

**Potencial citogenotóxico de *Byrsonima crassifolia* (murici),
Malpighiaceae**

**Cytogenotoxic potential of *Byrsonima crassifolia* (murici),
Malpighiaceae**

DOI:10.34117/bjdv7n3-828

Recebimento dos originais: 08/02/2021

Aceitação para publicação: 31/03/2021

Jonis Franklin Leite dos Santos

Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Alta Floresta, MT, Brasil
E-mail: jonisfranklin@hotmail.com

Elisa dos Santos Cardoso

Doutoranda na Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazonia Legal, PPG-BIONORTE, Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Alta Floresta, MT, Brasil
E-mail: elisabyo@gmail.com

Ingridys Regina B. dos Santos

Graduanda em Ciências Humanas, pela Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Sinop, Mato Grosso, Brasil
E-mail: ingridysregina@outlook.com

Guilherme Ferreira Pena

Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Alta Floresta, MT, Brasil
E-mail: penabio2@gmail.com

Eliane Cristina Moreno de Pedri

Doutoranda na Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazonia Legal, PPG-BIONORTE, Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Alta Floresta, MT, Brasil
E-mail: elicmbio@gmail.com

Denise Borkenhagen dos Santos

Especialista em Psicopedagogia pela Universidade Federal de Mato Grosso Campus de Cuiabá, MT, Brasil.
E-mail: borkenhagensantos@hotmail.com

Auana Vicente Tiago

Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia
Bolsista PNPD no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, PPGBioAgro - Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Alta Floresta, MT, Brasil.
E-mail: auana_bio@hotmail.com

Kelli Évelin Muller Zortéa

Doutoranda na Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazonia Legal, PPG-BIONORTE, Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Alta Floresta, MT, Brasil

E-mail: kellimuller@hotmail.com

Ísis Caroline B. dos Santos

Graduanda em Ciências Exatas, pela Universidade Estadual de Mato Grosso, Campus de Sinop, Mato Grosso, Brasil

E-mail: isiscarolinesnp@gmail.com

Ana Aparecida Bandini Rossi

Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade do Estado do Mato Grosso – UNEMAT, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias. Laboratório de Genética Vegetal e Biologia Molecular, Campus de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil. PGMP. PPGBioAgro. PPGBionorte/MT

E-mail: anabanrossi@unemat.br

RESUMO

Substâncias potencialmente tóxicas podem estar presentes tanto em alimentos como em fitoterápicos tradicionais e seus efeitos estão relacionados a fatores como: frequência, quantidade e tempo. Dentre as diversas espécies botânicas com potencial terapêutico, destaca-se *Byrsonima crassifolia*, Malpighiaceae, popularmente conhecida como muricizeiro, sendo que suas folhas e cascas são utilizadas na medicina popular para tratar tosses, dermatoses fúngicas, diarreia e mordida de cobra. O estudo teve como objetivo avaliar o potencial citogenotóxico de extratos aquosos de folhas e cascas de *B. crassifolia* sobre o ciclo celular de *Allium cepa*. O teste *Allium cepa* foi realizado pelo método descontínuo e, após o enraizamento, os bulbos foram submetidos à extratos aquosos (infuso e decocto) da casca e da folha de *B. crassifolia*, em cinco concentrações. A água destilada foi utilizada como controle negativo e o glifosato 1%, como controle positivo. O experimento foi conduzido em DIC (delineamento inteiramente casualizado) e em câmara de germinação, na ausência de luz e em temperatura controlada. A avaliação foi realizada a partir de parâmetros macroscópico (comprimento da raiz) e microscópicos (índice mitótico e alterações cromossômicas). Os extratos aquosos da casca e folha de *B. crassifolia* promoveram redução significativa no comprimento das raízes e no índice mitótico das células meristemáticas de *A. cepa*, enquanto a frequência de aberrações cromossômicas ou anormalidades nas fases da divisão celular foi baixa. *B. crassifolia* possui atividade antiproliferativa e citotóxica. Os extratos aquosos da casca e folha apresentaram efeito citotóxico no **comprimento do sistema radicular**, reduzindo o índice mitótico nas células meristemáticas de *A. cepa* em função do aumento nas concentrações.

Palavras-chave: Extratos aquosos, Índice mitótico, *Allium cepa*, Concentrações.

ABSTRACT

Potentially toxic substances can be present in both foods and traditional herbal medicines and their effects are related to factors such as: frequency, quantity and time. Among the several botanical species with therapeutic potential, *Byrsonima crassifolia*, Malpighiaceae, popularly known as muricizeiro, stands out, and its leaves and barks are used in folk medicine to treat coughs, fungal dermatoses, diarrhea and snake bite. To evaluate the cytogenotoxic potential of aqueous extracts of leaves and bark of *B. crassifolia* on the cell

cycle of *Allium cepa*. The *Allium cepa* test was performed by the batch method and, after rooting, the bulbs were subjected to aqueous extracts (infusion and decoction) of the bark and leaf of *B. crassifolia*, in five concentrations. Distilled water was used as a negative control and glyphosate 1% as a positive control. The experiment was conducted in DIC (completely randomized design) and in a germination chamber, in the absence of light and at controlled temperature. The evaluation was carried out using macroscopic (root length) and microscopic (mitotic index and chromosomal alterations) parameters. The aqueous extracts of the bark and leaf of *B. crassifolia* promoted a significant reduction in the length of the roots and in the mitotic index of the meristematic cells of *A. cepa*, while the frequency of chromosomal aberrations or abnormalities in the phases of cell division was low. *B. crassifolia* has antiproliferative and cytotoxic activity. The aqueous extracts of the bark and leaf showed a cytotoxic effect on the length of the root system, reducing the mitotic index in the meristematic cells of *A. cepa* due to the increase in concentrations.

Key words: Aqueous extracts, Mitotic index, *Allium cepa*, Concentrations.

1 INTRODUÇÃO

Desde a Antiguidade as plantas têm sido consideradas fonte alternativas terapêuticas, sendo utilizadas de forma empírica no tratamento de diferentes patologias (Pessoa et al., 2018). Estudos de atividades alelopáticas e mutagênicas têm sido empregados em plantas medicinais, pois muitas espécies brasileiras ainda necessitam de análises sobre o seu potencial mutagênico (Barcelos, 2019).

Dentre as diversas espécies botânicas com potencial terapêutico, encontra-se a *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, popularmente conhecida como “muricizeiro”, cujas folhas e cascas da árvore são usadas na medicina popular para tratar tosses, dermatoses fúngicas, diarreia e mordida de cobra (Bejar Ezra et al., 1995; Martínez-Vázquez M. et al., 1999), além de apresentar um potencial antimicrobiano eficientes com extratos das raízes na inibição bacteriana (Gellen & Silva, 2016).

Em estudos realizados com extratos das folhas de *B. crassifolia* foram isolados glicolípídeos, triterpenos, ácidos triterpênicos, catequinas e flavonoides (Bejar Ezra et al., 1995; Rastrelli, Luca et al., 1997). Os compostos fenólicos e derivados de triterpenos dos extratos etanólicos da casca, apresentam potencial antifúngico (Andrade, B. S. et al., 2018), enquanto que dos frutos (polpa), não há registro de substâncias isoladas, exceto dos compostos voláteis responsáveis pelo seu aroma; os metabólicos podem ser tóxicos, sendo necessários testes quanto a sua toxicidade (Rezende & Fraga, 2003; Alves & Franco, 2003).

Entre os testes citogenéticos empregados para avaliação do potencial citogenotóxico das espécies vegetais destaca-se o sistema teste de *Allium cepa* L., que permite avaliar os danos cromossômicos, interferência no ciclo celular de um vegetal e

determinação de toxicidade através da observação dos efeitos mutagênicos, genotóxicos e citotóxicos dos extratos sobre suas raízes (Grant, 1982; Lessa et al., 2017). O sistema teste de *A. cepa* é frequentemente utilizado por possuir baixo custo, ser de fácil execução e apresentar confiabilidade reconhecida (Lessa et al., 2017), além da espécie apresentar propriedades cinéticas de proliferação e cromossomos grandes e em número reduzido ($2n=16$) (Caritá & Marin Morales, 2008).

O método de avaliação de alterações cromossômicas em raízes de *A. cepa* é validado pelo Programa Internacional de Segurança Química (IPCS, OMS) e o Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP) como um eficiente teste para análise e monitoramento *in situ* da genotoxicidade de substâncias ambientais (Cabrera & Rodriguez, 1999).

Considerando a crescente utilização de *B. crassifolia* como alternativa terapêutica pela população, este trabalho teve como objetivo avaliar a citotoxicidade e genotoxicidade de extratos aquosos, infuso e decocto, de folhas e cascas do tronco do muricizeiro por meio do teste de *A. cepa*.

2 MÉTODOS

O material vegetal, folhas e cascas do tronco do muricizeiro, foi coletado de indivíduos adultos cultivados em quintal urbano do Município de Alta Floresta, no norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. Material botânico fértil de *B. crassifolia* foi depositado no Herbário da Amazônia Meridional (HERBAM), onde teve sua identificação botânica confirmada pelo botânico Augusto Francener Gonzaga.

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Genética Vegetal e Biologia Molecular (GenBioMol), Centro de Pesquisa e Tecnologia da Amazônia Meridional (CEPTAM), da Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado (UNEMAT), Campus Universitário de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

2.1 PREPARO DOS EXTRATOS AQUOSOS

Foram preparados extratos aquosos do tipo decocto (EAD) e infuso (EAI) a partir das folhas e também a partir de partes da casca do caule de *B. crassifolia*.

Para obtenção do EAD, a água, juntamente com as folhas ou partes da casca, foi aquecida e mantida em fervura por cinco minutos. Em seguida, o extrato ficou tampado, em repouso, e, ao atingir a temperatura ambiente, foi filtrado e diluído. Foram utilizados 48 g de casca do caule e 600 mL de água destilada para obtenção do extrato de maior

concentração (80 mg / mL) e a partir da diluição deste foram obtidas as demais concentrações (40, 20, 10 e 5 mg / mL) do EAD. Das folhas frescas, foram utilizadas 9,6 g e 600 mL de água destilada, obtendo-se extrato na concentração de 16 mg / mL e, as demais concentrações (8, 4, 2, e 1 mg / mL) foram obtidas por diluição.

Para obtenção dos EAI, foram utilizadas as mesmas concentrações do EAD, contudo, o preparo consistiu em verter água em ponto de fervura (100 °C) sobre os materiais vegetais (partes da casca ou folhas), mantendo abafado por 10 minutos. Posteriormente, os extratos foram filtrados e diluídos.

2.2 TESTE *ALLIUM CEPA* L.

O teste *A. cepa* foi realizado conforme a metodologia proposta por (Fiskesjo, 1985) com alterações propostas por (Babich et al., 1997).

Os bulbos de *A. cepa* foram submetidos ao tratamento descontínuo, sendo colocados em água destilada para emissão de raízes e, após 48h, quando as raízes apresentavam aproximadamente 10 mm de comprimento, foram transferidos para os respectivos extratos a serem avaliados.

Os bulbos foram submetidos à cinco concentrações de EAI (1, 2, 4, 8 e 16 mg / mL) e de EAD (5, 10, 20, 40 e 80 mg / mL) obtidos, separadamente, das folhas e de partes da casca de *B. crassifolia*. O controle negativo, considerado como 0 mg / mL, foi constituído de água destilada e o glifosato diluído a 1% foi utilizado como controle positivo.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em um esquema fatorial de $2 \times 5 + 2$, sendo dois tipos de extratos (EAI e EAD), cinco concentrações por extrato e dois tratamentos controle (água destilada e glifosato 1%), com 5 repetições cada. O experimento utilizando extratos da folha foi realizado separadamente ao do que utilizou extratos de partes da casca de *B. crassifolia*. Os bulbos foram mantidos em câmara de germinação do tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) sob temperatura controlada ($25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$) e ausência de luz por 48 horas. Após este período foram coletadas, aleatoriamente, 10 raízes de cada concentração do EAI, EAD, CP e CN, sendo o comprimento das mesmas mensurado com auxílio de paquímetro digital. Para avaliação do índice mitótico e das alterações cromossômicas, raízes foram coletadas e colocadas em solução fixadora (3:1, etanol: ácido acético (v/v)) por 24 horas, em temperatura ambiente, e posteriormente, transferidas para etanol 70%, sendo mantidas sob refrigeração ($\pm 4 \text{ }^\circ\text{C}$) até o preparo das lâminas.

No preparo das lâminas para avaliação do potencial citogenotóxico de *B. crassifolia*, as raízes de *A. cepa* foram lavadas em água destilada por cinco minutos, hidrolisadas em HCL 1N por 15 minutos e, novamente, lavadas em água destilada por cinco minutos. Para confecção das lâminas utilizou-se o meristema apical das raízes, sendo o material corado com, aproximadamente, 100 µl de orceína acética 2%. Com auxílio de um bastão de vidro o meristema foi fragmentado e, posteriormente, coberto com lamínula.

Foram preparadas oito lâminas por concentração de cada um dos extratos avaliados, assim como dos CP e CN e analisadas 250 células por lâmina, totalizando 2.000 células por tratamento e 10.000 células por extrato. As lâminas foram observadas, pelo método de varredura, em microscópio óptico, em magnitude de 400X, sendo que para cada lâmina foi registrado o número de células em cada fase do ciclo celular (intérfase, prófase, metáfase, anáfase e telófase), bem como, quando presentes, as alterações em cada uma delas. O registro fotográfico foi realizado utilizando uma câmera digital CMOS (1.3 MP), colorida, acoplada ao microscópio e para captura e edição de imagem utilizou-se o software TSview.

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O índice mitótico (IM) foi obtido por meio da equação $IM = (n^\circ \text{ de células em mitose} / n^\circ \text{ de células observadas}) \times 100$.

A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Lilliefors e os resultados referentes à variável IM foram transformados em arco seno $\sqrt{(x/100)}$, onde x representa o percentual de células em mitose (Vasconcelos et al., 2012). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para o fator concentração dos extratos foram ajustadas regressões polinomiais, sendo a escolha do modelo feita com base no maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e no menor desvio. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Genes (Cruz, 2016).

3 RESULTADOS

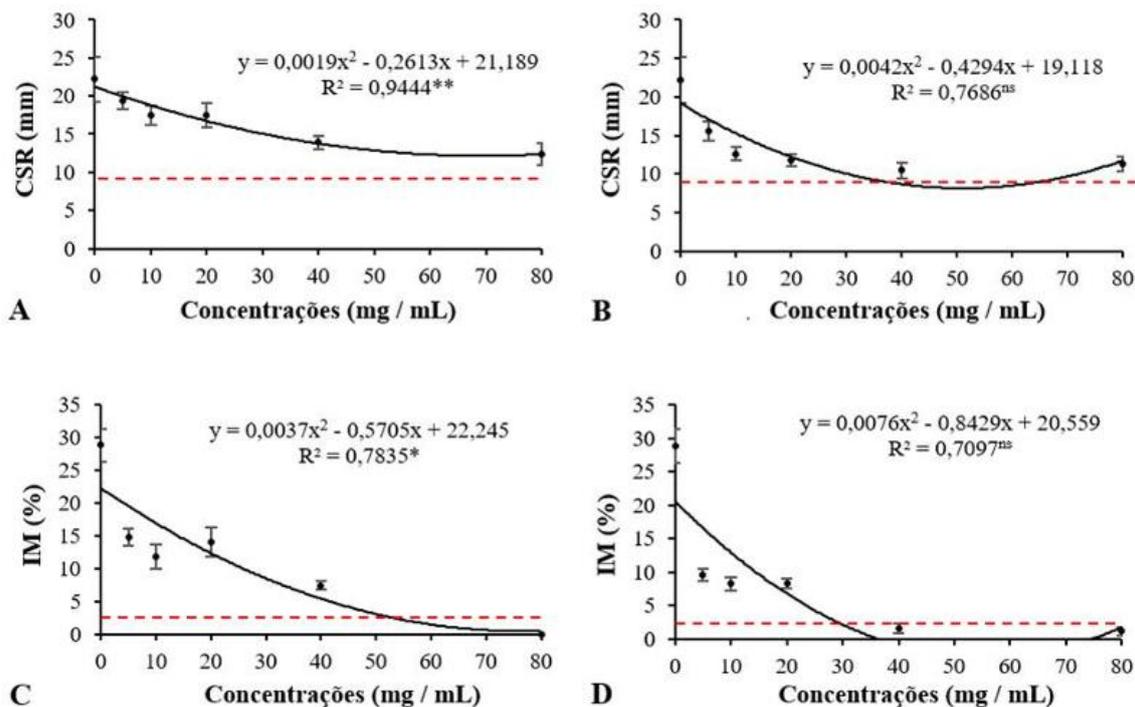
3.1 EFEITO DOS EXTRATOS DA CASCA DE *BYRSONIMA CRASSIFOLIA*

A análise de variância (ANOVA), com os extratos EAI e EAD da casca do caule de *B. crassifolia*, revelou um efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos extratos e das concentrações sobre o crescimento do sistema radicular (CSR), enquanto que para o índice mitótico (IM) foi observada interação significativa ($p \leq 0,05$) entre essas duas fontes de variação.

Os dois tipos de extratos (EAI e EAD) de partes da casca do caule de *B. crassifolia* inibiram o CSR de *A. cepa*, quando comparados a média do CN (Figuras 1A e 1B). O EAD ocasionou maior efeito inibitório, sendo as médias de todas as concentrações inferiores e significativamente diferentes da média do controle negativo, enquanto que o EAI apresentou médias significativamente diferentes do controle negativo apenas nas concentrações de 40 e 80 mg / mL. Já para o IM, ambos os extratos resultaram em efeito citotóxico, o que pode ser observado na curva de regressão que exhibe redução do IM de acordo com o aumento da concentração dos extratos (Figuras 1 C e D).

As células meristemáticas de *A. cepa* expostas aos extratos obtidos a partir da casca de *B. crassifolia* não apresentaram alterações cromossômicas, indicando que os mesmos não possuem efeito genotóxico.

Figura 1. Comprimento do sistema radicular (CSR) e Índice mitótico (IM) das células meristemáticas de bulbos de *Allium cepa* expostos aos extratos aquosos da casca do caule de *Byrsonima crassifolia*. A e C: infuso; B e D: decocto. A linha tracejada representa a média do controle positivo e \bar{x} , o erro padrão da média



A comparação entre os extratos, via teste de Tukey ($p \leq 0,05$), indica que para o CSR, houve diferença significativa entre EAI e EAD apenas nas concentrações 10 e 20 mg / mL, enquanto que para o IM, as diferenças foram observadas nas concentrações 5, 20 e 40 mg / mL.

Os resultados encontrados neste estudo assemelham-se aos relatados por (Rosa et al.,2017), onde a avaliação da qualidade da água por meio do teste de *A. cepa*, indicou nas

amostras avaliadas efeito citotóxico sobre o CSR e alterações no IM, não apresentando efeito genotóxico.

Assim como neste estudo, bulbos de *A. cepa* tratados com extratos de *Plectranthus barbatus* (Lamiaceae) apresentaram redução CSR quando comparados com o CN (Bezerra et al., 2016). (Coelho et al., 2017), em estudos com *Echinodorus grandiflorus* e *Sagittaria montevidensis* (Alismataceae), constatou que as maiores concentrações estudadas promoveram redução no crescimento das raízes quando comparadas ao CN, enquanto que estudos realizados com *Orbignya phalerata* (Arecaceae) indicaram inibição do índice mitótico no sistema teste de *A. cepa* conforme aumento nas concentrações dos extratos (Silva et al., 2015).

3.2 EFEITO DOS EXTRATOS DAS FOLHAS DE *BYRSONIMA CRASSIFOLIA*

A análise de variância (ANOVA) dos extratos aquosos das folhas de *B. crassifolia* revelou interação significativa entre extratos e concentrações tanto para o CSR quanto para o IM.

Ambos os extratos (EAI e EAD) da folha de *B. crassifolia* promoveram inibição do CSR dos bulbos de *A. cepa*, quando comparados ao controle negativo. O EAD, na primeira concentração avaliada, apresentou um efeito inibitório acentuado, embora tenha diferido significativamente do CN apenas nas concentrações de 8 e 16 mg / mL. O EAI, por sua vez, diferiu significativamente do CN apenas na concentração de 16 mg / mL. Em se tratando da ação dos extratos sobre o IM, ambos tiveram efeito citotóxico nas células meristemáticas de *A. cepa*. A redução do IM foi significativa em relação ao CN a partir da concentração 1mg / mL, e todas tenham diferido significativamente do CP. Já o EAD mostrou-se mais eficiente na atividade antiproliferativa quando comparado ao EAI, diferindo deste nas concentrações 2, 4 e 8 mg / mL (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado do teste de média para o crescimento do sistema radicular (CSR) e índice mitótico (IM) das células meristemáticas de bulbos de *Allium cepa* expostos aos extratos aquosos, infuso e decocto, de folhas de *Byrsonima crassifolia*.

Concentrações	CSR		IM	
	Infuso	Decocto	Infuso	Decocto
0 mg / mL	22,21 abA	22,21 bcA	28,80 aA	28,80 aA
1 mg / mL	22,57 abB	33,16 aA	12,90 bA	12,95 bA
2 mg / mL	24,32 aA	25,29 abA	19,15 bA	7,75 bcB
4 mg / mL	29,92 aA	20,08 bcdB	14,05 bA	5,95 cB
8 mg / mL	24,62 aA	14,11 cdB	14,50 bA	5,70 cB
16 mg / mL	13,93 bA	10,95 dA	2,75 cA	1,65 dA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

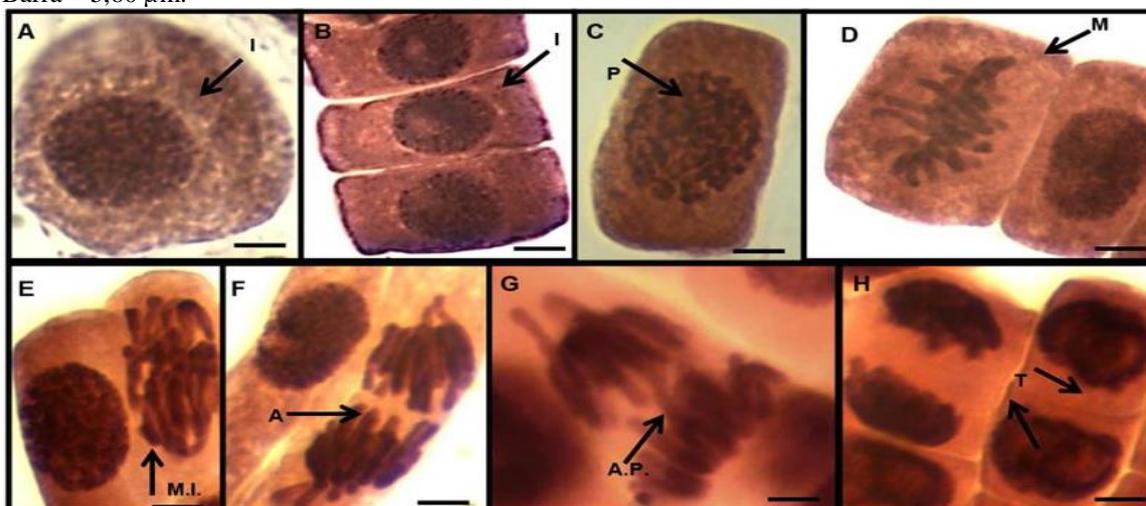
Os resultados obtidos a partir dos extratos da folha de *B. crassifolia* assemelham-se aos obtidos em estudos desenvolvidos com o sistema teste de *A. cepa*, frente às concentrações de *Synadenium grantii* Hook. (Euphorbiaceae) e *Plectranthus barbatus* (Lamiaceae), sendo possível a observação do efeito sobre CSR bem como alterações no IM (Fernandes et al., 2018; Bezerra et al., 2016).

O crescimento do sistema radicular está ligado à intensa atividade mitótica que acontece no tecido meristemático (Bezerra et al., 2016), de modo que a redução no comprimento das raízes permite inferir que os extratos inibiram o processo de divisão celular, sendo este resultado corroborado pela análise microscópica, com a redução do IM. Estudos de citogenotoxicidade de *Zingiber officinale* (Zingiberaceae) realizados por meio do sistema *A. cepa*, apresentaram resultados semelhantes a este, com redução tanto para o CSR quanto para o IM (Cardoso et al., 2018), evidenciando o efeito citotóxico das espécies estudadas.

A divergência entre os extratos aquosos (EAI e EAD) da folha pode ser explicada tanto pela composição como pela quantidade de metabólicos extraídos, considerando-se que a elevada temperatura na obtenção dos extratos, pode provocar mudanças estruturais irreversíveis em substâncias termolábeis (Tiwari et al., 2011; Oliveira et al., 2016; Sá Jr et al., 2016).

Os extratos obtidos a partir de folhas de *B. crassifolia*, nas concentrações de 2, 4 e 8 mg / mL, promoveram alterações cromossômicas em 0,05%, 0,15% e 0,20%, sendo um número de (09) células do total analisadas em cada concentração (Figura 2).

Figura 2. Fases do ciclo celular observadas em células meristemáticas de raízes dos bulbos de *Allium cepa* submetidos à extratos aquosos de *Byrsonima crassifolia*. A e B: intérfase (I); C: prófase (P); D: metáfase (M); E: metáfase irregular (M.I); F: anáfase (A); G: anáfase com ponte cromossômica (A.P.); H: telófase (T); Barra = 5,60 µm.



Os resultados deste estudo confirmam que extratos de uma mesma planta, e até mesmo da mesma parte do vegetal, podem promover respostas diferenciadas conforme o método utilizado para sua obtenção. Essas diferenças podem ser explicadas pela escolha do material vegetal, pois extratos do tipo decocto são mais eficazes na extração de metabólicos de partes relativamente duras e resistentes da planta, como a casca, enquanto o infuso se mostra mais eficiente na extração de partes tenras do vegetal, como as folhas (Santos et al., 2013).

A divergência entre os extratos avaliados indica que a metodologia utilizada na preparação dos mesmos está diretamente relacionada à sua capacidade de ação. Assim sendo, é de suma importância considerar fatores que influenciam a eficiência na extração dos compostos bioativos como, por exemplo, a parte do vegetal, a temperatura e o solvente utilizado, sendo este diretamente relacionado à especificidade do composto que se pretende extrair (Tiwari et al., 2011; Rêgo et al., 2020).

Os extratos aquosos de partes da casca e folha de *B. crassifolia* apresentaram efeito citotóxico no CSR e uma redução do IM nas células meristemáticas de *A. cepa* em função do aumento nas concentrações testadas, evidenciando potencial citotóxico e indicando ausência de potencial genotóxico.

4 CONCLUSÃO

Os extratos aquosos do tipo infuso e decocto com as folhas e cascas do caule de *Byrsonima crassifolia* mostrou redução do crescimento das raízes e índice mitótico em função do aumento nas concentrações testadas nas células meristemáticas de *Allium cepa*.

Byrsonima crassifolia apresentou em seus extratos da casca e folha tanto no tipo infuso como decocto um potencial citotóxico sobre o teste de *Allium cepa*. O baixo índice de alterações cromossômicas mostra que o mesmo não apresenta potencial genotóxico.

REFERÊNCIAS

Pessoa SPM, Pinheiro AP, Moraes JQ, Añes RNS, Nunes, Pass, ARRUDA ND et al. Conhecimento dos alunos do ensino médios de um colégio estadual de Tangará da Serra - MT sobre plantas medicinais. Revista Gestão Universitária. 2018;10(1):1-13. Disponível em:

http://www.gestaouniversitaria.com.br/system/scientific_articles/files/000/000/423/original/Artigo_de_etnobotanica.pdf?1531495576.

Barcelos MEF. Relação do fluxo de íons (H⁺) em raízes com as atividades alelopáticas e mutagênicas do extrato etanólico e da nanodispersão de *Mikania glomerata* Spreng. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2019. 67-79. (Tese – Doutorado em Biologia Vegetal).

Bejar E, Amarquaye A, Che C, Malone MH, Fong HHS. Constituents of *Byrsonima crassifolia* and their Spasmogenic Activity. International Journal of Pharmacognosy. 1995;33(1):25-32.

Martínez-Vázquez M, González-Esquinca AR, Cazares Luna L, Moreno Gutiérrez MNM, García-Argáez AN. Antimicrobial activity of *Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K. J. Ethnopharmacol. 1999;66(1):79–82.

Gellen LFA, Silva EHC. Atividade antimicrobiana de extratos de raízes de *Byrsonima crassifolia*. J. Bioen. Food Sci. 2016;3(1):63-71.

Rastrelli L, Detommasi N, Berger I, Caceres A, Saravia A, De Simone F. Glycolipids from *Byrsonima crassifolia*. Phytochemistry. 1997;45(4):647-650.

Andrade BS, Matias R, Corrêa BO, Oliveira AKM, Guidolin DGF, Roel AR. Phytochemistry, antioxidant potential and antifungal of *Byrsonima crassifolia* on soil phytopathogen control. Braz. J. Biol. 2018;78(1):140-146.

Rezende CM, Fraga SRG. Chemical and aroma determination of the pulp and seeds of murici (*Byrsonima crassifolia* L.). J. Braz. Chem. Soc. 2003;14(3):425-428.

Alves GL, Franco MRB. Headspace gas chromatography-mass spectrometry of volatile compounds in murici (*Byrsonima crassifolia* L. Rich). Journal of Chromatography A. 2003;985(1/2):297-301.

Grant WF. Chromosome aberration assays in *Allium*: A report of the US Environmental Protection Agency gene-tox program. Mutation Research / Reviews in Genetic Toxicology. 1982;99(3):273-291.

Lessa LR, da Silva MCC, Cariello FDMR. Fundamentos e aplicações do *Allium cepa* como bioindicador de mutagenicidade e citotoxicidade de plantas medicinais. Revinter. 2017;10(3):39-48.

Caritá R, Marin-Morales MA. Induction of chromosome aberrations in the *Allium cepa* test system caused by the exposure of seeds to industrial effluents contaminated with azo dyes. *Chemosphere*. 2008;72(5):722-725.

Cabrera GL, Rodrigues DMG. Genotoxicity of soil from farmland irrigated with wastewater using three plant bioassays. *A Mutation Research (MR)*. 1999;426(2):211-214.

Fiskesjö G. The *Allium* test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas*. 1985;102(1):99-112.

Babich H, Segal, MA, Fox KD. The *Allium* test - a simple, eukaryote genotoxicity assay. *American Biology Teacher*. 1997;59(9):580-83.

Vasconcelos ES, Reis MS, Sedyama T, Cruz CD. Estimativas de parâmetros genéticos da qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja produzidas em diferentes regiões de Minas Gerais. *Semin. Ciênc. Agrár.* 2012;33(1):65-76.

Cruz CD. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Sc. Agron.* 2016;38(4):547-552.

Rosa PAF, de Campos Júnior EO, Cocco DDA. biomonitoramento no córrego olaria, monte carmelo-mg utilizando o teste *Allium cepa*. *GeTeC*. 2017;6(14):44-55.

Bezerra CM, Dinelly CMN, Oliveira MAS. Avaliação da toxicidade, citotoxicidade e genotoxicidade do infuso de malva-santa *plectranthus barbatus (lamiaceae)* sobre o ciclo celular de *allium cepa*. *Electronic Journal of Pharmacy*. 2016;XIII(3):220-228.

Coelho APD, Laughinghouse IVHD, Kuhn AW, Boligon A A, Canto-Dorow TSD, Silva ACFD, et al. Genotoxic and antiproliferative potential of extracts of *Echinodorus grandiflorus* and *Sagittaria montevidensis* (Alismataceae). *Caryologia*. 2017;70(1):82-91.

Silva FDB, Sales MAG, Sá ORM, Santana GM, Deus MSM, Castro e Sousa JMC, et al. Potencial citotóxico, genotóxico e citoprotetor de extratos aquosos de *Caesalpinia pyramidalis* Tul., *Caesalpinia ferrea* Mart., e *Caesalpinia pulcherrima* Sw.. *R. bras. Bioci.* 2015;13(2):101-109.

Tiwari P, Kumar B, Kaur M, Kaur G, Kaur H. Phytochemical screening and extraction: A *Internationale Pharmaceutica Scientia (IPS)*. 2011;1(1):98-106.

Rêgo Farias ET, dos Santos AF, Lopes MF, Bezerra JM, da Silva FVG. Compostos bioativos e capacidade antioxidante em frutos de noni, *Morinda citrifolia* Linn. *Revista Verde*. 2020;15(1):6-13.

Fernandes JFN, Silva BSS, Fontes RMS, Cândido WP, et al. Avaliação do potencial citotóxico e mutagênico/genotóxico do látex de janaúba (*Synadenium grantii* Hook. f., Euphorbiaceae). *Rev. Pan-Amaz Saúde*. 2018;9(1):59-65.

Cardoso ES, Rossi AAB, de Pedri ECM, da Rocha VD, Rodrigues AS, Fagundes PAS. Avaliação do potencial citogenotóxico de *Zingiber officinale* Roscoe (gingibre), Zingiberaceae. Rev. Cuba Plantas Med. 2018;24(1):1-13.

Oliveira VB, Zuchetto M, Oliveira CF, Paula AFS, Miguel MD, Miguel OG. Efeito de diferentes técnicas extrativas no rendimento, atividade antioxidante, doseamentos totais e no perfil por clae-dad de *Dicksonia sellowiana* (presl.). Hook, Dicksoniaceae. Rev. Bras. Pl. Med. 2016;18(1):230-239.

Sá Jr PF, Muniz EB, Pereira NA, Oliveira MAS. Atividade antimicrobiana *in vitro* dos extratos aquosos, hidroalcoólicos e alcoólicos de espécies da Anarcadiaceae. Rev. Ciênc. Méd. Biol. 2016;15(1):56-61.

Santos PL, Prando MB, Morando R, Pereira GVN, Kronka AZ. Utilização de extratos vegetais em proteção de plantas. Enciclopédia Biosfera. 2013;9(17):2562-2576.