

Eixo Temático ET-03-025 - Meio Ambiente e Recursos Naturais

AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE DE RESÍDUOS VEGETAIS GERADOS DA EXTRAÇÃO DO CORANTE NATURAL HIBISCO (*Hibiscus sabdariffa* L.) PARA TINGIMENTO TÊXTIL

Doralice de Souza Luro Balan

Centro de Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Americana SP - Coordenadoria Produção Têxtil. E-mail: dbalan@fatec.edu.br

RESUMO

Os empreendedores têxteis tem preocupações de caráter ambiental, especialmente quanto a seus processos industriais de produção. Desejam adequar-se às exigências de um novo padrão equilibrado e atender aos clientes que exigem das empresas, melhoria contínua de produtos e serviços. A predominância da utilização de corantes sintéticos dificultou o desenvolvimento e adaptação do tingimento natural nas tecelagens modernas. Atualmente, há uma atenção progressiva de pesquisadores em investigar os corantes naturais e convertê-los para uso em escala comercial. Dentre os corantes utilizados esta o hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.). Ele possui propriedades antioxidantes e antimicrobianas, sendo empregado para fins tintoriais, medicinais e alimentares. Suas flores são fonte de antocianinas, visualizadas no espectro colorido de rosa a púrpura. Esta pesquisa buscou avaliar através de bioensaios a toxicidade dos resíduos vegetais gerados após a extração do corante. A metodologia utiliza normas de toxicidade em solo com plantas superiores. Para as análises da germinação, biomassa e de crescimento vegetal foram seguidas normas ABNT NBR brasileira ISO 11269-2 -2014. Os vegetais selecionados para teste foram *Zea mays* (milho, monocotiledônea) e *Helianthus annuus* (girassol, dicotiledônea). Os resultados apontam positivamente para a utilização deste corante natural e de seus resíduos. Não houve toxicidade do resíduo afetando a germinação e o crescimento dos organismos alvo. Há um potencial no uso do resíduo para incrementar a fertilidade do solo. Não houve toxicidade manifestada sobre a biomassa radicular e aérea das plântulas. Os corantes naturais são uma promessa sustentável na área têxtil e da moda.

Palavras-chave: Corantes Naturais; Fitotoxicidade; Hibisco; Resíduos Vegetais.

INTRODUÇÃO

No Brasil a atividade têxtil é muito expressiva economicamente, sendo ainda, a última cadeia do setor têxtil completa do Ocidente. Nesta cadeia encontra-se desde a produção das fibras, como algodão e seda, fiação, tecelagens, beneficiadoras, confecções, inclusive desfiles de moda e forte varejo. Com uma indústria de quase 200 anos no país, gera 1,5 milhão de empregados diretos e 6,5 milhões de indiretos, onde 75% é mão de obra feminina (ABIT, 2017).

A indústria têxtil abrangendo uma cadeia produtiva muito longa, também é um dos empreendimentos que tem maior potencial de causar impactos ambientais negativos. Ela tem papel de destaque na economia mundial e nacional. Sua multidisciplinaridade engloba um vasto campo de estudos para fundamentá-la, incluindo por exemplo: a agricultura, engenharia, química, design, sociologia, economia, a gestão e logística (GUIMARÃES E BARUQUE, 2014).

As empresas têxteis tem preocupações de caráter ambiental, referentes a seus processos industriais de fabricação. Desejam adequar-se às exigências de um novo padrão de produção sustentável e atender aos clientes que exigem das empresas, melhoria contínua de produtos e serviços, com destaque na capacidade de oferecer produtos e serviços que respeitem a natureza. Nos últimos anos, a questão ambiental evoluiu tornando-se uma importante preocupação empresarial, na compreensão de que o meio ambiente é seu valioso fornecedor (BERLIN, 2014).

O homem usa corantes a milênios, tanto animal, como vegetal e mineral, para decoração de objetos, utensílios, em pinturas e para o tingimento de fios, fibras e tecidos.

A predominância da utilização de corantes sintéticos dificultou o desenvolvimento e adaptação do tingimento natural nas tecelagens modernas. Atualmente, há uma atenção progressiva de pesquisadores em investigar os corantes naturais e convertê-los para uso em escala comercial. Os “materiais verdes” são promessa de futuro, contudo são escassos os estudos sobre seu impacto poluente, tanto quali como quantitativos (VIANA, 2012).

A contaminação ambiental por resíduos e outros agentes pode ser melhor compreendida quando se prevê seus efeitos sobre os organismos vivos. Desse modo, os testes toxicológicos são bioensaios e podem determinar estes efeitos, tendo a vantagem de serem realizados em curto espaço de tempo, com custos praticáveis e estrutura laboratorial simples e acessível. Os testes desenvolvidos com indicadores de qualidade de água e solo são padronizados mundialmente (MOREIRA-SANTOS et al., 2008).

Os critérios para a avaliação da toxicidade aguda e/ou crônica nos bioensaios são: mortalidade, imobilidade, alterações morfológicas e/ou fisiológicas, crescimento, capacidade reprodutiva, entre outros (ABNT, 2004).

Nos testes ecotoxicológicos são utilizados microrganismos, vegetais e animais. Todos são empregados para avaliar amostras ambientais, produtos químicos, fármacos, fertilizantes, resíduos, entre outras substâncias (JARDIM et al., 2008).

Os tingimentos habituais dos artigos ainda vigentes, são semelhantes aos usados na antiguidade. As múltiplas combinações de folhas, frutos, caules e raízes fazem com que as tonalidades e beleza das cores enobrem os produtos têxteis e de moda.

O corante natural é uma substância colorida extraída por processos físico-químicos (dissolução, precipitação) ou bioquímicos (como a fermentação); deve ser solúvel no meio líquido onde é mergulhado o material a tingir.

As pesquisas de Schiozer; Barata (2007) apontam que nos últimos anos, consumidores de produtos coloridos apresentaram uma rejeição ao uso de corantes sintéticos e artificiais. Ao mesmo tempo, a coloração utilizando fontes naturais ganhou importância na indústria da cor. Ainda assim, os pigmentos coloridos naturais podem demonstrar menor estabilidade a luz, a temperatura, ao oxigênio, a alcalinidade, ao alvejamento e a ação abrasiva. Diferentes agentes fixadores, oxidantes e quelantes, também chamados de mordentes podem conferir maior estabilidade destes compostos naturais.

O interesse na utilização dos corantes naturais tem aumentado em todo o mundo, associado à necessidade atual de um processo mais limpo que reduza os riscos ambientais e de saúde. A utilização dos corantes naturais é de extrema importância para o setor têxtil, pois que são compatíveis ao meio ambiente, apresentam baixa toxicidade e ausência dos efeitos alérgicos (SILVA et al., 2013).

As vantagens dos corantes naturais estão relacionadas ao seu baixo custo, técnicas de preparo simples, ausência de toxicidade, além do fato de ser um recurso natural renovável e sustentável com o mínimo impacto ambiental (SHAHID et al, 2013).

Na classificação química os pigmentos naturais distribuem-se em cinco classes estruturais orgânicas: os tetrapirróis (clorofilas), tetraterpenos (carotenoides), quinonas, O-heterocíclicos (antocianinas) e N-heterocíclicos (indigóides) (SCHIOZER; BARATA, 2007).

Dentre os corantes conhecidos e utilizados, mesmo que artesanalmente no tingimento, esta o hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.). Ele possui propriedades antioxidantes e antimicrobianas, sendo empregado para fins tintoriais, medicinais e alimentares. As suas flores são fonte de antocianinas, visualizadas no espectro colorido de rosa à púrpura. As antocianinas são, provavelmente, o corante mais conhecido dentre os naturais. O hibisco, vegetal integrante da família das malváceas possui coloração vermelha característica das antocianinas, pode ser uma fonte alternativa na busca de corantes naturais (MACIEL et al., 2012).

O cultivo do hibisco se intensificou nas últimas décadas. Este arbusto pode ser cultivado em jardins e hortas, há interesse por suas folhas, flores, sementes, além de produzir fibras empregadas na indústria de papel e tecidos (MUKHTAR, 2007).

O uso de corantes naturais como o hibisco e urucum (*Bixa orellana*) para tingimentos no mundo da moda é uma alternativa eficaz para o binômio indústria têxtil-sustentabilidade. Seu uso tintorial tem demonstrado não oferecer toxicidade. Também, podem significar geração de renda e movimentar a economia de algumas regiões, incentivando o mercado de trabalho local (BALAN, 2017).

A extração de corantes dos vegetais (caule, raiz, folhas, flores, frutos) deixa resíduos sólidos que precisarão receber descarte correto, especialmente no atual momento brasileiro com a política nacional de resíduos sólidos.

Quanto a preocupação de geração de resíduos, a Lei nº 12.305/2010, Programa Nacional de Resíduos Sólidos, responsabiliza o poder público, a cadeia produtiva e o cidadão, pela adequada gestão dos resíduos gerados na utilização e consumo de produtos pela sociedade. É preciso providenciar a sua adequada destinação. A Lei impõe a responsabilidade compartilhada e que o ciclo de vida dos produtos seja gerenciado pelos responsáveis pela produção, distribuição, consumo e geração dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Uma parceria de cooperação científica firmada entre a Associação Brasileira da Indústria Têxtil (Abit), o Sindicato das Indústrias Têxteis Paulistas (*Sinditêxtil-SP*) e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) assinada em setembro 2015, projeta a indústria têxtil para os objetivos de tornar-se mais competitiva e sustentável (AGENCIA CT&I, 2015).

Inclusas neste cenário, as pesquisas precisam avançar e gerar conhecimentos ao setor têxtil e da moda.

OBJETIVO

Este trabalho de investigação busca avaliar através de bioensaios com plantas superiores no solo, a toxicidade dos resíduos vegetais gerados na extração de corante natural de hibisco, do grupo antocianinas, empregado no tingimento têxtil.

METODOLOGIA

1. **Resíduo vegetal de corante natural e substrato.** foi selecionado para análise o resíduo vegetal do corante hibisco do grupo antocianina, extraído das flores de *Hibiscus sabdariffa* L. Os resíduos gerados da extração aquosa do corante foram separados e incorporados ao solo padrão de ensaio. A proporção utilizada foi de 100g de resíduo úmido por 01kg de solo. Este substrato teste (solo + resíduo) foi utilizado após 72 horas para plantio de sementes.

2. **Germinação, crescimento e biomassa vegetal:** foram avaliadas amostras do resíduo sólido restante das extrações do corante. Para as análises germinativas e de crescimento vegetal em solo foi utilizada a norma ABNT NBR ISO 11269-2/2014 e seus procedimentos. Os vegetais selecionados como organismos-alvo foram *Zea mays* (milho, monocotiledônea) e *Helianthus annuus* (girassol, dicotiledônea). O experimento foi realizado com três réplicas, sendo que os vasos foram mantidos em local com foto período de 12 horas (claro: escuro) à temperatura de $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Plantou-se seis sementes de milho e seis sementes de girassol por vaso. A irrigação foi continua com água deionizada. Após a germinação de 50% das sementes, foram deixadas em cada vaso apenas duas plântulas de milho e duas plântulas de girassol. Depois de 28 dias de crescimento, foi determinado o comprimento e a biomassa fresca das raízes e parte aérea, de ambos os vegetais. Um solo padrão sem resíduos vegetais do corante foi utilizado como controle. As plântulas dos vegetais testados no substrato (solo padrão + resíduo), foram comparadas com as do controle. Foi empregado para análise estatística o Teste de Dunnett (VIEIRA; HOFFMANN, 1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de germinação das plântulas de *Zea mays* (milho) e *Helianthus annuus* (girassol) estão expressas em porcentagem (% de germinação).

O crescimento radicular (CR) e crescimento aéreo (CA) estão expressos em média e centímetros.

A biomassa fresca esta expressa em gramas, tendo sido medidas a massa fresca radicular (MFR) e massa fresca aérea (MFA).

Um solo padrão conhecido foi empregado como controle e, um substrato para os bioensaios foi preparado incorporando o resíduo vegetal de hibisco no solo padrão (proporção de 100g resíduo vegetal de hibisco /1kg de solo padrão).

Este substrato foi utilizado após 72h de preparo para o plantio das sementes de milho e girassol, permitindo adequada mistura e incorporação do resíduo.

A duração total dos testes foi de 36 dias, ou seja 28 dias após a germinação de 50% das sementes.

Os resultados médios de germinação e crescimento de *Z. mays* e *H. annuus* foram comparados em relação aos controles pelo teste de Dunnett ($p < 0.05$), determinando quando os vegetais foram afetados positiva ou negativamente pela incorporação do resíduo.

O experimento controle (solo padrão) apresentou emergência de 50% das sementes de milho no 7º dia após o plantio; para girassol no 8º dia.

A emergência de ao menos 50% das sementes no substrato teste (solo padrão + resíduo) ocorreu no 6º dia após o plantio no milho e no 7º dia para girassol.

Tabela 1. Teste de toxicidade - porcentagem de germinação e médias de crescimento radicular (CR) e aéreo (CA) para milho e girassol

Amostra	% germinação (8 dias)	CR (36 dias)	CA (36 dias)
Controle milho	93	40,1	28,2
Controle girassol	95	19,0	21,1
Substrato milho	93	43,4*	28,9
Substrato girassol	97	21,4*	23,6*

*Teste de Dunnett – diferença significativa ($p < 0.05$)
 Crescimento expresso em centímetros.

Foi constatada uma agilidade de 1 dia na antecipação de germinação no substrato, para ambos organismos-alvo.

A Tabela 1 descreve que a % de germinação das sementes cultivadas foi de 93 a 97% em todos os tratamentos.

A germinação mais positiva ocorreu com as sementes de girassol no substrato (97%).

Estes dados obtidos confirmam a capacidade germinativa das sementes utilizadas e a eficiência do substrato (solo padrão + resíduo) nos experimentos realizados.

Não foi verificada toxicidade do resíduo afetando a germinação dos organismos-alvo.

Na Tabela 1 quando analisados o crescimento radicular e aéreo, as amostras de substrato com milho como organismo teste, apresentou valores de crescimento para o sistema radicular superior ao controle.

O crescimento da parte aérea do milho foi compatível com a amostra controle, não demonstrando resultados estatisticamente diferentes pelo teste de Dunnett.

Mata e cols. (2011) em trabalho com milho argumentam que as respostas das plântulas pressupõe que os efeitos dos compostos presentes no solo, afetem primeiramente a germinação e o desenvolvimento das raízes, que tem a função de absorção de água, nutrientes e outros elementos. Tal situação, pode interferir positiva ou negativamente no desenvolvimento geral do vegetal.

O resíduo incorporado não apresentou toxicidade para crescimento do milho.

Na Tabela 1 também fica ilustrado que as plântulas de girassol no substrato, tiveram no crescimento da raiz (CR) e da parte aérea (CA) diferença positiva significativa em relação ao

controle. Ficou demonstrado que foram alcançados valores superiores, apontando um incremento de crescimento.

Hoje é reconhecido que práticas agrícolas produzem grandes quantidades de resíduos, que são geralmente ricos em macro e micronutrientes importantes para o crescimento de plantas. Desse modo, a aplicação destes resíduos no solo e a utilização dos resíduos orgânicos tornou-se uma tendência para adubar e compor substratos para produção de mudas, adicionando fontes de matéria orgânica, contribuindo para o fornecimento de nutrientes e para melhorar as características físicas do meio de cultivo, imprescindível ao crescimento adequado das plantas (LIMA et al., 2006).

O resíduo de hibisco avaliado, tem potencial para esta referida contribuição.

A Tabela 2 revela dados da biomassa fresca de milho e girassol.

Tabela 2. Dados médios de biomassa fresca radicular e aérea de milho e girassol no substrato teste.

Amostra	MFR (36dias)	MFA (36dias)
Controle milho	9,2	6,4
Controle girassol	0,8	1,3
Substrato milho	10,9*	8,1
Substrato girassol	1,8*	2,7*

* Teste de Dunnett - diferença significativa ($p < 0.05$)

Biomassa expressa em gramas.

A biomassa fresca do milho, tanto para parte radicular (MFR) como aérea (MFA) foi maior que do controle.

Para o girassol os valores de biomassa se apresentaram significativamente maiores que o controle, tanto na parte radicular como aérea.

Não houve toxicidade manifestada sobre a biomassa das plântulas de ambos organismos-alvo.

Mata e colaboradores (2011) expõem que a quantificação do sistema radicular reflete na parte aérea, aumento na produção de matéria fresca aérea nos vegetais pode representar maior absorção de água e nutrientes pelas raízes. Os resultados obtidos apontam positivamente para a utilização dos resíduos vegetais das flores de hibisco com sua incorporação ao solo, nas condições experimentais testadas.

O resíduo gerado da extração do corante de hibisco, não apresenta fitotoxicidade nas condições investigadas.

Estes resultados aprovam o uso de resíduos vegetais da flor de hibisco, como resíduo livre de toxicidade para os vegetais superiores no solo, especialmente milho e girassol.

Incluída na preocupação com contaminantes industriais, a técnica de Avaliação e Identificação de Toxicidade (AIT), proposta pela Agência Americana de Proteção ao Meio Ambiente (EPA) acolhida mundialmente, inclusive no Brasil, tem como foco melhorar a qualidade dos efluentes e resíduos industriais quanto à toxicidade, identificando a substância causadora e possibilitando a troca da substância tóxica, por uma de menor impacto menor ou ausente e que desempenhe a mesma função (JERONIMO, MORAES E HOLANDA, 2015).

A ausência de toxicidade dos resíduos vegetais da flor de hibisco, após a extração de seu corante, configura interessante solução para o destino destes resíduos.

Sua aplicação no solo pode denotar contribuição benéfica no aporte de matéria orgânica, contribuindo para fertilidade.

CONCLUSÕES

O benefício do uso de corantes naturais não é algo inatingível, mas é preciso aumentar o desenvolvimento de pesquisas e o envolvimento do setor têxtil na criação de condições ideais para sua aplicação.

O conhecimento, ainda escasso, poderá definir soluções para a destinação adequada dos resíduos gerados, com novos hábitos de separação e disposição. Permitirá ampliar a discussão e de forma mais significativa, auxiliar nas decisões de estratégia e investimento sobre tal questão, no âmbito público e privado.

É possível afirmar que estes resultados são ainda iniciais e, testes variados devem ser realizados com diferentes organismos-alvo, contemplando outros níveis tróficos (consumidores e decompositores) e também no ambiente aquático.

Como futuras pesquisas, podendo levar a proveitosos resultados da aplicação destes resíduos no solo são sugeridos: o acompanhamento do crescimento vegetal por um tempo maior, a adoção de outras proporções de aplicação resíduo/solo, realizar medidas de massa seca e avaliar a concentração de elementos químicos presentes nas raízes e parte aérea.

Uma maior conscientização quanto aos malefícios dos corantes sintéticos por parte das indústrias e consumidores de produtos coloridos, traria a possibilidade de aumentar os investimentos em pesquisas que fortalecem os corantes a base de fontes naturais.

REFERÊNCIAS

ABIT - Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Setor têxtil e de confecção aponta sinais positivos para 2017. Disponível em: <<http://www.abit.org.br/noticias/setor-textil-e-de-confeccao-aponta-sinais-positivos-para-2017>>. Acesso em: 18 set. 2017.

Agência Gestão CT&I. Disponível em: <<http://www.agenciacti.com.br>>. Acesso em: 14 nov. 2015.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ISO 11269-2-2014 - Toxicidade do solo - Determinação dos efeitos de poluentes na flora terrestre. Parte 2: Efeitos do solo contaminado na emergência e no crescimento inicial de vegetais superiores.

BALAN, D. S. L. Corantes naturais de aplicação têxtil: avaliação preliminar da toxicidade de urucum *Bixa orellana* L. (Malvales: Bixaceae) e hibisco *Hibiscus sabdariffa* L. (Malvales: Bixaceae). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 7, p. 1-6, 2017.

BERLIN, L. G. A Indústria têxtil brasileira e suas adequações na implementação do desenvolvimento sustentável. **Moda Palavra E-periódico**, v. 7, n. 13, p. 15-45, 2014.

BRASIL. **Lei nº 12.305, agosto de 2010**. Institui a Política nacional de resíduos sólidos. Brasília, 2010.

GUIMARÃES, K.O.; BARUQUE-RAMOS, J. Potencial de reciclagem têxtil no Brasil em âmbito de gestão ambiental. 2º Congresso Científico Têxtil e de Moda, Anais. São Paulo, 2014.

JARDIM, G.; ARMAS, E.; MONTEIRO, R. T. R. Ecotoxicological assesment of water and sediment from Corumbatai River, SP, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 51-59, 2008.

JERONIMO, R. A. S.; MORAIS, M. M.; PAZ, Y. M.; HOLANDA, R. M. Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais e a Produção Mais Limpa, Estudo de Caso em Indústria de Cerâmica Vermelha. Anais CLEANER PRODUCTION TOWARDS A SUSTAINABLE TRANSITION. São Paulo – Brazil – May 20th to 22nd – 2015.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; SILVA, M.I.L.; JERONIMO, J.F.; VALE, L.S.; BELTRÃO, N.E.M. Substratos para produção de mudas de mamoeira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. **Ciência Agrotécnica**, v.30, n.3, p.474-479, 2006.

MACIEL, M. J.; PAIM, M. P.; CARVALHO, H. H. C.; WIEST, J. M. Avaliação do extrato alcoólico de hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.) como fator de proteção antibacteriana e antioxidante. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**. 2012; 71(3):462-70.

MATA, J.F.; PEREIRA, J.C.S.; CHAGAS, J.F.R.; VIEIRA, L.M. Germinação e emergência de milho híbrido sob doses de esterco bovino. **Amazonia: Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v. 6, n. 12, 2011.

MOREIRA-SANTOS, M.; SOARES, A.; RIBEIROS, R. An *in situ* bioassay for freshwater environments with microalga. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 59 p. 164-173, 2004.

MUKHTAR, M.A. The effect of feeding rosella (*Hibiscus sabdariffa*) seed on broiler chicks performance. **Research Journal Animal and Veterinary Science**, v.2, p. 21-23, 2007.

SHAHID, M.; SHAHID-UL-ISLAM; MOHAMMAD, F. Recent advancements in natural dye applications: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 53, p. 310- 331, 2013

SCHIOZER, A. L.; BARATA, L. E. S. Estabilidade de Corantes e Pigmentos de Origem Vegetal. **Revista Fitos**. Vol.3 nº02 , junho 2007.

SILVA, A.; SILVA, M. G.; ARROYO, P. A.; BARROS, M. A. S. D. Dyeing Mechanism of Wool and Silk with Extract of *Allium cepa*. **Chemical Engineering Transactions**, v. 32, p. 715-720, 2013.

VIANA, T. C. **Corantes naturais na indústria têxtil**: como combinar as experiências do passado com as demandas do futuro? Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

VIEIRA, S.; HOFFMANN, R. **Estatística experimental**. São Paulo: Atlas, 1989.