

Efeito alelopático do extrato etanólico das folhas de *Caryocar coriaceum* Wittm. sobre a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de *Lactuca sativa* L.

Maria da Saúde da Silva^{1*}, Paulo Henrique Oliveira de Miranda², Patrícia Menezes Costa Maciel³, Robson Lourenço da Silva Santos⁴, Katya Maria Oliveira de Sousa⁵, Andréa Monteiro Santana Silva Brito⁶, Irwin Rose Alencar de Menezes⁷, Rogério de Aquino Saraiva⁸

1. Graduada em Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Brasil. (*Autor correspondente: mariadasaudeasilva8@gmail.com)

2. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

3. Mestra em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Brasil.

4. Graduando em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Brasil.

5. Doutora em Ciências (Bioquímica) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

6. Doutora em Química Analítica pela Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

7. Pós-doutor em Bioquímica e Toxicologia pela Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

8. Doutor em Ciências Biológicas / Bioquímica Toxicológica pela Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 01/05/2021 – Revisado em: 27/06/2021 – Aceito em: 30/08/2021

RESUMO

Caryocar coriaceum Wittm (Caryocaraceae), uma espécie endêmica do Brasil, apresenta importância econômica devido a seus frutos que são amplamente utilizados na alimentação e na medicina tradicional. Diversas pesquisas demonstram um conjunto de atividades biológicas desta planta. Entretanto, estudos com foco no efeito das moléculas bioativas de *C. coriaceum* sobre outras espécies de plantas são escassos. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito alelopático do extrato hidroetanólico das folhas de *C. coriaceum* (EFCC) sob a germinação e desenvolvimento inicial de alface (*Lactuca sativa* L.). Sementes de alface foram cultivadas em placas de Petri a 25°C e foram tratadas com o EFCC nas concentrações entre 0,1–10.000 mg L⁻¹. A composição química do extrato utilizado foi previamente caracterizada por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), revelando a presença de rutina, quercetina, ácido clorogênico, ácido cafeico e ácido gálico. O efeito alelopático do extrato foi avaliado de acordo com a influência do extrato na germinação, percentual de sementes germinadas, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da radícula e do hipocótilo, índice de tolerância (IT) e o vigor das plântulas. Os resultados indicaram que, nas concentrações de até 100 mg L⁻¹ de EFCC, nenhuma anormalidade foi observada em comparação ao grupo controle (tratado apenas com água destilada). No entanto, o EFCC pode afetar negativamente o desenvolvimento inicial das plântulas alface em concentrações acima de 1.000 mg L⁻¹. Por outro lado, foi observado um aumento significativo no comprimento da radícula em 15% (P < 0,05 vs controle) no grupo tratado com 10 mg L⁻¹ de EFCC. Juntos, esses dados podem fornecer informações adequadas para orientar o manejo correto de árvores de *C. coriaceum* próximas a áreas de cultivo de hortaliças.

Palavras-Chave: Desenvolvimento vegetal; ecologia química; germinação de plantas; interação planta-planta; produtos naturais.

Allelopathic effect of ethanolic extract of *Caryocar coriaceum* Wittm. on seed germination and initial development of *Lactuca sativa* L. seedlings.

ABSTRACT

Caryocar coriaceum Wittm (Caryocaraceae) is a brazilian endemic plant with economic significance since its fruit is widely appreciated as food and in traditional medicine. Although studies have demonstrated a set of biological activities from this plant, however, studies focusing the relation between *C. coriaceum* bioactive molecules over another plant species are scarce. Thus, this paper aims to evaluate the allelopathic effect of the *C. coriaceum* hydroethanolic leaf extract (CCLE) under the germination and initial development of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Lettuce seeds were cultivated in Petri dishes at 25 °C and treated with CCLE at concentrations ranging from 0,1–10.000 mg L⁻¹. The extract was previously characterized by High Performed Liquid Chromatography (HPLC), revealing the presence of rutin, quercetin, chlorogenic acid, caffeoyl acid and gallic acid. The allelopathic effect of the extract was evaluated according to the influence of the extract on germination, percentage of germinated seeds, germination velocity index (IVG), radicle and hypocotyl length, tolerance index (IT) and the vigor of the seedlings. The results indicated that, at concentrations up to 100 mg L⁻¹ of CCLE, no abnormality was observed in comparison to the control group (treated only with distilled water). However, CCLE can negatively affect the initial development of lettuce seedlings in concentrations above 1.000 mg L⁻¹. On the other hand, a significant increase in radicle length was observed in 15% (P < 0,05 vs control) in the group treated with 10 mg L⁻¹ of CCLE. Together, these data can provide adequate information to orient the correct management of *C. coriaceum* trees near vegetable cultivation areas.



Chromatography, revealing the presence of rutin, quercetin, chlorogenic acid, caffeic acid and gallic acid. The allelopathic effect was evaluated according to the extract influence under germination, number of germinated seeds, speed germination index, radicle and hypocotyl length, tolerance index, and seedlings vigor. The results suggest that, the concentrations equal or inferior to 100 mg L⁻¹ of CCLE, no abnormality was observed, when compared to the control group (treated with distilled water only). However, the CCLE could affect the development of lettuce seedling in concentration superior to 1.000 mg L⁻¹. On the other hand, a significant increase in radicle length, of 15%, in radicle length (P<0.05) in the group treated with 10 mg L⁻¹ of CCLE. Taken together, our data can provide information to guide the correct management of *C. coriaceum* trees next to vegetable farming.

Keywords: Vegetable development; chemical ecology; plant germination; plant-plant interaction; natural products.

1. Introdução

A alelopatia é definida como um tipo de relação ecológica que ocorre entre duas espécies de plantas em um mesmo ambiente e, nesse tipo de interação, uma planta libera moléculas que podem interferir de forma positiva ou negativa no desenvolvimento e sobrevivência de outra planta (Amoo et al., 2008). Essas moléculas são denominadas aleloquímicos e sua biossíntese pode ocorrer em função de diferentes estímulos ambientais, a fim de favorecer sua capacidade de sobrevivência ao meio. Dependendo do mecanismo de defesa, os aleloquímicos podem ser sintetizados em órgãos específicos como raízes e/ou folhas, mas também podem estar presentes em frutos ou caule (Kruse et al., 2000; Croteau et al., 2000; Trezzi et al., 2016; Jabran, 2017).

O gênero *Caryocar* (Caryocaraceae) compreende um conjunto de plantas neotropicais com frutos oleaginosos de grande importância na alimentação humana e animal (Cavalcanti et al., 2015). A espécie *Caryocar coriaceum* Wittm é uma planta proveniente de áreas de cerrado e savana do nordeste brasileiro, conhecida popularmente como pequi ou pequi do nordeste. Esta planta se destaca por possui importância econômica, devido a seus frutos que são ricos em ácidos graxos insaturados e vitaminas antioxidantes, sendo muito apreciado como alimento e na medicina tradicional. O óleo obtido da polpa da fruta (óleo de pequi) é popularmente utilizado para tratar inflamações de garganta e pele (Saraiva et al., 2011; Cavalcanti et al., 2015). Além disso, o extrato hidroetanólico das folhas da árvore de *C. coriaceum* é fonte de biomoléculas como flavonóides e ácidos fenólicos (Araruna et al., 2013).

A literatura descreve várias propriedades farmacológicas de *C. coriaceum* Wittm, incluindo atividade anti-inflamatória, antinociceptiva, antimicrobiana, cicatrizantes e hipolipêmica (Saraiva et al., 2011; Araruna et al., 2013; Figueiredo et al., 2016). Entretanto, estudos sobre o possível impacto causado por *C. coriaceum*, em outras espécies vegetais são escassos. O conhecimento sobre o efeito alelopático de plantas nativas é essencial para o desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis, visto que estes fornecem informações importantes sobre o manejo correto de plantas próximas a áreas de cultivo, bem como permite subsidiar novas alternativas ao controle de pragas ou ervas daninhas (Gianinazzi et al., 2010).

Considerando a importância econômica do gênero *Caryocar* e a necessidade de se avaliar a relação planta-planta para determinar um melhor planejamento no cultivo de hortaliças que podem coexistir com plantas nativas, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do extrato hidroetanólico das folhas de *C. Coriaceum* sob a germinação e desenvolvimento inicial da alface (*Lactuca sativa* L.).

2. Seção experimental

2.1 Coleta do material botânico

As folhas de *Caryocar coriaceum* foram coletadas na chapada do Araripe, município do Crato, Estado do Ceará, Brasil (S 7 ° 21'53,1 "; W 39 ° 28'42,6"). Para confirmação da espécie, uma exsiccata foi preparada, identificada e depositada no Herbário Prisco Bezerra (Universidade Federal do Ceará, Brasil) sob o número 44523.

2.2 Obtenção do extrato das folhas

Para a obtenção do extrato das folhas de *C. coriaceum* (EFCC), 500 g de folhas secas foram lavadas, maceradas e postas em contato com etanol e água a (1:1) por 72 h em frasco âmbar à temperatura ambiente. Posteriormente, o conteúdo do frasco foi filtrado e o solvente removido sob baixa pressão a 50°C em um rotaevaporador e em seguida liofilizado. O pó resultante foi mantido em freezer, a -20°C, até a realização dos ensaios. A qualificação química do extrato foi realizada por Araruna et al. (2013), pelo método de cromatografia líquida de alta eficiência acoplado a espectrofotômetro de massa, revelando a presença de cinco compostos.

2.3 Montagem do experimento e aplicação dos tratamentos

As sementes de *Lactuca sativa* L. (cultivar Monica SF 31, Feltrin®, Farroupilha, Brasil) foram previamente submersas em solução de hipoclorito de sódio a 3% (v/v) por 10 min seguidas de enxágue com água destilada e posteriormente foram semeadas em placas de Petri esterilizadas (9 cm de diâmetro) contendo papel filtro qualitativo (Nalgon) como substrato (25 sementes por réplica). Para evitar o desenvolvimento de fungos, a semeadura foi realizada em condições assépticas dentro de uma cabine de fluxo laminar com luz ultravioleta. Após a semeadura, as placas de Petri foram tratadas com 3 mL de solução EFCC diluída em solução aquosa de DMSO 0,5% (v/v) em concentrações que variaram de 0,1 mg L⁻¹ a 10.000 mg L⁻¹. O grupo controle recebeu DMSO a 0,5% (v/v) em água destilada. Estudos prévios do nosso grupo demonstram que o tratamento com DMSO 0,5% (v/v) não é capaz de afetar significativamente o desenvolvimento de plântulas de alface quando comparados com o grupo tratado apenas com água destilada, todos no volume de 3 mL (dados não mostrados). Após a aplicação das soluções, as placas de Petri foram fechadas com Parafilm M® e colocadas em câmara de crescimento com demanda bioquímica de oxigênio (Fanem, Brasil), sob temperatura controlada de 25 ± 1°C e fotoperíodo de 12 h luz – 12 h escuro, durante sete dias. Os tratamentos foram dispostos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento e cada réplica com 25 sementes.

2.4 Avaliação do efeito alelopático

O número de sementes germinadas foi contado diariamente para calcular a porcentagem de sementes germinadas (%SG) e o índice de velocidade de germinação (IVG) de acordo com Maguire (1962). As plântulas foram consideradas germinadas quando a radícula das sementes atingiu 1 mm ou mais de comprimento.

$$IVG = \sum_{i=1}^n \frac{ng_i}{i} \quad (1)$$

ng = número de sementes germinadas; i = dia atual da contagem

Após sete dias, 10 plântulas foram retiradas das placas de Petri de forma aleatória e o comprimento da radícula e do hipocótilo foram medidos com um paquímetro. Estes dados foram utilizados para cálculo do índice de tolerância ao extrato (IT), seguindo a metodologia de Turner e Marshall (1972) e o índice de vigor (IV) de acordo com Abdul-Baki e Anderson (1973).

$$IT = 1 + \text{Log}_{10} \left(\frac{Co}{Ce} \right) \quad (2)$$

Ce = Comprimento do grupo controle; Co = Comprimento do grupo tratado;

$$IV = Cr \times ng \quad (3)$$

Cr = comprimento da raiz; ng = número de sementes germinadas

2.5 Análise estatística

Os valores foram expressos como média \pm desvio padrão de quatro repetições. Cada repetição consistiu em média de 10 mudas. A comparação entre os tratamentos foi avaliada por análise de variância (ANOVA) de uma via, seguida do teste de Tukey, utilizando o programa estatístico GraphPad Prisma. Diferenças entre as médias em $p < 0,05$ foram aceitas como estatisticamente significativas.

3. Resultados e discussão

De acordo com os dados obtidos o extrato das folhas de *Caryocar coriaceum* EFCC, em concentrações de até 100 mg L^{-1} , não interferiu na germinação e nem no desenvolvimento inicial das plântulas de alface (Tabela 1), quando comparado com o grupo controle, sugerindo que o EFCC, nessas concentrações, é considerado seguro para práticas agrícolas.

Por outro lado, foi constatado que o EFCC pode afetar negativamente o desenvolvimento inicial da alface nas concentrações de 1.000 mg L^{-1} e 10.000 mg L^{-1} quando comparado ao grupo controle (Tabela 1), chegando a apresentar necrose (um importante sinal de fitotoxicidade) (Figura 1) nas radículas. O EFCC na concentração de 10.000 mg L^{-1} reduziu o comprimento radicular em 92,5% em comparação ao grupo controle ($p < 0,05$), afetando também o percentual de sementes germinadas e o IVG (Tabela 1). Embora o EFCC na concentração de 1.000 mg L^{-1} não tenha interferido no número de sementes germinadas e no IVG, ($p < 0,05$, Tabela 1), o comprimento radicular foi afetado negativamente em 21%, o que influencia diretamente no vigor das plântulas e no seu índice de tolerância.

Figura 1: Plântulas tratadas com EFCC na concentração de 10.000 mg L^{-1} apresentando necrose radicular



Curiosamente, notou-se um aumento significativo de 15% ($p < 0,05$) no comprimento radicular no grupo tratado com 10 mg L^{-1} de EFCC quando comparado ao controle, sugerindo um efeito alelopático positivo nessa concentração (Tabela 1). No entanto, esse aumento não influenciou significativamente o IT e o IV, porém, tendo em mente que o período de experimentação foi de 7 dias, muito possivelmente esse aumento positivo no comprimento radicular influenciaria diretamente no desenvolvimento desta plântula até a fase adulta, podendo melhorar, a longo prazo, os parâmetros avaliados.

Tabela 1 - Porcentagem de sementes germinadas (%G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimentos de radícula e hipocótilo, índice de tolerância (IT) e o índice de vigor (V) determinada durante a germinação e desenvolvimento inicial da alface (*Lactuca sativa* L.) mudas expostas a diferentes concentrações de extratos hidroetanólicos de *Caryocar coriaceum* (EFCC) após sete dias.

[EFCC] mg L ⁻¹	%G (%)	IVG	Comprimento radicular (cm)	Comprimento do hipocótilo (cm)	IT	V
0	97 a	0,87 a	5,87 ± 1,26 a	0,37 ± 0,04 a	1,00 ± 0,03 a	142,40 ± 12,55 a
0,1	98 a	0,90 a	6,20 ± 1,72a	0,37 ± 0,05a	1,01 ± 0,10 a	152,10 ± 38,23 a
1	98 a	0,88 a	5,99 ± 1,27 a	0,39 ± 0,06 a	1,01 ± 0,03 a	146,80 ± 9,86 a
10	94 a	0,86 a	6,75 ± 1,04 b	0,37 ± 0,05 a	1,06 ± 0,04 a	159,20 ± 24,02 a
100	98 a	0,87 a	6,31 ± 1,02 a	0,42 ± 0,05 a	1,03 ± 0,04 a	154,40 ± 13,19 a
1.000	98 a	0,86 a	4,63 ± 0,97 c	0,39 ± 0,06 a	0,90 ± 0,03 b	111,40 ± 10,76 b
10.000	89 b	0,31 b	0,44 ± 0,31 d	0,62 ± 0,14 b	-0,13 ± 0,05 c	9,80 ± 1,52 c

Os valores são média ± desvio padrão de quatro repetições. Os números seguidos por letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa (P <0,05) por One-Way ANOVA e teste de Tukey.

Os aleloquímicos (compostos fenólicos) identificados por CLAE encontram-se na Tabela 2, publicados anteriormente por Araruna et al. (2013). A rutina foi identificada como composto majoritário (68,1 ± 0,04 mg g⁻¹), seguido pelo ácido clorogênico (31,4 ± 0,26 mg g⁻¹) e quercetina (26,9 ± 0,17 mg g⁻¹). Os ácidos cafeico e gálico também foram identificados em menores concentrações (Tabela 2).

Tabela 2 - Aleloquímicos (compostos fenólicos) identificados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) no extrato hidroetanólico de *Caryocar coriaceum* (EFCC).

Classe de composto fenólico	Composto	Concentração (mg g ⁻¹)
Flavonoides	Rutina	68,1 ± 0,04 a
	Quercetina	26,9 ± 0,17 b
Ácidos fenólicos	Ácido clorogênico	31,4 ± 0,26 c
	Ácido cafeico	18,7 ± 1,02 d
	Ácido gálico	19,0 ± 0,15 d

Fonte: Araruna et al. (2013)

Os valores são média ± desvio padrão de três repetições. Os números seguidos por letras iguais na mesma coluna não são significativamente diferentes (P <0,05) por One-Way ANOVA e teste de Tukey.

De acordo com Golisz et al. (2007), o ácido gálico possui um efeito inibitório sobre a radícula de plântulas de alface, assim como o ácido cafeico. Em seus experimentos, os autores detectaram concentrações capazes de inibir o comprimento da radícula em 50%, sendo estas concentrações 38 e 44 mg kg⁻¹ de ácido gálico e ácido cafeico, respectivamente. Além disso, a rutina e o ácido clorogênico também demonstraram possui efeito alelopático, demandando concentrações mais altas quando comparados ao ácido gálico e ao ácido cafeico, com IC₅₀ de 88 e 86 mg kg⁻¹ respectivamente (Golisz et al., 2007).

Os compostos fenólicos têm um papel importante no mecanismo de defesa e de sobrevivência das plantas (John e Sarada, 2012). Sabe-se que os compostos fenólicos identificados no EFCC apresentam

propriedades antioxidantes, sendo capaz de sequestrar espécies reativas de oxigênio (EROs), que desencadeiam efeitos tóxicos no organismo (Huyut et al., 2017). Ainda assim, estas moléculas podem atuar como aleloquímicos, pois uma vez liberadas no solo, são capazes de estimular ou inibir o desenvolvimento das plantas, dependendo de sua disponibilidade e concentração (Cesco et al., 2012).

Em concentrações mais baixas, os compostos fenólicos promovem o crescimento celular, agem como antioxidantes naturais, que por sua vez pode otimizar a atividade enzimática e impedir a desnaturação proteica e de transportadores de elétrons (Almeida et al., 2008). Estes fatores podem estar envolvidos no aumento do comprimento radicular observado nas plântulas tratadas com a concentração de 10 mg L⁻¹ do EFCC.

Por outro lado, em concentrações mais elevadas, os compostos fenólicos alteram a pressão osmótica nas células das raízes, inibem o alongamento da raiz, além de inibir o processo de divisão celular, atuam também no funcionamento da bomba de ATP, levando a uma hiperpolarização da membrana celular, interferindo diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas (Almeida et al., 2008; John e Sarada, 2012). Esses fatos podem explicar por que o EFCC inibe o desenvolvimento da alface em concentrações iguais e superiores a 1.000 mg L⁻¹

4. Conclusões

Com base nos dados obtidos, o EFCC foi capaz de induzir efeitos tóxicos a partir da concentração de 1.000 mg L⁻¹, diminuindo o comprimento da raiz, e na concentração de 10.000 mg L⁻¹ do EFCC, esses efeitos tóxicos foram mais severos, visto que a sobrevivência das plântulas foi totalmente comprometida devido a presença de necrose radicular. Porém na concentração de 10 mg mL⁻¹ foi possível observar um aumento do desenvolvimento das radículas das plantas, o que pode fornecer indícios de que, a longo prazo, nessa concentração, o EFCC possa induzir um melhor desenvolvimento de plantas de alface até a fase adulta. Por fim, as informações obtidas a partir do presente estudo também podem orientar os horticultores para o manejo correto da alface e outras hortaliças próximas a árvores de *Caryocar*, de forma a minimizar as perdas na produção agrícola.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Grupo de Análise Química (GIAQ / UAST / UFRPE), ao NUQAAPE / FACEPE (PRONEX/NUQAAPE (APQ-0346-1.06/14) e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, ambos da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001, Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) - Código Financeiro BPI, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Financiadora de Estudos e Projetos - Brasil (FINEP).

6. Referências

Abdul-Baki, A.A.; Anderson, J.D. (1973). Relationship between decarboxylation of glutamic acid and vigour in soybean seeds. **Crop science**. v. 13.. p. 222-226.

Almeida, L.F.R.; Delachiave, M.E.; Sannomiya, M.; Vilegas, W.; Campaner dos Santos, L.; Mancini, E., & De Feo, V. (2008). In vitro allelopathic potential of *Leonurus sibiricus* L. leaves. **Journal of Plant Interactions**, 3(1), 39-48.

Amoo, S.O.; Ojo, A.U., & Van Staden, J. (2008). Allelopathic potential of *Tetrapleura tetraptera* leaf extracts on early seedling growth of five agricultural crops. **South African Journal of Botany**, v. 74, n. 1, p. 149–152.

Araruna, M.K.A.; Santos, K.K.A.; Da Costa, J.G.M.; Coutinho, H.D.M.; Boligon, A.A.; STEFANELLO, S.T.; ATHAYDE, M.L. & SARAIVA, R.A.; Rocha, J.B.T.; (2013). Kerntopf, M.R.; Menezes, I.R.A. Phenolic composition and in vitro activity of the Brazilian fruit tree *Caryocar coriaceum* Wittm. **European Journal of Integrative Medicine**. v. 5. p. 178–183.

Cavalcanti, M.C.B.T.; Campos, L.Z.; Sousa, R.S. & Albuquerque, U.P. (2015). Pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm., *Caryocaraceae*) oil production: a strong economically influenced tradition in the Araripe region, northeastern Brazil. **Ethnobot. Res. Appl.** v. 13. p. 437-452.

Cesco, S.; Mimmo, T.; Tonon, G.; Tomasi, N.; Pinton, R.; Terzano, R.; Neumann G.; Weisskopf, L.; Renella, G. Landi, L. & Nannipieri, P. (2012). Plant-borne flavonoids released into the rhizosphere: impact on soil bio-activities related to plant nutrition. **A review. Biology and fertility of soils**. v. 28. p. 123-149.

Croteau, R.; Kutchan, T.M.; Lewis, N.G. (2000). Natural products (secondary metabolites). In: Buchanan, B.; Gruissem, W.; Jones, R. *Biochemistry & molecular biology of plants*. Rockville: **American Society of Plant Physiologists**.

Figueiredo, P. R. L.; Oliveira, I. B.; Neto, J. B. S.; de Oliveira, J. A.; Ribeiro, L. B.; de Barros Viana, G. S., & Coutinho, H. D. M. (2016). *Caryocar coriaceum* Wittm.(Pequi) fixed oil presents hypolipemic and anti-inflammatory effects in vivo and in vitro. **Journal of ethnopharmacology**, v.191. p.87-94.

Gallet, C.; Pellissier, F. (1997). Phenolic compounds in natural solutions of a coniferous forest. **Journal of Chemical Ecology**. p. 2401-2412.

Gianinazzi, S.; Gollotte, A.; Binet, M. N.; van Tuinen, D.; Redecker, D., & Wipf, D. (2010). Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. **Mycorrhiza**, v.20 (8), p.519-530.

Golisz, A., Lata, B.; Gawronski, S. W.; & Fujii, Y. (2007). Specific and total activities of the allelochemicals identified in buckwheat. **Weed Biology and Management**, 7(3), p.164-171.

Gusman, G.S.; Yamagushi, M.Q., & Vestena, S. (2011). Potencial alelopático de extratos aquosos de *Bidens pilosa* L., *Cyperus rotundus* L. e *Euphorbia heterophylla* L. *Iheringia*, **Sér. Bot.** 66(11), p. 87 98.

Huyut, Z.; Beydemir, Ş.; Gülçin, İ. (2017), Propriedades antioxidantes e anti-radicaís de flavonóides selecionados e compostos fenólicos. **Biochemistry research international**, v. 2017.

Jabran, K. (2017). Allelopathy: introduction and concepts. In: Manipulation of allelopathic crops for weed control. Springs Briefs in plant sciences, **Springer International Publishing AG**, Switzerland. p.12.

John, J., & Sarada, S. (2012). Role of phenolics in allelopathic interactions. **Allelopathy Journal**, 29(2).

Kruse, M; Strandberg, M., (2000). Strandberg, B. Ecological Effects of Allelopathic Plants – a Review. p.1-66.

Maguire, J. D ., (1962). Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop science**. p. 176–177.

Miranda, P H. O.; Maciel, P. M. C.; Albuquerque, Y. A. P., Silva, M. S.; Aquino, R. A. (2019). Perfil químico e atividades biológicas do gênero *Caryocar*: Uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**. v. 7. p. 131 – 152.

Saraiva, R. A.; Araruna, M. K.; Oliveira, R. C.; Menezes, K. D.; Leite, G. O.; Kerntopf, M. R.; & Menezes, I. R. (2011). Topical anti-inflammatory effect of *Caryocar coriaceum* Wittm.(Caryocaraceae) fruit pulp fixed oil on mice ear edema induced by different irritant agents. **Journal of ethnopharmacology**, 136(3), 504-510.

Taylor, L.P.; Grotewold, E. (2005). Flavonoids as developmental regulators. **Current opinion in Plant Biology**. v. 8. p.317-323.

Tigre, R.C.; Silva, N.H.; Santos, M.G.; Honda, N.K.; Falcao, E.P.S.; Pereira, E.C. (2012) Allelopathic and bioherbicidal potential of *Cladonia verticillaris* on the germination and growth of *Lactuca sativa*. **Ecotoxicology and Environmental safety**. n. 84. 2012. p. 125-132.

Trezzi, M.M.; Vidal, R.A.; Balbinot Junior, A.A.; Bittencourt, H.H.; Souza Filho, A.P.S.,(2016). Allelopathy: driving mechanisms governing its activity in agriculture. **Journal of plant interactions**. v. 11. p. 53-60.

Turner, R.C.; Marshal, C., (1972).Accumulation of Zinc by sub-cellular fraction of root of *Agrotis tennis* Sibith in relation to Zinc tolerance. **New phytologist**. v. 71. p. 671-676.