial encontraram para produzir uma maior quantidade de alimentos e com custos baixos de produção foi fazer uso de produtos químicos como os agrotóxicos. Dessa forma, dados sobre o uso excessivo dessa tecnologia química agrícola revelam que o Brasil, há mais de uma década, ocupa o *ranking* de maior consumidor de agrotóxicos da América Latina, seja utilizando esses produtos químicos para a produção de insumos agrícolas cada vez mais vistosos e em grande quantidade, seja para o afastamento de inimigos naturais potenciais para as culturas (DIAS *et al.*, 2011; PIGNATI, 2018).

Contudo, ocorreram muitos problemas decorrentes do uso intensivo, incorreto e indiscriminado dos agrotóxicos durante várias décadas consecutivas. Entre estes, pode-se citar a presença de resíduos tóxicos em alimentos, intoxicação de produtores rurais e consumidores, contaminação da água e do solo, seleção de inimigos naturais resistentes e prejuízos a populações de organismos não alvos, como os inimigos naturais, o que pode acarretar no aumento da população de insetos-praga (COSTA *et al.*, 2004; MENEZES, 2005; HASSAN; PRIJONO, 2011; KIM *et al.*, 2003; PIGNATI, 2018). Dessa maneira, a busca, o desenvolvimento e a utilização de novos agentes químicos que combatam inimigos naturais de culturas agrícolas, com efeitos adversos menos agressivos para o consumidor e para o ecossistema, têm se tornado cada vez mais frequentes.

Os biopesticidas são organismos ou compostos naturais que são eficazes no controle de inimigos naturais que afetam as plantações, ao mesmo tempo em que ocasionam poucos danos ao ecossistema e à saúde do consumidor (PEREIRA, 2017). Entre as principais vantagens que os biopesticidas apresentam, é possível citar o não acúmulo desses agentes químicos em solos, ar, rios, lagos e alimentos, gerando, assim, efeitos adversos com baixa agressividade para a saúde do consumidor e para o meio ambiente. Desse modo, óleos essenciais, metabólitos secundários, microrganismos e substâncias químicas, em geral, têm sido demasiadamente exploradas para a produção de novos biopesticidas (MOSSA, 2016).

A cafeína (1,3,7-trimetilxantina) é um composto químico pertencente ao grupo dos alcalóides, sendo esta formada por compostos nitrogenados orgânicos provenientes principalmente de plantas. Essa molécula é considerada como a substância psicoativa mais consumida em todo o mundo, sendo grandemente explorada em estudos que envolvem a produção de medicamentos, principalmente os que pertencem à classe dos estimulantes, sedativos e redutores da fadiga (CAMARGO; TOLEDO, 1998; BRENELLI; SOUZA, 2003; SILVA; TOIGO, 2016; ALASMARI; 2020).

Com isso, sabendo do amplo potencial biotecnológico da cafeína nas diversas áreas industriais para a produção de novos materiais, devido às características físico-químicas e toxicológicas desse composto, e partindo do pressuposto de que pouco tem sido descrito na literatura acerca das possíveis aplicações que a cafeína possui como biopesticida, ressalta-se que esse composto torna-se um alvo interessante para ser estudado em relação às suas propriedades como biopesticida. Assim, este trabalho pretende prospectar o potencial científico e tecnológico da cafeína como biopesticida em bases de publicação de artigos e depósitos de patentes nacionais e internacionais.

2 Metodologia

O estudo prospectivo sobre a cafeína e suas aplicações como agentes larvicida e nematicida foi realizado a partir de buscas em *sites* nacional e internacional de publicação de artigos científicos, a saber: Scientific Electronic Library Online (SciELO) e PubMed. Desse modo, as pesquisas das tecnologias desenvolvidas com a cafeína se deram em bases de depósitos de patentes nacional e internacionais, a saber: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), European Patent Office (EPO), Banco de Patentes Latino-Americanas (LATIPAT), World Intellectual Property Organization (WIPO) e no United States Patent and Trademark Office (USPTO). Foram selecionadas essas bases de artigos e patentes devido ao fato de elas comportarem um elevado número de documentos científicos já publicados e que poderiam ser analisados para a construção desta prospecção, possibilitando, assim, uma discussão mais robusta e crítica sobre a temática abordada (SOUSA; RODRIGUES; ALVARENGA, 2020).

Com isso, a prospecção científica e tecnológica considerou todos os documentos científicos e tecnológicos publicados até março de 2020. Para isso, foram analisados os registros científicos e tecnológicos que apresentavam as seguintes palavras-chave: cafeína, nematódeos, biopesticida, caffeine, nematodes, biopesticide. Para especificar as buscas, foram estabelecidas combinações entre as palavras-chave em todas as bases de publicações de artigos e de depósitos de patentes abordadas neste trabalho. As palavras-chave com termos individuais foram utilizadas para abranger um maior número de artigos e patentes, enquanto as combinações foram úteis para selecionar com maior rigor os documentos que envolviam a temática acerca dos biopesticidas com ação nematicida e que continham a cafeína em sua composição (SOUSA; RODRIGUES; ALVARENGA, 2020).

3 Resultados e Discussão

Os resultados prospectivos envolvendo a base de publicação de artigos nacional e internacional acabaram por revelar a existência de um elevado número de publicações na base do PubMed, enquanto a base nacional SciELO reportou apenas uma pequena quantidade de publicações para os termos inseridos na busca (Tabela 1).

Tabela 1 – Quantidades de artigos identificadas nas buscas e suas respectivas porcentagens

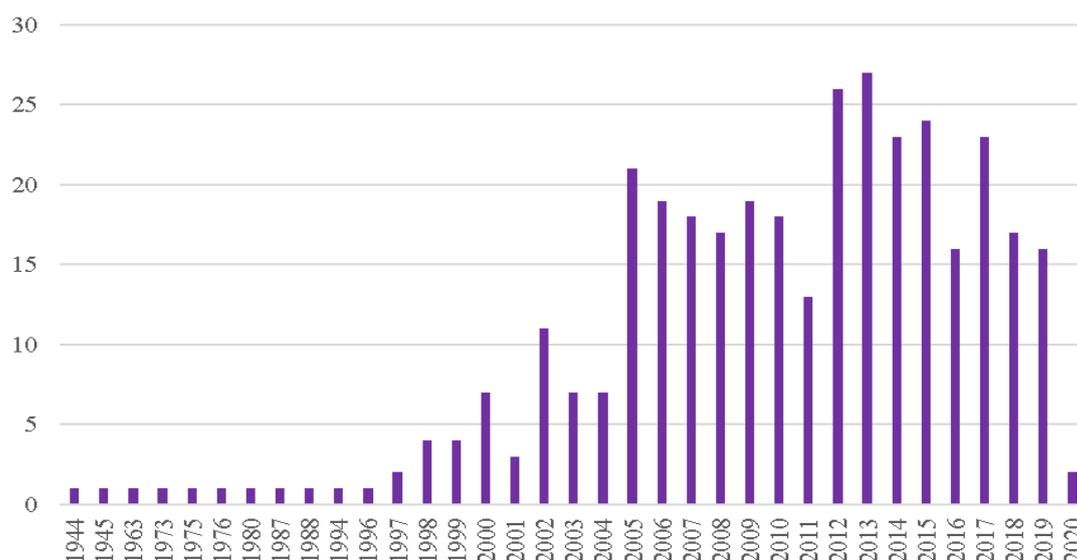
PALAVRAS-CHAVE E COMBINAÇÕES	SciELO		PUBMED	
	QUANTIDADE	%	QUANTIDADE	%
Cafeína/Caffeine	355	70	33.810	28,20
Nematódeos/Nematodes	147	29	85.113	70,4
Biopesticida/ Biopesticide	4	1	1.081	1
Cafeína e nematódeos/ Caffeine and nematodes	–*	–	27	0,1
Nematódeos e biopesticida/ Nematodes and biopesticide	–	–	46	0,299
Cafeína e biopesticida/ Caffeine and biopesticide	–	–	1	0,001

Nota: *– é utilizado nesta tabela como um indicativo de que não houve nenhum resultado retornado para a busca.

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

Os dados sumarizados na Tabela 1 indicam que pesquisas envolvendo a cafeína e os nematódeos têm grande destaque no cenário científico, sendo tal fato constatado pelo elevado número de publicações de artigos existentes na base de dados do PubMed. Desse modo, acredita-se que as elevadas quantidades de publicações se devem devido à carência de novas pesquisas que abordem o papel de substâncias químicas menos agressivas para o meio ambiente e para organismos específicos, quando estas são voltadas para aplicações agrícolas (XAVIER *et al.*, 2018). Desse modo, as buscas do termo “cafeína” na base de dados do SciELO identificaram a existência de 355 artigos publicados entre os anos de 1944 e 2020 (Figura 1).

Figura 1 – Quantidades de artigos publicados por ano envolvendo a palavra-chave “cafeína” na base SciELO



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

Em relação às aplicações da cafeína como biopesticida, identificou-se um artigo que aborda a adição da cafeína na formulação do bioinseticida Bti, com o intuito de provocar alterações na produção das esterases em larvas de *Daphnia similis* (ARCY; SILVA; CUNHA, 2014).

Além disso, a busca reportou também um artigo que trata de um estudo acerca do potencial da cafeína como bloqueio ao desenvolvimento do *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae) no estágio larval (LARANJA; MANZATO; BICUDO, 2006), enquanto outro artigo aborda o efeito de diferentes concentrações de cafeína sobre o índice mitótico em *Drosophila prosaltans*, em células de gânglios cerebrais de larvas (ITOYAMA; BICUDO; CORDEIRO, 1997). Esses estudos discutem a ação da cafeína como um composto que possui atividade biológica frente a larvas de organismos que podem ofertar riscos à saúde humana. No entanto, nenhum estudo reportado abordou a ação desse composto em larvas que podem ofertar potenciais riscos ao desenvolvimento de culturas agrícolas.

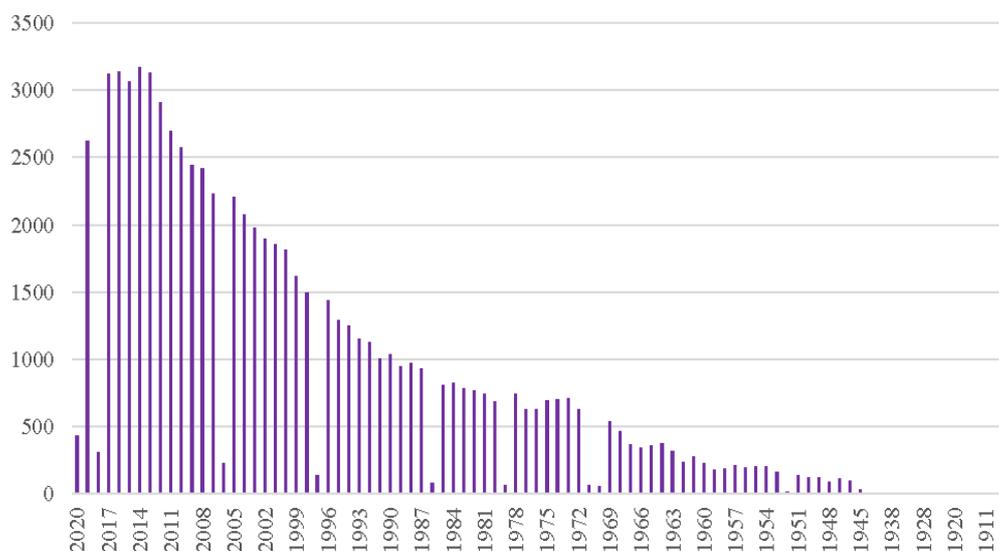
Ainda com a busca do termo “cafeína”, encontrou-se um artigo que aborda a influência dessa substância no desenvolvimento dos ovos e na sobrevivência, crescimento e reprodução de caracóis da espécie *Subulina Octona*, que atuam como inimigos naturais de culturas agrícolas. O artigo elucida apenas a ação da cafeína sobre o organismo-modelo, mas não trata acerca da utilização desse produto natural para o desenvolvimento de um novo material biotecnológico para a indústria (FERREIRA *et al.*, 2009). Vale destacar que a busca retornou, em sua maioria, artigos que tratam sobre atividades biológicas da cafeína, como sua capacidade antioxidante e ações farmacológicas, bem como seu uso como parâmetro de qualidade da água, comprovando que pouco tem sido descrito nesta base sobre o uso da cafeína em organismos (AMECA *et al.*, 2018; MARIA; MOREIRA, 2007; MIZUKAWA *et al.*, 2019).

Já para o termo “nematódeos”, ainda na base do SciELO, com a análise dos artigos, pode-se observar que predominam os estudos voltados para testes com plantas medicinais como alternativa na busca do controle de nematódeos gastrintestinais de ovinos, caprinos e bovinos (SALAS *et al.*, 2013; LARA *et al.*, 2016; PINTO *et al.*, 2019). Além disso, foram encontrados artigos sobre a utilização de anti-helmínticos químicos como método de controle dos nematódeos gastrointestinais (NGI) de bovinos e o uso de fungos nematófagos como alternativa viável e promissória para o controle desses endoparasitas (LARA *et al.*, 2016). No entanto, nenhum dos artigos abordados era sobre o uso da cafeína com atividade nematicida, indicando que os pesquisadores vêm explorando o uso de compostos e de substâncias de plantas medicinais com ação nematicida, mas pouco vem sendo descrito sobre a cafeína nesse contexto.

Para a busca com o termo “biopesticida”, a base do SciELO identificou apenas quatro artigos, publicados nos anos de 2004 (25%), 2008 (25%), 2010 (25%) e 2018 (25%). Em suma, os artigos encontrados tratam do uso de agentes microbiológicos para o desenvolvimento de biopesticidas (SIHLER *et al.*, 2018). Assim, com a busca realizada não se encontrou artigo algum que aborde o potencial da cafeína como biopesticida. Além disso, nenhum resultado foi reportado para as combinações das palavras-chave na base do SciELO.

Em relação à análise realizada na base do PubMed para a palavra-chave “caffeine”, obteve-se como resultado um total de 33.810 artigos publicados entre os anos de 1873 a 2020, em que estes abordam principalmente atividades antioxidantes; efeitos fisiológicos reversíveis, transitórios e cardiovasculares desse composto (TURNBULL *et al.*, 2017). Já quando utilizado na pesquisa a palavra-chave “nematodes”, foi possível identificar no PubMed a presença de 85.113 publicações de artigos entre os anos de 1893 e 2020 (Figura 2).

Figura 2 – Quantidades de artigos publicados por ano envolvendo a palavra-chave “nematodes” na base PubMed



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

Estes artigos abordam a realização de diversos testes com nematódeos frente a diversas substâncias e compostos químicos, sintéticos e naturais, oferecendo um leque de informações para as diferentes áreas da ciência (SMANT; HELDER; GOVERSE, 2018; LU; BAIOCCHI; DILLMAN, 2016).

Já para as buscas com a palavra-chave “biopesticide” no PubMed, averiguou-se que existem 1.801 artigos publicados entre os anos de 1991 e 2020, e que muitos desses estudos abordam sobre biopesticidas ecológicos como estratégia de utilização alternativa para o consumo de pesticidas convencionais. Os artigos citados focam demonstrar a importância de famílias de plantas, extratos naturais e compostos isolados para e suas relações com o desenvolvimento de novos biopesticidas, mas não apresentam aportes teóricos sobre mecanismos de ação ou atividades biológicas nematicidas da cafeína que poderiam facilitar o processo de produção de um novo biopesticida natural a partir deste produto (CARLOS; ANGULO, 2019; MAZZOLA; FREILICH, 2017).

No que diz respeito à busca utilizando os termos combinados “nematodes” e “biopesticide”, constatou-se a existência de 46 publicações na base PubMed, e alguns desses artigos se tratam do benefício da produção de fertilizantes naturais em relação a pesticidas químicos sintéticos, além de tratarem esses fertilizantes como agentes bióticos de vegetais. Novamente, nenhum dos artigos encontrados que tratavam sobre a produção de biopesticidas indicou o envolvimento da cafeína na produção desses compostos com ação nematicida, indicando que essa substância e o grupo dos alcaloides têm sido pouco explorados para a criação de um novo material biotecnológico com atividade nematicida (HASHEM; TABASSUM; ALLAN, 2019).

Dessa forma, quando utilizada a combinação “caffeine” e “nematodes” no PubMed, foi possível verificar a existência de apenas 27 artigos que versam principalmente sobre a necessidade de estratégias capazes de combater patologias que atingem as culturas agrícolas. A combinação das palavras-chave “caffeine” e “biopesticide”, ainda para o PubMed, identificou apenas um artigo, publicado no ano de 2009, sendo que essa pesquisa trata da utilização de extratos aquo-

so, incluindo o de café, como protetores de radiação ultravioleta, a fim de produzir um novo biopesticida contra vermes que atingem cultivos de beterraba (EL-SALAMOUNY *et al.*, 2009).

Em relação às buscas prospectivas tecnológicas, envolvendo as bases de patentes nacional e internacionais, pode-se identificar a existência de um elevado número de documentos patenteados, principalmente para as bases de depósitos internacionais, tanto para as palavras-chave quanto para as suas combinações. A quantidade de patentes encontradas pelas buscas das palavras-chave e de suas respectivas combinações pode ser visualizada na Tabela 2:

Tabela 2 – Quantidades de patentes identificadas nas buscas e suas respectivas porcentagens

PALAVRAS-CHAVE E COMBINAÇÕES	INPI		EPO		LATIPAT		USPTO		WIPO	
	QUANT. +	%	QUANT.	%	QUANT.	%	QUANT.	%	QUANT.	%
Cafeína/ Caffeine	107	35,8	4.194	47,3	414	61	383	32,9	94.886	50,9
Nematódeos/ Nematodes	172	57,5	3.828	43,2	226	33,4	735	63,2	80.040	42,9
Biopesticida/ Biopesticide	20	6,7	813	9,1	38	5,6	41	3,5	5.626	3
Cafeína e nematódeos/ Caffeine and nematodes	–*	–	1	0,1	–	–	–	–	5.727	3,1
Nematódeos e biopesticida/ Nematodes and biopesticide	–	–	14	0,3	–	–	3	0,4	–	–
Cafeína e biopesticida/ Caffeine and biopesticide	–	–	–	–	–	–	–	–	80	0,1

Nota: *– é utilizado nesta tabela como um indicativo de que não houve nenhum resultado retornado para a busca. *Quant. é utilizado para abreviar a palavra quantidade nesta tabela.

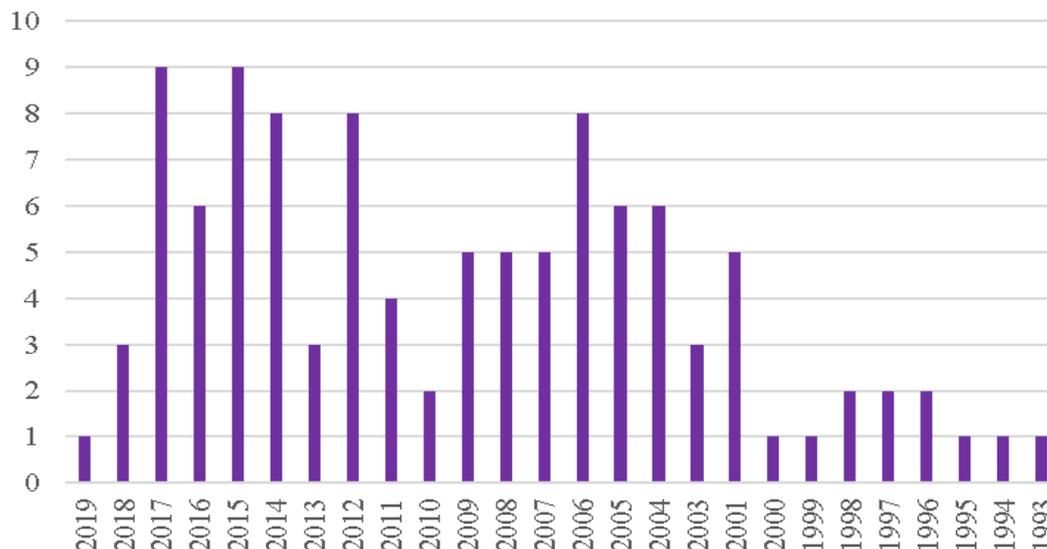
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

Os resultados para as buscas indicam que as tecnologias desenvolvidas estão voltadas principalmente para a produção de novos métodos e processos tecnológicos envolvendo os nematódeos e a cafeína. Segundo Faria (2013), o número crescente de pesquisas que envolvem os nematódeos se deve ao fato da carência de novos métodos que tratem acerca do controle e do manejo desses organismos, tendo em vista que os nematódeos atuam como um dos principais agentes patógenos de culturas que ocasionam elevado ônus para o mercado agrícola.

Em relação às buscas envolvendo as bases de depósitos de patentes, a base nacional do INPI revelou a existência de 107 registros de patentes até o presente momento para o termo

“cafeína” (Tabela 2). Entre 2015 e 2017, houve 8,4% dos depósitos totais de patentes (Figura 3), em que os principais países depositantes foram o Brasil (60%) e os Estados Unidos (14%).

Figura 3 – Quantidades de patentes depositadas por ano envolvendo a palavra-chave “cafeína” na base INPI



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

Com relação à Classificação Internacional de Patentes (CIP), ainda para o termo “cafeína”, identificou-se que a maior parte das patentes estão vinculadas às classificações A61K (31,41%), A23L (18,13%), A61P (8,93%) e A23F (7,20%), podendo se notar que a maioria dos documentos oportunizam o desenvolvimento de preparações medicinais produzidas a partir de moléculas orgânicas advindas de subprodutos do café, a fim de serem utilizadas em estudos das áreas de medicina veterinária e microbiologia.

Além disso, essas patentes não possuem a aplicação da cafeína e nem de outros compostos análogos a ela na produção de um biopesticida com aplicação frente a nematódeos. O que as patentes revelaram foi a exploração de pesquisas científicas para as áreas que envolvem medicina veterinária e microbiologia, partindo do uso de produtos naturais para o desenvolvimento de novos materiais com propriedades químicas e biológicas desejáveis para aplicações específicas, com menor toxicidade e com atividade biológica semelhante ou superior aos que já estão em circulação no mercado (ANDRADE; BATISTA; SANTOS, 2013; INPI, 2016; SARAIVA *et al.*, 2018).

Para a busca envolvendo o termo “nematódeos” na base do INPI, os resultados acabaram por reportar 172 registros de patentes (Tabela 2), ocorridos entre os anos de 1991 e 2018. Os principais depositantes dessas patentes foram os Estados Unidos (49%) e a EPO (22%). Em relação à CIP dessas patentes, foi possível notar que as patentes estão inseridas principalmente nas classificações A01N (42,42%), CO7D (24,38%), A01P (10,19%) e C12N (8,84%), mos-

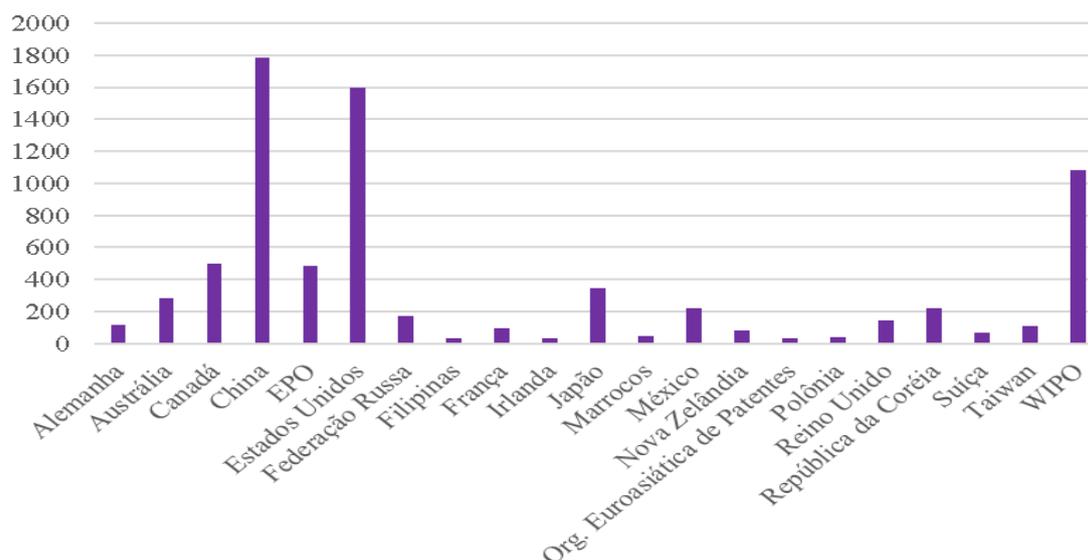
trando, assim, que as tecnologias patenteadas estão voltadas, principalmente, para as áreas da microbiologia, fertilizantes, medicina veterinária e química orgânica, sendo que nenhuma dessas patentes apresentou a cafeína na composição de um biopesticida ou de um outro produto voltado para o combate de nematódeos.

As buscas para o termo “biopesticida”, ainda na base de dados do INPI, retornaram 20 patentes (Tabela 2), depositadas entre os anos de 1992 e 2018, sendo o Brasil (35%) e os Estados Unidos (30%) os principais países depositantes. Com isso, os anos com maiores números de depósitos de patentes foram 2017 (15%) e 2014 (20%), que, juntos, somam 35% dos depósitos totais de patentes. Além disso, identificou-se que as patentes estão inseridas, principalmente, nas classificações A01N (61,2%), A01P (17,91%) e A61K (5,97%), demonstrando que os documentos tecnológicos analisados utilizam, preferencialmente, moléculas orgânicas para o desenvolvimento de novos produtos voltados para o campo da agricultura e da medicina veterinária.

As patentes encontradas envolvendo o termo “biopesticida” no INPI tratavam sobre o uso de novas substâncias naturais e sintéticas para o controle de inimigos naturais, e esses estudos utilizaram carreadores lipídicos nanoestruturados, genes de *Erwinia pyrifoliae* e sinergismos entre drogas, como compostos de triazol atrelado a composições de biopesticida comerciais, e que esses produtos têm como objetivo melhorar ou substituir produtos comerciais já disponíveis devido às características físico-químicas e biotecnológicas superiores e/ou semelhantes aos produtos já comercializados (INPI, 2017; INPI, 2020; SOUSA; RODRIGUES; ALVARENGA, 2020). Contudo, quando foram utilizadas combinações das palavras-chave empregadas nas buscas de patentes para a base do INPI, nenhum registro de depósito de patente foi retornado até o presente momento.

Em relação à base de depósitos da EPO, para o termo “caffeine”, constatou-se a presença de 4.194 depósitos de patentes até o presente momento (Tabela 2), e esses registros de depósitos ocorreram entre 1894 e 2020. Além disso, identificou-se que os principais países depositantes foram a China (32%) e os Estados Unidos (14%), e as tecnologias ou processos desenvolvidos encontram-se inseridos, principalmente, nas classificações A61K (34%) e A61P (16%). Essas tecnologias tratam sobre diversos novos produtos alimentícios, farmacêuticos, medicinal, entre outros, mas nenhuma patente reportou a presença de um produto no qual se utiliza a cafeína como biopesticida que apresentasse atividade nematicida (EPO, 2014). De maneira semelhante, as buscas com a palavra-chave “nematodes” identificaram a presença de 3.828 patentes na base EPO, que foram depositadas entre os anos de 1927 e 2019. Com isso, constatou-se que os países que realizaram os maiores números de depósitos foram, novamente, a China (24%) e os Estados Unidos (21%) (Figura 4), e as patentes se encontram inseridas principalmente nas classificações A01N (35%) e A01P (15%).

Figura 4 – Quantidades de patentes depositadas pelos países envolvendo a palavra-chave “nematodes” na EPO



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

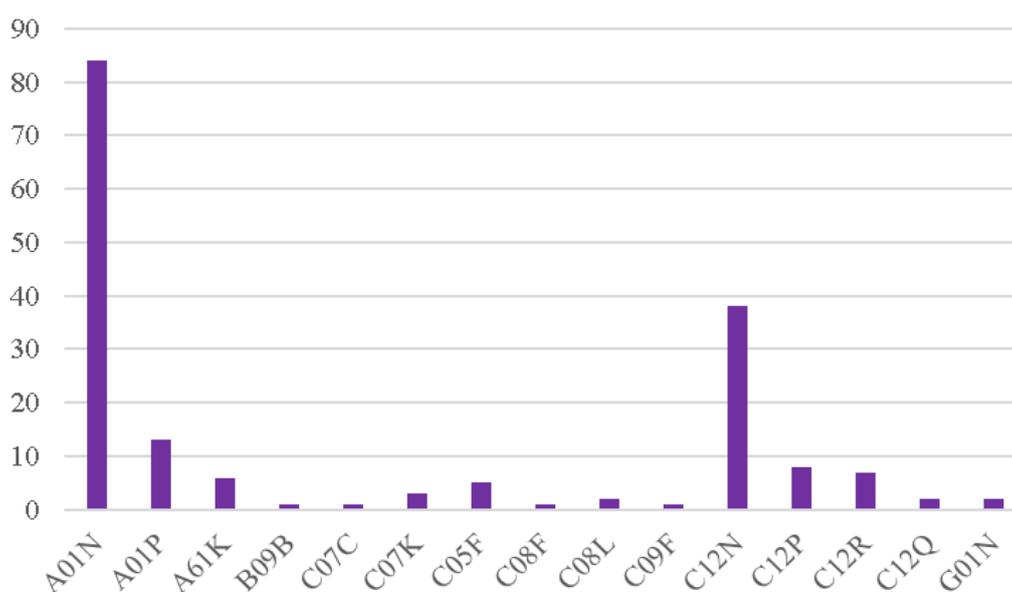
Com a utilização do termo “biopesticide” na EPO, obteve-se um retorno de 813 patentes depositadas entre os anos de 1988 e 2020. Além disso, a China (68%) e os Estados Unidos (8%) foram novamente os países que mais realizaram depósitos de patentes na base, com documentos tecnológicos inseridos, majoritariamente, nas classificações A01N (44%) e A01P (29%). Desse modo, admite-se que o desenvolvimento de patentes voltadas para a agricultura, nesse caso direcionado a produtos naturais que podem substituir produtos sintéticos convencionais, se deve ao fato de que os Governos e as Organizações Internacionais têm focado na agricultura sustentável para combater os inimigos naturais que afetam as culturas agrícolas, desenvolvendo projetos e tecnologias estratégicas para suprir essa demanda de novos materiais (SANTOS; HANNA, 2017).

No que se refere à utilização da combinação “caffeine” e “nematodes”, ainda na base EPO, foi encontrada apenas uma patente depositada pela China em 2014 e inserida nas classificações A01N e A01P. Já para a combinação “nematodes” e “biopesticide”, obteve-se um retorno de 14 patentes, depositadas entre os anos de 1992 e 2018 pelos Estados Unidos (38%) e a WIPO (25%), inseridas principalmente nas classificações A01N (40%) e A01P (16%). As patentes depositadas não possuem aplicações voltadas para o uso da cafeína contra o combate de nematódeos, mas possuem aplicações biotecnológicas de peptídeos, endotoxinas, ciclotídeos, quitosana e entre outros compostos químicos na agricultura (EPO, 2013).

Na base LATIPAT, obteve-se para a palavra-chave “cafeína” um total de 414 resultados de depósitos (Tabela 2) efetuados entre os anos de 1882 e 2020, principalmente pela Espanha, com 41% dos depósitos de patentes, e o Brasil, com 26% dos registros de depósitos. As pa-

tentes reportadas com a busca se encontram depositadas principalmente nas categorias A61K (44%), A23F (11%) e A61P (11%) e A23L (10%). Sobre o Brasil ser o país com mais patentes depositadas para o termo “cafeína” na base, acredita-se que a liderança no desenvolvimento de produtos utilizando o composto se deve ao fato de o Brasil ser o país que lidera a produção mundial de café, aproveitando esse composto para produzir e patentear diversos produtos alimentícios e farmacocômicos na indústria (NUTELS *et al.*, 2018). Em relação à busca para o termo “nematodes” ainda no LATIPAT, foram retornados 226 depósitos de patentes (Tabela 2), em que 100% dos depósitos foram realizados pelo Brasil nas classificações A01N (44%) e C07D (21%). No que se refere à busca com o termo “biopesticida” no LATIPAT, encontrou-se um total de 38 patentes depositadas até o presente momento (Tabela 2), e estas foram depositadas entre os anos de 1989 e 2020. Com as análises dos dados, pôde-se constatar que as maiores quantidades de depósitos ocorreram em 2017 (16%) e 2018 (16%). Constatou-se, ainda, que os principais países responsáveis pelos depósitos foram o Brasil (47%) e a Espanha (21%). Ademais, as patentes depositadas no LATIPAT para o termo “biopesticide” encontram-se inseridas principalmente nas categorias A01N (48%) e C12N (22%) (Figura 5).

Figura 5 – CIP das patentes para a palavra-chave “biopesticide” na base LATIPAT



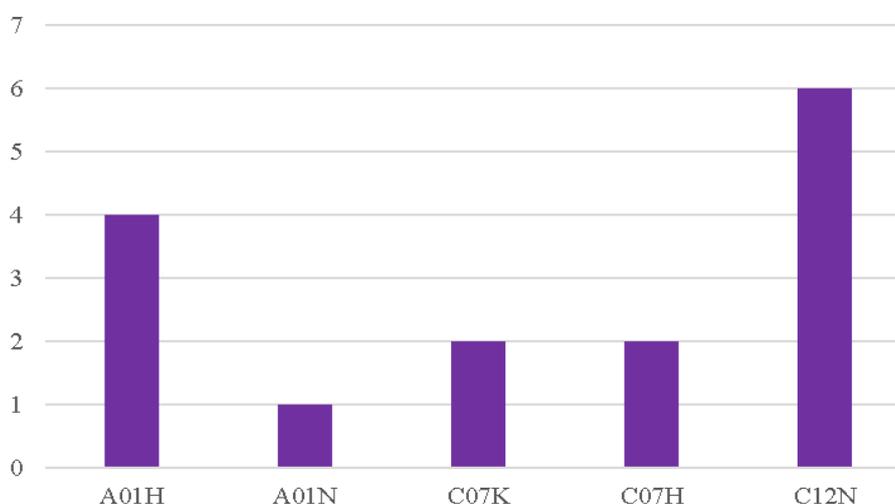
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

Entretanto, utilizando de combinações das palavras-chave empregadas nas buscas de documentos de patentes para a base do LATIPAT, nenhuma patente foi reportada para a busca até o presente momento. Esse resultado demonstra que as patentes desenvolvidas não têm explorado significativamente o uso da cafeína para a produção de biopesticidas com ação nematicida, tendo em vista que as associações dos termos buscam especificar os resultados para os produtos desejados (SOUSA; RODRIGUES; ALVARENGA, 2020).

No que concerne aos resultados na base do USPTO, utilizando a palavra-chave “caffeine”, as buscas reportaram a presença de 383 patentes presentes na base, depositadas entre os anos de 1976 e 2020, sendo que os anos com maiores depósitos foram 1985 (4%), 1997 (4%), 2002 (4%), 2015 (6%) e 2018 (4%). Esses documentos foram depositados principalmente pelos Estados

Unidos, com 61% dos depósitos, e pela Alemanha, Canadá e Japão. Além disso, identificou-se que as patentes estão inseridas, em sua maioria, nas classificações A61K (39%) e A23F (21%). Ao realizar as buscas utilizando o termo “nematodes” para a base do USPTO, foram obtidas 735 patentes depositadas entre os anos de 1976 e 2020, pelos Estados Unidos (43%) e Alemanha (18%), nas classificações A01N (41%) e C07D (22%). Já para a palavra-chave “biopesticide”, ainda nessa base, foram obtidas 41 patentes, entre os anos de 1990 e 2019, pelos Estados Unidos (76%), Canadá (5%) e França (5%), nas classificações A01N (50%) e C12N (14%). Em relação à combinação das palavras-chave “biopesticide” e “nematodes”, a base do USPTO reportou um total de três patentes depositadas durante os anos de 2014 (67%) e 2015 (33%), e 100% dos depósitos foram realizados pelos Estados Unidos. Além disso, identificou-se que as patentes estão inseridas principalmente nas classificações C12N (40%) e A01H (27%) (Figura 6).

Figura 6 – Informações sobre as CIPs envolvendo a palavra-chave “biopesticide” na base USPTO



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

Com isso, pode-se inferir que os resultados reportados para a base do USPTO demonstram que as patentes reportadas têm se preocupado em utilizar produtos naturais para o desenvolvimento de novos produtos que envolvem a biotecnologia e a agricultura. No entanto, pode-se perceber que o uso de alcaloides e da cafeína vem sendo timidamente trabalhado nas composições desses produtos, sendo que nenhuma tecnologia encontrada apresentou o uso desse alcaloide no combate a nematódeos, resultado semelhante aos de Sousa, Rodrigues e Alvarenga (2020) com o óleo essencial do cravo-da-Índia e sua atividade nematicida.

Ao analisar os depósitos na base do WIPO, obteve-se para a palavra-chave “caffeine” um retorno de 94.886 patentes (Tabela 2), sendo estas depositadas entre os anos de 2011 e 2020. Averiguou-se que os Estados Unidos (43%) e o PCT (22%) são os principais depositantes de patentes. Dessa forma, a maioria dessas patentes está inserida nas classificações A61K (39%), A61P (16%) e C07D (16%). No que diz respeito ao termo “nematodes”, ainda na WIPO, houve um retorno de 80.040 depósitos de patentes (Tabela 2) entre o período de 2011 e 2020, pelos Estados Unidos (45%) e PCT (18%), nas classificações C12N (21%), A01N (18%), A61K (13%) e A01H (11%). Em relação à expressão “biopesticide” na base do WIPO, foram encontrados 5.626 depósitos de patentes (Tabela 2) realizados durante os anos de 2011 e 2020, pelos Estados Unidos (32%) e o PCT (27%), nas categorias A01N (37%), C12N (17%), A01P (12%),

C07D (9%) e C07K (7%). A grande quantidade de patentes retornada para essa palavra-chave demonstra que a busca pelo desenvolvimento de novos biopesticidas, ou aprimoramento deles, tem aumentado no mundo, indicando que os países e as organizações estão preocupados em produzir novos defensivos agrícolas menos tóxicos e com potencial efeito diante de inimigos naturais, como os nematódeos (GUTIÉRREZ *et al.*, 2018). No que concerne à combinação dos termos “caffeine” e “nematodes”, ainda na base WIPO, obteve-se um resultado de 5.727 depósitos (Tabela 2), efetuados durante os anos de 2011 e 2020, e a maior quantidade deles foram realizados em 2011 (15%) e 2013 (12%) (Figura 7).

Figura 7 – Quantidades de patentes depositadas por ano envolvendo a combinação “caffeine” e “nematodes” na WIPO



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

Quanto aos principais países depositantes, identificou-se que os Estados Unidos (73%) e o PCT (10%) estão no topo da lista, com as maiores quantidades de depósitos. Além disso, notou-se que as patentes depositadas se encontram inseridas, majoritariamente, nas categorias A01H (35%), C12N (30%) e A61K (10%).

Com relação à busca para a combinação “caffeine” e “biopesticide”, foram retornadas 80 patentes depositadas (Tabela 2) entre os anos de 2011 e 2020, e os maiores números de depósitos ocorreram nos anos de 2015 (15%) e 2019 (25%). Para essa combinação, notou-se novamente que os principais países depositantes foram os Estados Unidos (47%) e o PCT (33%). No que se refere à CIP, percebeu-se que os principais depósitos estão nas categorias C12N (28%) e A01N (24%).

Os resultados com a base da WIPO assemelham-se com os resultados da base do USPTO em relação ao desenvolvimento de tecnologias encontradas e o uso da cafeína nessas tecnologias. Novamente, nota-se que a cafeína não vem sendo explorada significativamente na área da agricultura para o desenvolvimento de novos materiais, por exemplo, biopesticidas. Esse fato comprova que as propriedades toxicológicas, físico-químicas e biológicas da cafeína e também de outras substâncias naturais não têm sido consideradas e estão sendo pouco exploradas como fonte de desenvolvimento de novas patentes destinadas a sanar problemas que envolvem a área agrícola (SANTOS; HANNA, 2017).

4 Considerações Finais

Com a realização das buscas na base do SciELO e do PubMed, foi possível averiguar que o potencial nematicida e larvicida da cafeína tem sido explorado nos artigos publicados, e os trabalhos científicos publicados versam sobre diversas aplicações da cafeína, testes para controle e manejo de nematódeos e pesquisas acerca do desenvolvimento de novos biopesticidas. No entanto, apenas alguns artigos reportaram a utilização da cafeína contra nematódeos e larvas que atingem culturas, demonstrando as possibilidades de exploração dessa molécula na área agrícola.

Em relação às análises dos documentos de patentes depositados nas bases do INPI, EPO, LATIPAT, USPTO e WIPO, pode-se identificar que as tecnologias desenvolvidas com a cafeína têm explorado sutilmente o potencial dessa substância como agente nematicida e larvicida, e as patentes analisadas se encontram inseridas principalmente nas classificações A01N e A61K.

Portanto, conclui-se que pouco vem sendo descrito e explorado em relação às atividades biológicas nematicida e larvicida da cafeína em estudos científicos e/ou tecnológicos, tornando a cafeína um alvo interessante para o desenvolvimento de novas pesquisas e produtos que envolvam a agricultura e a criação de biopesticidas menos agressivos para o meio ambiente e para a saúde humana, devido ao baixo custo de produção desse composto e à sua baixa toxicidade. Com isso, novas aplicações para esse composto, principalmente em relação ao seu potencial como biopesticida, podem ser explorados de maneira promissora no ramo da agricultura, contribuindo para que novos mecanismos de ação e novos aportes teóricos sobre o efeito da cafeína em organismos-modelo sejam elucidados, facilitando, assim, o desenvolvimento de novos biopesticidas para a agricultura.

5 Perspectivas Futuras

Todos os artigos e documentos patenteados, publicados nas bases científicas e tecnológicas analisadas e abordados nesta prospecção corroboram para o desenvolvimento de tecnologias que envolvem a cafeína e os biopesticidas, fomentando, assim, diversas informações sobre esses produtos para o meio industrial. Para que novos avanços na produção científica e tecnológica de biopesticidas produzidos a partir da cafeína ocorram, é necessário que as instituições públicas e privadas trabalhem em conjunto para o desenvolvimento de novas pesquisas que elucidem a participação desse alcaloide na produção de biopesticidas. É necessário também considerar que uma série de análises químicas, físicas, agrônomicas e biológicas devem ser realizadas para a produção desses materiais, tendo em vista que esses resultados podem fomentar uma melhor elucidação dos mecanismos de ação pelos quais os biopesticidas de cafeína podem agir em organismo-alvo, como os nematódeos. Para o desenvolvimento desses novos biopesticidas produzidos a partir da cafeína, é necessário que as publicações científicas e as patentes que envolvem a cafeína e a agricultura sejam analisadas criteriosamente para facilitar ou possibilitar novos “*insights*” sobre a temática, tornando possível o desenvolvimento de formulações menos tóxicas e com propriedades agroquímicas desejáveis para um biopesticida com composição de cafeína.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Paulo Sérgio de Araujo Sousa foi bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI) (Processo n. 164038/2017-5).

Referências

- ALASMARI, F. Caffeine induces neurobehavioral effects through modulating neurotransmitters. **Saudi Pharmaceutical Journal**, [s.l.], v. 28, p. 445-451, 2020.
- AMECA, G. M. *et al.* Composição química e capacidade antioxidante da polpa do café. **Ciênc. Agrotec**, [s.l.], v. 42, n. 3, p. 307-313, 2018.
- ANDRADE, A. M.; BATISTA, J. R.; SANTOS, M. S. Substrato Agrícola para a Produção de Mudanças para Jardim. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 6, n. 1, p. 91-96, 2013.
- ARCY, A. R.; SILVA, M.; CUNHA, T. L. Testes ecotoxicológicos de diferentes formulações do bioinseticida produzido na UNIVILLE submetidas ao teste de prateleira. **Eng. Sanit. Ambient**, [s.l.], v. 19, n. 4, p. 435-440, 2014.
- BRENELLI, E.; SOUZA, G. A extração de cafeína em bebidas estimulantes: uma nova abordagem para um experimento clássico em química orgânica. **Química Nova**, [s.l.], v. 26, n. 1, p. 136-138, 2003.
- CAMARGO, M. C. R.; TOLEDO, M. C. F. Teor de cafeína em cafés brasileiros. **Food Science and Technology**, [s.l.], v. 18, n. 4, p. 421-424, 1998.
- CARLOS, B. H.; ANGULO, M. G. Insecticidal and Nematicidal Contributions of Mexican Flora in the Search for Safer Biopesticides. **Molecules**, [s.l.], v. 24, n. 5, p. 01-31 2019.
- COSTA, E. L. N. *et al.* Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biologica Leopoldensia**, [s.l.], v. 26, n. 2, p. 173-85, 2004.
- DIAS, J. R. M. *et al.* O uso de Agrotóxicos na Agricultura e suas Consequências Toxicológicas e Ambientais. **Agropecuária Científica no Seminário**, [s.l.], v. 7, n. 2, 2011.
- EL-SALAMOUNY, S. *et al.* Tea, Coffee, and Cocoa as Ultraviolet Radiation Protectants for the Beet Armyworm Nucleopolyhedrovirus. **Journal of Economic Entomology**, [s.l.], v. 102, n. 5, p. 1.766-1.773, 2009.
- EPO – EUROPEAN PATENT OFFICE. **Anti-nematode peptides and methods of use thereof**. 2013. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/047598427/publication/US2013031667A1?q=pn%3DUS2013031667A1>. Acesso em: 4 jan. 2021.
- EPO – EUROPEAN PATENT OFFICE. **Methods and Compositions for Transdermal Delivery of Caffeine in the Form of Solutions or Suspensions**. 2014. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/051488542/publication/US2014256749A1?q=pn%3DUS2014256749A1>. Acesso em: 4 jan. 2021.
- FARIA, G. **Novas alternativas para controle de nematoides é desafio para a pesquisa**. 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1818006/novas-alternativas-para-controle-de-nematoides-e-desafio-para-a-pesquisa>. Acesso em: 7 abr. 2020.

FERREIRA, P. *et al.* The influence of caffeine and thymol on the survival, growth and reproduction of *Subulina octona* (Brugüiere, 1789) (Mollusca, Subulinidae). **Braz. Arco. Biol. Technol.**, [s.l.], v. 52, n. 4, p. 945-952, 2009.

GUTIÉRREZ, I. E. M. *et al.* Prospecção Científica e Tecnológica do Gênero *Ageratum*. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, n. 5, p. 1.454-1.470, 2018.

HASHEM, A.; TABASSUM, B.; ALLAN, E. F. A. Bacillus subtilis: A Plant-Growth Promoting Rhizobacterium That Also Impacts Biotic Stress. **Saude J. Biol. Sci.**, [s.l.], v. 26, n. 6, p. 1.291-1.297, 2019.

HASSAN, E.; PRIJONO, D. Plants as a source of biopesticides for pest control: a new perspective. In: GÖKCEKUS, H.; TÜRKER, U.; LaMOREAUX, J. W. (ed.). **Survival and sustainability: environmental concerns in the 21st century**. Dordrecht: Springer, 2011. p. 1.491-1.508.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Composição de Carreadores Lipídicos Nanoestruturados Naturais com Intrínseca Ação Anestésica, Bactericida, Antifúngica e Biopesticida**. 2020. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1510752&SearchParameter=BIOPESTICIDA%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 4 jan. 2021.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Composições, uso de uma composição, método para o combate dos fungos fitopatogênicos e uso dos componentes**. 2017. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1364978&SearchParameter=BIOPESTICIDA%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 4 jan. 2021.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Método para aprimorar eficácia de alimentação em ruminantes**. 2016. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1394856&SearchParameter=CAFE%CDNA%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 4 jan. 2021.

ITOYAMA, M. M.; BICUDO, H. E. M. C.; CORDEIRO, J. A. Efeitos da cafeína no índice mitótico em *Drosophila prosaltans* (Diptera). **Braz. J. Genet**, [s.l.], v. 20, n. 4, 1997.

KIM, S. I. *et al.* Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae). **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 39, n. 1, p. 11-19, 2003.

LARA, D. M. *et al.* Capacidade predadora *in vitro* de fungos nematófagos nativos de Cundinamarca em nematóides gastrointestinais de bovinos. **Rev. Med. Vet**, [s.l.], n. 31, p. 47-55, 2016.

LARANJA, A. T.; MANZATO, A. J.; BICUDO, H. E. M. C. Efeito da cafeína sobre a mortalidade e oviposição em gerações sucessivas de *Aedes aegypti*. **Rev. Saúde Pública**, [s.l.], v. 40, n. 6, p. 1.112-1.117, 2006.

LU, D.; BAIOCCHI, T.; DILLMAN, A. R. Genomics of Entomopathogenic Nematodes and Implications for Pest Control. **Trends Parasitol**, [s.l.], v. 32, n. 8, p. 588-598, 2016.

MARIA, C. A. B. M.; MOREIRA, R. F. A. Cafeína: revisão sobre métodos de análise. **Quím. Nova**, [s.l.], v. 30, n. 1, p. 99-105, 2007.

MAZZOLA, M.; FREILICH, S. Prospects for Biological Soilborne Disease Control: Application of Indigenous Versus Synthetic Microbiomes. **Phytopathology**, [s.l.], v. 107, n. 3, p. 256-263, 2017.

- MENEZES, E. L. A. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 58p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 205).
- MIZUKAWA, A. *et al.* Utilização da cafeína como traçador antrópico em rios urbanos. **RBRH**, [s.l.], v. 24, 2019.
- MOSSA, A. T. H. Green Pesticides: Essential Oils as Biopesticides in Insect-pest Management. **J. Environ. Sci. Technol.**, [s.l.], v. 9, n. 5, p. 354-378, 2016.
- NUTELS, L. M. *et al.* Prospecção Tecnológica do “Coffee” e “Green Coffee”: análise de patentes na área alimentícia e área da saúde. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, n. 2, p. 596-614, 2018.
- PEREIRA, G. F. **Otimização do crescimento de células Sf-9 em biorreator visando à produção de biopesticida.** 2017. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- PETRY, J. F. *et al.* Inovação e Difusão de Tecnologia na Agricultura de Várzea na Amazônia. **Revista de Administração Contemporânea**, [s.l.], v. 23, n. 5, p. 619-635, 2019.
- PIGNATI, W. Uso de agrotóxicos no Brasil: perspectiva da saúde do trabalhador e ambiental. **Rev. Bras. Med. Trab.**, [s.l.], v. 16, p. 1-44, 2018.
- PINTO, N. B. *et al.* Potencial ovicida e larvicida de *Rosmarinus officinalis* para controle de nematódeos gastrintestinais de ovinos. **Rev. Bras. Parasitol. Vet.**, [s.l.], v. 28, n. 4, p. 807-811, 2019.
- SALAS, R. Z. *et al.* Atividade anti-helmíntica in vitro de extratos oleosos de *Azadirachta indica* e extratos aquosos de *Nicotiana tabacum* em nematóides gastrointestinais de cabras. **Rev. Med. Vet.**, [s.l.], n. 26, p. 25-36, 2013.
- SANTOS, A. F. J.; HANNA, S. A. Prospecção Tecnológica de patentes na produção de bioinoculantes e biofertilizantes. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 10, n. 2, p. 300-314, 2017.
- SARAIVA, I. Z. *et al.* Reinventando Modos de Trabalho na Agricultura Mecanizada: desenvolvimento de um novo produto para tratores com aumento da eficiência produtiva e melhoria da qualidade de vida no trabalho. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, n. 5, p. 1.672-1.683, 2018.
- SIHLER, W. *et al.* Infectividade in vitro de *Spodoptera frugiperda* múltiplos *nucleopolyhedrovirus* a diferentes linhas celulares de insetos. **Pesq. Agropec. Bras.**, [s.l.], v. 53, n. 1, p. 1-9, 2018.
- SILVA, R. S. N.; TOIGO, A. M. Os efeitos do uso concomitante de cafeína e creatina nos exercícios físicos. **Rev. Aten. Saúde**, [s.l.], v. 14, n. 47, p. 89-98, 2016.
- SMANT, G.; HELDER, J.; GOVERSE, A. Parallel Adaptations and Common Host Cell Responses Enabling Feeding of Obligate and Facultative Plant Parasitic Nematodes. **Plant J.**, [s.l.], v. 93, n. 4, p. 676-702, 2018.
- SOUSA, P. S. A.; RODRIGUES, M. G.; ALVARENGA, E. M. Prospecção Tecnológica, com Ênfase nas Atividades Biológicas Nematicida e Larvicida, do Óleo Essencial do Cravo-da-Índia e do Eugenol. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 1, p. 154-170, 2020.
- TURNBULL, D. *et al.* Caffeine and cardiovascular health. **Regul Toxicol Pharmacol**, [s.l.], v. 89, p. 165-185, 2017.

XAVIER, W. P. *et al.* Produção de biopesticidas para o controle ecológico de pragas agrícolas em hortas orgânicas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, [s.l.], v. 12, n. 4, p. 2808-2813, 2018.

Sobre os Autores

Paulo Sérgio de Araujo Sousa

E-mail: psergio.araujosousa@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8764-4455>

Licenciado em Química pelo Instituto Federal do Piauí campus Cocal em 2020.

Endereço profissional: Rodovia PI 213, km 21, Zona Rural, Cocal, PI. CEP: 64235-000.

Marciele Gomes Rodrigues

E-mail: marcielerodrigues01@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9682-608X>

Licenciada em Química pelo Instituto Federal do Piauí campus Cocal em 2020.

Endereço profissional: Rodovia PI 213, km 21, Zona Rural, Cocal, PI. CEP: 64235-000.

Mayara Sousa dos Santos

E-mail: sousamayara469@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4195-6693>

Licencianda em Química pelo Instituto Federal do Piauí campus Cocal em 2021.

Endereço profissional: Rodovia PI 213, km 21, Zona Rural, Cocal, PI. CEP: 64235-000.

Williana Silva de Oliveira

E-mail: willy23silva.oliveira@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3325-1290>

Licencianda em Química pelo Instituto Federal do Piauí campus Cocal em 2021.

Endereço profissional: Rodovia PI 213, km 21, Zona Rural, Cocal, PI. CEP: 64235-000.

Cleane da Silva Machado

E-mail: cleane.s.machado@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0262-1014>

Licencianda em Química pelo Instituto Federal do Piauí campus Cocal em 2021.

Endereço profissional: Rodovia PI 213, km 21, Zona Rural, Cocal, PI. CEP: 64235-000.

Maria Alice de Sousa Vieira

E-mail: mariaalicevieira892@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4487-3527>

Licencianda em Química pelo Instituto Federal do Piauí campus Cocal em 2021.

Endereço profissional: Rodovia PI 213, km 21, Zona Rural, Cocal, PI. CEP: 64235-000.

Janaína Oliveira da Silva

E-mail: naynaoliver2000@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7937-0404>

Licencianda em Química pelo Instituto Federal do Piauí campus Cocal em 2021.

Endereço profissional: Rodovia PI 213, km 21, Zona Rural, Cocal, PI. CEP: 64235-000.

Francilene Cardoso

E-mail: francardosogtv2@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6800-3684>

Licencianda em Química pelo Instituto Federal do Piauí campus Cocal em 2021.

Endereço profissional: Rodovia PI 213, km 21, Zona Rural, Cocal, PI. CEP: 64235-000.

Elenice Monte Alvarenga

E-mail: elenice_ma@hotmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7075-5092>

Doutora em Biotecnologia pela Universidade Federal do Piauí em 2017.

Endereço profissional: Rodovia PI 213, km 21, Zona Rural, Cocal, PI. CEP: 64235-000.