

Avaliação ecotoxicológica do efluente da indústria madeireira através de bioensaios com sementes de alface (*Lactuca sativa* L.)

Ecotoxicological assessment of timber-industry wastewater based on bioassays conducted with lettuce seeds (Lactuca sativa L.)

Guilherme Gavlak¹; Carlos Magno de Sousa Vidal¹; Kely Viviane de Souza¹

¹Professor do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, Paraná, Brasil. Orcid: 0000-0001-9758-3860. E-mail: eng.guilhermegavlak@gmail.com;
Orcid: 0000-0002-5839-5610. E-mail: cmsvidal@unicentro.br;
Orcid: 0000-0002-7680-852X. E-mail: kelyvdesouza@gmail.com

RESUMO: Devido ao crescimento mundial do consumo de madeira reflorestada, o Brasil tem a indústria madeireira como uma das principais atividades no setor da economia nacional. Dentre os produtos elaborados a partir da madeira estão os compensados laminados. A produção destes materiais é responsável pela geração de efluentes líquidos com características altamente poluidoras, portanto, torna-se imprescindível o seu conhecimento ecotoxicológico, o qual pode ser avaliado a partir de bioensaios utilizando sementes de *Lactuca sativa* L., sendo este o objetivo do presente estudo. Quando avaliada a germinação das sementes, houve uma normalidade até que atingisse a concentração de 75%, nesta condição, cerca de 20% das sementes tiveram a germinação inibida, já quando utilizado 100% do efluente na amostra, foram inibidas 40% das sementes, tendo como possíveis responsáveis para tal, a presença de compostos químicos como o fenol e outros compostos inorgânicos. Quando avaliado o crescimento da radícula da plântula em contato com as diferentes concentrações de efluente, nota-se um acentuado crescimento em função do aumento da concentração. Portanto, os bioensaios toxicológicos utilizando sementes de *L. sativa* mostraram-se eficientes na obtenção do conhecimento dos possíveis impactos ambientais de forma simples, confiável e barata.

Palavras-chave: ecotoxicologia ambiental, bioindicadores, efluentes industriais.

ABSTRACT: The Brazilian timber industry is one of the main activities in the national economy sector due to global increase in reforested wood consumption. Laminated veneer lumber stands out among wood-made products. The production of these materials accounts for generating liquid effluents with highly polluting features; therefore, it is essential acquiring ecotoxicological knowledge, which can be assessed through bioassays conducted with *Lactuca sativa* L seeds, which is the aim of the present study. Seed germination remained normal up to 75% effluent concentration. Approximately 20% of seeds presented inhibited germination under this condition. However, when 100% of effluent was used in the sample, 40% of seeds had their germination inhibited, likely due to chemical compounds, such as phenol, among other inorganic compounds. Seedling radicle recorded significant growth as effluent concentrations increased. Therefore, toxicological bioassays conducted with *L. sativa* seeds have proved to be effective in providing knowledge about potential environmental impacts in a simple, reliable and cost-effective manner.

Keywords: environmental ecotoxicology, bioindicators, industrial wastewater.

INTRODUÇÃO

O consumo mundial de madeira e o amplo território brasileiro disponível para a implantação de áreas reflorestadas faz com que o Brasil tenha a indústria madeireira como uma das principais atividades econômicas no país, principalmente na região Sul, destacando-se os estados do Paraná e Santa Catarina (ABIMCI, 2013). Dentre os processos produtivos resultantes da indústria madeireira, destaca-se a fabricação de compensados a partir de toras de *Pinus*, a qual tem grande influência para que esse tipo de atividade seja de grande importância no crescimento econômico brasileiro. A grande maioria das indústrias acarretam algum tipo de impacto ambiental devido à geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e gasosos resultantes do gerenciamento inadequado destes. Os efluentes líquidos por sua vez, sem seu devido tratamento quando lançados de maneira errônea, podem atingir o solo, as águas superficiais e subterrâneas, sendo capazes de afetar a biodiversidade local.

O efluente líquido oriundo da indústria madeireira, exclusivamente na produção de compensados é considerado de grande potencial poluidor devido as suas elevadas concentrações de matéria orgânica e inorgânica, fenóis, sólidos suspensos e dissolvidos, fósforo e seu pH predominantemente neutro ou levemente ácido segundo alguns autores (TAYLOR et al. 1996; TAYLOR; CARMICHAEL, 2003; WOODHOUSE; DUFF, 2004; ZENAITIS et al., 2002, HEDMARK, 2009). A inadequada disposição desse tipo de efluente pode acarretar a alteração da coloração e no aumento da turbidez da água, assim como o assoreamento de corpos receptores a partir da presença dos sólidos e a eutrofização dos cursos hídricos receptores gerando a mortalidade de peixes e de outros organismos presentes no ecossistema aquático. Ainda é possível que ocorra a bioacumulação de fenol ao longo da cadeia trófica devido ao seu caráter lipofílico, podendo chegar ao ser humano.

Neste contexto, a avaliação da toxicidade pode prevenir e evitar diversos impactos ambientais relacionados aos efluentes, pois a toxicologia é considerada como a ciência que estuda os efeitos negativos e maléficos gerados a partir das interações entre as substâncias químicas com os organismos vivos presentes no meio, sob condições específicas de exposição, por meio de conhecimentos das áreas de bioquímica, biologia, química, genética, matemática, medicina, farmacologia, fisiologia e física (OGA et al., 2008; KLAASSEN; WATKINS III, 2012; SISINNO; OLIVEIRA-FILHO, 2013). Esta avaliação visa conhecer o comportamento destes quando em contato com o meio através da utilização de bioensaios com bioindicadores, como por exemplo a *Lactuca sativa L.*, popularmente conhecida como alface crespa, é uma das espécies é capaz de avaliar a fitotoxicidade de um composto ou um conjunto dos mesmos por meio da inibição da germinação das sementes e do alongamento das radículas e do hipocótilo na fase primária da plântula (SOBRERO; RONCO, 2008).

Por meio destes bioensaios toxicológicos, obtêm-se diversos resultados de forma relativamente rápida, econômica, simples e confiável, com fins de reduzir os impactos ambientais causados pelos efluentes líquidos gerados nas indústrias, tomando então melhor conhecimento do potencial tóxico deste. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar a toxicidade do efluente líquido oriundo da indústria madeireira na produção de compensados, por meio de bioensaios com sementes de alface (*L. sativa*) e compreender os possíveis impactos ambientais gerados pelo efluente em questão.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do efluente

O efluente líquido utilizado na presente pesquisa, foi coletado de uma indústria madeireira localizada na região sul do Brasil, no estado do Paraná, a qual tem como atividade principal a fabricação de compensados laminados. A coleta foi realizada após os processos de gradeamento e sedimentação dos sólidos em um decantador primário da estação de tratamento da própria indústria. O efluente foi caracterizado de acordo com procedimentos padrão descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª edição (APHA, 2017) segundo os parâmetros apresentados na **Tabela 1**.

Para realização das análises de DQOs, compostos fenólicos e cor verdadeira, previamente as amostras foram filtradas em membranas de 0,45 μm , com a finalidade de retirar os sólidos presentes no meio líquido, obtendo apenas a fração solúvel.

Tabela 1. Parâmetros para caracterização do efluente e sua metodologia analítica empregada.

Parâmetros	Metodologia empregada
Demanda química de oxigênio solúvel (DQOs)	Espectrofotometria - 5220D
Compostos fenólicos	Espectrofotometria - 5530D
Cor aparente	Espectrofotometria - 2120C
Cor verdadeira	Espectrofotometria - 2120C
Turbidez	Nefelometria - 2130B
Sólidos totais	Gravimetria - 2540B

Fonte: APHA et al., 2012.

Avaliação da qualidade e da germinação das sementes de *Lactuca sativa* L

Quando realizados os ensaios de toxicidade com sementes de *L. sativa*, deve-se garantir que a qualidade destas sejam aprovadas, pois quando expostas a diferentes amostras aquosas, podem apresentar germinação e o crescimento inibidos (SOARES, 2000) afetando nos resultados referentes as amostras em estudo, portanto, foi realizado um ensaio de controle negativo com a ausência de contaminantes com o intuito de avaliar a germinação do lote.

Foram divididas 36 sementes em duas placas de *Petri* contendo 18 delas em cada juntamente com um papel filtro *Germitest*, por meio de um conta gotas foi adicionado água destilada até que este tenha ficado totalmente úmido. Posteriormente, vedou-se as placas com um plástico filme e acondicionadas em estufa de convecção natural com a temperatura controlada de 24°C pelo período de 7 dias. Para o controle positivo, procedeu-se da mesma maneira, porém, utilizando de uma solução de sulfato de zinco 1% ao invés da água destilada para umidificação do meio, conforme recomendado por Machado et al. (2009).

Bioensaios ecotoxicológicos

Para a realização dos bioensaios ecotoxicológicos, decorreram diluições de 1%, 5%,

10%, 25% 50%, 75% e 100% de efluente da indústria de fabricação de compensados laminados com o intuito de avaliar a toxicidade destas dosagens. Os ensaios ocorreram em duplicata, onde foram divididas 252 sementes, sendo 18 delas por placa contendo o papel filtro *Germitest* e 36 por cada diluição avaliada, seguindo a metodologia de forma adaptada à apresentada por Sobrero e Ronco, (2008). Posteriormente, foi adicionado o efluente até a total umidificação do papel com as concentrações pré-determinadas em cada placa e vedadas com plástico filme, acondicionadas em estufa a 24°C por sete dias.

Após esse período, contabilizou-se quantas sementes germinaram em cada uma das placas, assim como, foi realizado a medição do tamanho da radícula da plântula com o auxílio de um paquímetro. Portanto, por meio destas avaliações foi possível analisar as interferências geradas na germinação e no desenvolvimento das sementes quando em contato com efluente em estudo em suas diversas concentrações.

Mesmo que o efluente em estudo possua elevados teores de sólidos, cor e turbidez os bioensaios a partir de sementes de *L. sativa*, não necessitam de um pré-tratamento, pois a retirada do material responsável por essas elevadas concentrações, poderia interferir e alterar os resultados reais do estudo (SOBRERO; RONCO, 2008).

Tratamento estatístico dos dados

Com a finalidade de obter uma melhor interpretação dos resultados obtidos, utilizou-se a versão *Free Trial* do software STATISTICA 7 (2005) por um período de 15 dias para o tratamento estatístico dos dados. Após a contagem das sementes germinadas e da medição das radículas, foram aplicados os testes de Barlett, Shapiro-Wilk e Durbin-Watson a fim de avaliar a homocedasticidade, a independência e a normalidade dos dados gerados, respectivamente. Posteriormente, realizou-se a análise de variância (ANOVA) com significância de 95% para a comparação das médias dos parâmetros avaliados (germinação das sementes e crescimento da radícula) em função das porcentagens de efluente avaliadas. Em seguida foi realizado o teste de Tukey HSD empregando $\alpha = 0,05$, com a finalidade determinar a similaridade e disparidade entre os tratamentos.

Posteriormente, foram realizadas análises de regressão relacionando o comprimento da radícula da plântula e as porcentagens de sementes germinadas com as dosagens de efluente aplicadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização do efluente da indústria de compensados laminados

Ao caracterizar o efluente líquido oriundo da fabricação de compensados laminados obteve-se os valores apresentados na **Tabela 2** para os parâmetros avaliados.

Ao analisar a **Tabela 2**, pode-se verificar elevadas concentrações de todos os parâmetros avaliados, estando o fenol bem acima do permitido pelo padrão de lançamento de efluentes em corpos hídricos conforme Resolução CONAMA 430 de 2011. A elevada concentração de demanda química de oxigênio solúvel está diretamente relacionada a carga orgânica do efluente, a qual indica um alto potencial poluidor devido a presença de material orgânico no mesmo, os quais são responsáveis por diversos impactos maléficos nos corpos hídricos, destacando principalmente o decaimento de oxigênio dissolvido no meio decorrente da degradação aeróbia. As concentrações de fenóis em grandes

quantidades podem acarretar na bioacumulação deste composto afetando toda a cadeia trófica, visto que esse tipo de composto tem baixa biodegradabilidade e grande hidrofobicidade, ou seja, possui maior afinidade com tecidos adiposos, portanto, permanece por maior tempo no meio, podendo atingir até mesmo o ser humano (HARNLY; BHAGWAT; LIN., 2007).

Tabela 2. Caracterização do efluente líquido gerado a partir da produção de compensados laminados.

Parâmetros	Valores médios
Demanda química de oxigênio solúvel (mg/L)	1067 ± 10,07
Fenol (mg/L)	27,43 ± 0,8
Cor aparente (uC)	3450 ± 5,8
Cor verdadeira (uC)	307 ± 3,4
Turbidez (uT)	331 ± 2,16
Sólidos totais (g/L)	4,73 ± 0,43

Os altos teores de cor e de turbidez são oriundos principalmente da presença de sólidos coloidais, dissolvidos e em suspensão no efluente, estes fatores interferem na passagem de luz prejudicando a fotossíntese e a oxigenação do meio, assim como, a deposição destes sólidos podem causar o assoreamento dos corpos hídricos receptores. Portanto, fica explícito o grande potencial poluidor do efluente e a necessidade de um conhecimento dos possíveis impactos ambientais negativos gerados a partir deste tipo de água residuária.

Ensaio do controle positivo e negativo das sementes

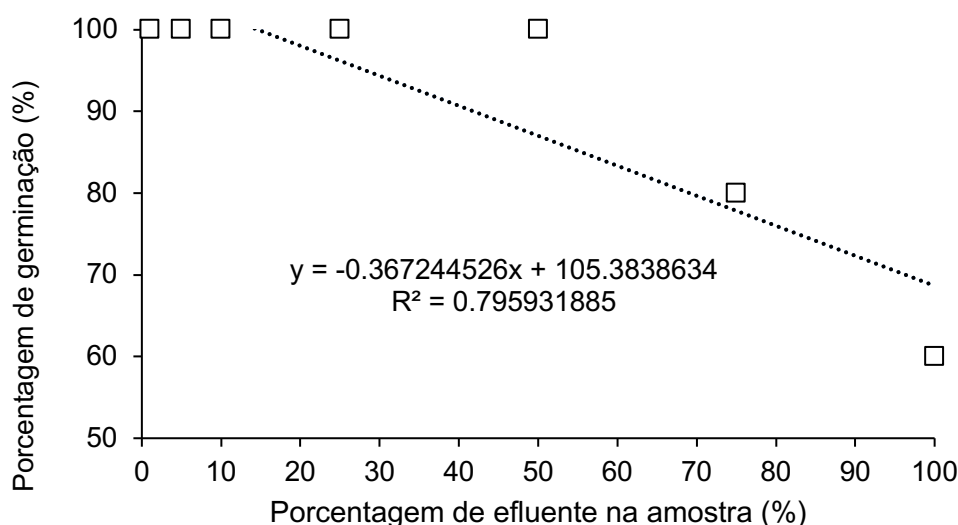
Ao realizar o controle negativo das sementes a partir da umidificação do papel *Germitest* utilizando água destilada, verificou-se a germinação de 100% das mesmas e um comprimento médio da radícula de 4,1 cm, mostrando confiabilidade nos resultados a partir do lote de sementes utilizado, não havendo influência da qualidade destas nos resultados obtidos. Em relação ao controle positivo realizado, não houve germinação de nenhuma das sementes analisadas, como esperado, o sulfato de zinco a 1% foi capaz de inibir a germinação e o desenvolvimento das sementes. Portanto, tais análises validam os resultados obtidos no estudo realizado posteriormente com as diferentes concentrações do efluente em questão.

Bioensaios ecotoxicológicos com efluente da indústria de compensados laminados

Avaliação na germinação das sementes

Em relação a porcentagem de germinação das sementes, contabilizou-se as quais possuíam o comprimento da radícula superior a 1 mm, o que é considerado como semente germinada por Romero et al. (2014) em relação a *L. sativa*, e os resultados obtidos estão dispostos na **Figura 1**.

Figura 1. Porcentagem de germinação das sementes em função das concentrações de efluente aplicadas.



O comportamento na germinação das sementes mostrou-se normalidade até que atingisse a condição de que 75% da amostra fosse efluente, onde nesta concentração, apenas 80% das sementes germinaram. A redução na germinação pode estar diretamente relacionada a alguns compostos químicos presentes no efluente, acarretando a inibição de 20% das sementes, visto que o alto valor de demanda química de oxigênio está ligado ao teor de material orgânico, assim como, a presença de alguns compostos específicos liberados a partir do cozimento das toras de *Pinnus*, como por exemplo a lignina e outras resinas. O decaimento da porcentagem de germinação foi ainda maior quando utilizado a dosagem de 100% do efluente, onde apenas 60% das sementes germinaram e 40% delas não tiveram nenhum tipo de comportamento. A diferença entre as porcentagens de efluentes de 60 e 100% na germinação é estatisticamente significativa ($p < 0.05$), diferenciando-se das demais as quais não se diferiram, como apresentado no teste de Tukey HSD da **Tabela 3**.

Outro ponto a ser considerado como possível causador da queda na germinação, é a alta concentração de fenol presente no efluente em estudo. Na condição de 100% da amostra por exemplo, têm-se uma concentração média de fenol de 27,42 mg/L a qual é considerada extremamente alta, sendo que a concentração permitida pela legislação pertinente em relação ao padrão de lançamento de efluentes (Resolução CONAMA 430/2011) é de 0,5 mg/L. Portanto, esses elevados teores podem inibir a germinação de algumas das sementes, visto que o fenol é um composto altamente tóxico. Cabe ainda salientar que o fenol estará presente no sistema radicular e estrutural da plântula as quais conseguiram germinar, pois, este composto possui grande afinidade com os organismos (lipofílico) e pouca afinidade com a água (hidrofóbico), tornando-se responsável por diversos casos de bioacumulação em vários níveis da cadeia trófica.

Diversos estudos de toxicidade são desenvolvidos utilizando a espécie *L. sativa* como bioindicador, Santos et al. (2014) ao avaliar a influência de uma amostra comercial contendo corante alimentício azorrubina, os autores concluíram que a espécie teve interferência negativa no seu crescimento, afetando de forma direta no desenvolvimento inicial da plântula. Macena et al. (2017) em seus estudos avaliaram a fitotoxicidade do

composto atrazina utilizando de sementes da mesma espécie de alface, por meio dos seus resultados, os autores puderam concluir que o composto apresentou um forte potencial de toxicidade sobre as sementes, ocasionando de forma exponencial efeitos na germinação das mesmas. Já Gryczak et al. (2018) concluíram que ao utilizar a semente de *L. sativa* na avaliação da toxicidade do efluente solubilizado de resíduos de construção civil, a espécie não apresentou toxicidade alguma, portanto, beneficiando a questão da reutilização deste tipo de água residuária. Como mencionado, são diversos os estudos desenvolvidos com o intuito de avaliar a ecotoxicidade de uma vasta gama de efluentes utilizando essa metodologia, pois, apresenta fácil aplicação e desenvolvimento, ainda que são obtidos bons e representativos resultados e o custo para sua execução é baixo. Entretanto, estudos desse tipo de metodologia relacionados a efluentes oriundos dos processos de fabricação de compensados laminados originados nos cozimentos das toras de *pinus* são escassos ou inexistentes.

Avaliação no comprimento da radícula

Os resultados obtidos nos bioensaios realizados com as diferentes concentrações do efluente oriundo da indústria de compensados laminados estão dispostos na **Tabela 3**.

Tabela 3. Avaliação no desenvolvimento inicial da plântula a partir das diferentes concentrações de efluente.

Porcentagem de efluente na amostra (%)	Comprimento médio da radícula (cm)	Porcentagem de germinação (%)
1	4,12 f	100 a
5	4,64 e	100 a
10	4,72 e	100 a
25	4,85 d	100 a
50	5,12 c	100 a
75	6,92 b	80 b
100	7,56 a	60 c

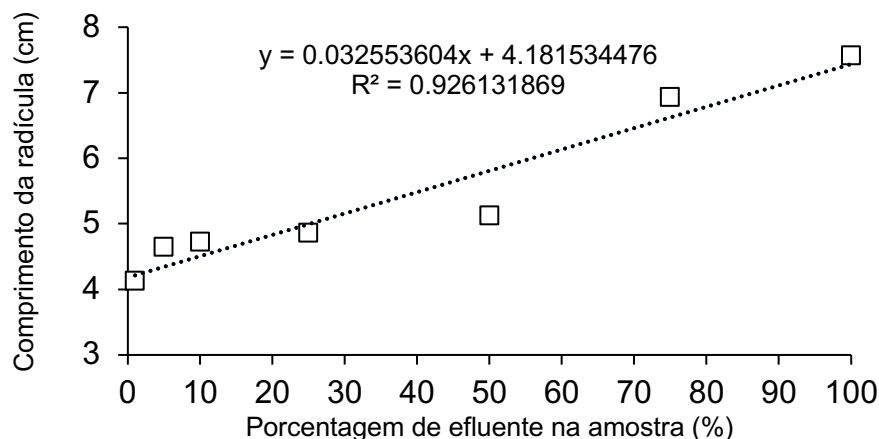
*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em relação ao comprimento médio da radícula, verifica-se uma diferença estatística significativa no crescimento a partir do aumento da concentração de efluente aplicada ($p < 0,05$), ou seja, quanto maior a concentração de efluente na amostra, maior foi o crescimento da radícula da plântula. Isso é confirmado por meio do teste de Tukey HSD, demonstrando similaridade apenas entre as porcentagens de 5 e 10%, as quais diferenciaram de todas as demais que também se diferiram entre si, a qual está apresentado na **Tabela 3**. A relação direta entre o crescimento da radícula a partir do aumento da concentração de efluente é notória como apresentado na **Figura 2**.

Por meio do elevado valor de R^2 (0,9261) obtido quando realizado gráfico de dispersão dos dados de crescimento da radícula, fica nítida a sua relação com o aumento das dosagens de efluente. Este tipo de avaliação é válido devido ao fato de poder analisar concentrações de contaminantes baixas as quais não são capazes de inibir a germinação. Porém, as plântulas podem sofrer um retardamento ou aceleração do seu crescimento

na fase primária, o que está diretamente ligado aos compostos presentes no efluente, fazendo com que a *L. sativa* torne-se um indicador subletal devido a sua sensibilidade na avaliação de contaminantes em vegetais (SOBRERO; RONCO, 2008).

Figura 2. Comprimento da radícula em função das dosagens avaliadas.



A aceleração do crescimento da radícula pode estar diretamente relacionada a quantidade de matéria orgânica presente no efluente, visto que as concentrações de demanda química de oxigênio, assim como de sólidos totais são elevadas, disponibilizando melhores condições para o desenvolvimento inicial das plântulas, assim como, segundo a literatura, este tipo de efluente possui ainda elevadas concentrações de fósforo, o qual serve de nutriente para tal crescimento. A elevada concentração de material orgânico a qual favoreceu o crescimento é a mesma responsável pelo decaimento do oxigênio dissolvido em corpos hídricos. A matéria orgânica tende a ser degradada pelas bactérias aeróbias presentes no meio as quais utilizam do oxigênio presente consumindo do mesmo para tal degradação, favorecendo o surgimento de um ambiente anaeróbio, acarretando a morte de peixes e demais organismos aeróbicos presentes no local (ALVIM et al., 2011).

CONCLUSÕES

O efluente oriundo da fabricação de compensados laminados na indústria madeireira, influencia diretamente no crescimento da radícula quando aplicado em sementes de *L. sativa*, isso se dá possivelmente devido as elevadas concentrações de demanda química de oxigênio solúvel presentes. Isso denota maior disponibilidade de matéria orgânica e nutrientes o que pode ter favorecido para o crescimento, compostos estes responsáveis por diversos impactos ambientais nos corpos hídricos quando lançados sem seu devido gerenciamento.

Além disso, por meio das análises de germinação, pôde-se concluir que o efluente possui potencial de inibição da germinação de grande parte das sementes analisadas quando utilizadas concentrações mais elevadas dele, o que pode ser resultado da presença de compostos químicos, como por exemplo o fenol. Essa inibição pode ocorrer em diversas espécies no meio ambiente, o que afeta de maneira direta a biodiversidade local.

Portanto, os bioensaios de ecotoxicidade a partir da utilização da espécie *L. sativa* são de grande valia para a toxicologia ambiental dada sua viabilidade econômica, rapidez,

confiabilidade e metodologia fácil de ser aplicada, podendo-se prever o potencial tóxico de efluentes, como no caso da fabricação de compensados laminados.

REFERÊNCIAS

ABIMCI. Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente. **Estudo setorial**. Ano Base: 2012. Curitiba, 2013. 128 p.

ALVIM, L. B.; KUMMROW, F.; BEIJO, L. A.; DE ANDRADELIMA, C. A.; BARBOSA, S. Avaliação da citogenotoxicidade de efluentes têxteis utilizando *Allium cepa* L. **Revista Ambiente & Água**, v. 6, n. 2, p. 255-265, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.198>

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Water Works Association, Water Environmental Federation, 23rd. Ed. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 430** de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, DF, 2011.

GRYCZAK, M.; KILIPPER, J. T.; COSTA, P. D.; MACCARI, A. Sementes de *Lactuca sativa* como bioindicador de toxicidade em resíduos de construção civil. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v. 24, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18616/ta.v24i0.4406>

HARNLY, J. M.; BHAGWAT, S.; LIN, L. Profiling methods for the determination of phenolic compounds in foods and dietary supplements. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 389, n. 1, p. 47-61, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00216-007-1424-7>

HEDMARK, A. **Treatment of Log Yard Runoff: Purification in Soil Infiltration Systems and Constructed Wetlands**. Uppsala, 2009. Doctoral Thesis - Faculty of Forest Sciences, Department of Forest Products Swedish, University of Agricultural Sciences. 2009.

KLAASSEN, C. D.; WATKINS III, J. B. **Fundamentos em Toxicologia de Casarett e Doull (Lange)**. 2. Ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2012.

MACENA, D. A.; AGOSTINI, E. A. T.; COSTA, T. T.; AGOSTINI, R. Teste de fitotoxicidade do composto atrazina: bioensaio utilizando como organismo teste a *Lactuca sativa*. **Colloquium Vitae**, v. 9, n. Especial, p. 7-13. DOI: <http://dx.doi.org/10.5747/cv.2017.v09.nesp.000292>

MACHADO, J. M.; LACERDA, G. A.; MOURA, C. S.; COELHO, C. A. L. **Curva de inibição para bioensaio de toxicidade aguda com sementes de alface utilizando o zinco**. In: 5º Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da FUNEDI/UEMG, 2009, Divinópolis. Anais... Divinópolis: FUNEDI/UEMG, 2009

OGA, S., BATISTUZZO, J. A. O.; CAMARGO, M. M. A. **Fundamentos de toxicologia**, São Paulo: Atheneu Editora, 2008.

ROMERO, A. J. R.; SALAZAR, C. A. R.; PICOS, R. A. R.; LOPEZ, E. L.; DÍAZ, J. E. S.; DORANTES, A. R. Índices de germinación y elongación radical de *Lactuca sativa* en el biomonitorio de la calidad del agua del río Chalma. **Revista internacional de contaminación ambiental**, v. 30, n. 3, p. 307-316, 2014.

SANTOS, D. J.; OLIVEIRA, K. R.; MAPELI, A.; MIRANDA, J. A. Bioensaios de desenvolvimento inicial de alface (*Lactuca sativa*) como potencial bioindicador de toxicidade de amostra comercial contendo corante alimentício azorrubina. **Orbital - The Electronic Journal of Chemistry**, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.17807/orbital.v6iS.1.643>

SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. **Princípios de toxicologia ambiental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

SOARES G. L. G. Inibição da germinação e do crescimento radicular da alface (CV. "GRAND RAPIDS") por extratos aquosos de cinco espécies de Gleicheniaceae; **Revista Floresta e Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 180-197, 2000.

SOBRERO, M. C.; RONCO, A. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa* L. In: ROMERO, P. R.; CANTÚ, A. M. (Eds). **Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo: la experiencia en México**. 1. ed. México: Instituto Nacional de Ecología, 2008. 414 p.

TAYLOR, B. R.; CARMICHAEL, N. B.; Toxicity of aspen wood leachate to aquatic life: field study. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 22. p. 2048-2056. 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1897/02-183>

TAYLOR, B. R.; GOUDEY, J. S.; CARMICHAEL, N. B.; Toxicity of aspen wood leachate to aquatic life: laboratory studies. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 15. p. 150-159, 1996. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/etc.5620150213>

WOODHOUSE, C. A.; DUFF, J. B. S. Treatment of log yard runoff in an aerobic trickling filter. **Water Quality Research Journal of Canada**, v. 39, p. 230-236. 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.2166/wqrj.2004.032>

ZENAITIS, M. G.; SANDHU, H.; DUFF, S. J. B. Combined biological and ozone treatment of log yard runoff. **Water Research**, v. 36, p. 2053-2061. 2002. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0043-1354\(01\)00410-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0043-1354(01)00410-9)

Recebido em: 14/09/2023

Aprovado em: 25/12/2023