

Feasibility of resin application in the coating of cellulosic food packaging through migration test

Viabilidade de aplicação de resina no revestimento de embalagem celulósica para alimentos pelo ensaio de migração

Article Info:

Article history: Received 2021-04-19 / Accepted 2021-05-17/ Available online 2021-05-18

doi: 10.18540/jcecv17iss2pp12394-01-09e

Bruna Albiero

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5535-4269>

Universidade do Oeste de Santa Catarina, Brasil

E-mail: brunalbiero@hotmail.com

Gláucia Freiberger

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0675-0948>

Universidade do Oeste de Santa Catarina, Brasil

E-mail: glauciafreiberger@gmail.com

Adriana Biasi Vanin

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7317-6125>

Universidade do Oeste de Santa Catarina, Brasil

E-mail: adriana.vanin@unoesc.edu.br

Resumo

A embalagem representa um papel essencial na conservação de alimentos, pode ser constituída de diversos materiais que flexibilizam sua aplicação e não deve possuir elementos migrantes que alterem a qualidade do produto. Diante disso, foi avaliado o potencial de migração e biodegradação de resina aplicada à embalagem celulósica destinada ao acondicionamento de bebidas refrigeradas, alternativa biodegradável à embalagem de poliestireno empregada usualmente. A migração foi mensurada por meio da quantificação gravimétrica do resíduo após contato com simulantes, água, ácido acético 3% (v/v), etanol 10% (v/v), e n-heptano. A biodegradação foi avaliada mediante verificação da perda de massa. A embalagem mostrou-se segura em contato com alimentos gordurosos em todos os ensaios, com produtos alcóolicos a 20°C até 48h, e 40°C por 2h e com água a 40°C até 24h e 65°C por 2h. O revestimento interferiu significativamente ($p>0,05$) na perda de massa, sendo que no 107º dia a embalagem revestida apresentou 38% de massa residual e a não-revestida 31%.

Palavras-chave: Papéis revestidos. Embalagens alimentícias. Segurança alimentar.

Abstract

The packaging represents an essential role in food preservation, it can consist of different materials that make its application more flexible. It must not have migrating elements that alter the product's quality. Thus, the potential for migration and biodegradation of resin applied to cellulosic packaging for refrigerated beverage packaging was evaluated, a biodegradable alternative to the polystyrene packaging usually employed. Migration was measure by gravimetric quantification of the residue after contact with simulants, water, 3% (v/v) acetic acid, 10% (v/v) ethanol, and n-heptane. Biodegradation was assess by checking for mass loss. The packaging proved to be safe in contact with fatty foods in all assays, with alcoholic products at 20°C for 48h, and 40°C for 2h, with water at 40°C for 24h and 65°C for 2h. The coating significantly interfere with the loss of mass, and on the 107th day, the coated packaging had 38% residual weight and the uncoated 31%.

Keywords: Coated papers. Food packaging. Safety food.

1. Introdução

Embalagem é o recipiente destinado a garantir a conservação e segurança durante o transporte e manuseio de produtos, sendo constituída de diversos materiais de acordo com a aplicação (Maia et al., 2007). A embalagem é um fator importante no processo de fabricação de alimentos, visto que é responsável por manter a qualidade durante sua armazenagem e distribuição, deve agir como uma barreira contra fatores externos e além disso, evitar ou retardar a deterioração do produto, aumentando o *shelf-life* (Sezer et al., 2016; Silva et al., 2008; Szczepańska et al., 2018).

Em seu estudo, Freire et al. (2008) definem a embalagem como um negócio atrativo ao mundo industrializado, que faz parte da estratégia comercial das empresas, as quais buscam vantagem competitiva no mercado, principalmente nas exportações, sendo capaz de mudar a percepção e criar uma nova posição de marketing para o produto. Nesse cenário torna-se essencial o desenvolvimento de tecnologias para compor a nova geração de embalagens, como as embalagens inteligentes e ativas, capazes de monitorar as condições do ambiente em torno do produto ou ainda, incorporar as inovações em materiais que sejam biodegradáveis, de modo a garantir a qualidade do alimento e a preservação do meio ambiente (Deshwal et al., 2019; Lavoine et al., 2015; Sezer et al., 2016).

Materiais derivados de fontes petroquímicas ainda são amplamente empregados no setor de embalagens, porém geram grande quantidade de resíduos não biodegradáveis, além de sofrerem com o declínio de recursos de petróleo. Por esse motivo, novas alternativas são buscadas para substituir tais insumos, como matérias-primas recicláveis, produzidos a partir da celulose, incluindo papel, papelão e cartões (Battisti, 2016). Segundo Triantafyllou et al. (2007), as embalagens celulósicas seguem em constante crescimento no segmento industrial, devido às suas vantagens em relação aos obtidos de fontes não renováveis. Deshwal et al. (2019) complementam que em 2019 os materiais celulósicos correspondiam a 31% do mercado internacional de embalagens.

De acordo com Battisti (2016), em virtude da elevada higroscopicidade do papel, embalagens provenientes desse produto absorvem muita umidade do ambiente, comprometendo as propriedades mecânicas originais. Desse modo, é necessário um revestimento, para melhorar sua resistência, proteger o item a ser embalado e evitar degradação, principalmente em caso de produtos alimentícios. As substâncias sintéticas usadas em revestimentos, como polímeros de derivados fósseis, estão sendo substituídas por materiais biopoliméricos originados de recursos renováveis, como polissacarídeos, proteínas e lipídios, contribuindo para reciclagem.

Quando não revestidas, são aplicadas para embalar produtos sólidos secos, como os farináceos. Os materiais a base de celulose têm grande emprego como embalagem secundária, ou seja, aquela que não entra em contato direto com o produto, como o papelão ondulado, usado para o transporte de frutas e vegetais ou para volumes maiores em virtude da boa rigidez (Landin et al., 2016).

O revestimento de embalagens celulósicas com resina possibilita a ampliação da sua aplicação à novos produtos. No entanto, esta aplicação está vinculada com a capacidade de migração dessas substâncias adicionadas ao revestimento do papel aos produtos acondicionados. A migração é uma interação física na qual ocorre a transferência dos componentes da embalagem para o produto alimentício, através da interface do recipiente (Arvanitoyannis e Kotsanopoulos, 2013). De acordo com a Anvisa (2001), as substâncias transferidas para o alimento por meio deste fenômeno são chamadas de migrantes e, Oliveira (2010) complementa que a migração não é desejável e, por isso, os migrantes são considerados aditivos acidentais que podem acarretar a contaminação toxicológica ou sensorial do produto.

IAL (2008) conceitua a migração total como a quantidade de componentes transferida dos materiais em contato com alimentos ou seus simulantes, nas condições usuais de emprego, elaboração e armazenamento ou nas condições equivalentes de ensaio. O ensaio determina a migração de compostos não voláteis ou pouco voláteis do material interno da embalagem para o produto e não fornece conclusões de toxicidade de uma espécie química específica, por não permitir a identificação das mesmas (Szczepańska et al., 2018). Segundo a Anvisa (2001), para obter a

quantidade de um componente não polimérico particular de interesse toxicológico realiza-se o ensaio de migração específica.

Deshwal et al. (2019) explicam que nenhum material em contato com alimentos é totalmente inerte, tanto alimentos sólidos quanto líquidos podem interagir com a embalagem e que o fenômeno de migração de substâncias tóxicas depende das características físico-químicas do alimento. Além disso, a migração é afetada por diversos fatores como a temperatura e o tempo de contato entre embalagem e alimento, a relação superfície de contato/volume de alimento, a espessura da embalagem, o material que a compõe, as características do composto migrante, a sua quantidade presente na composição e as técnicas utilizadas no acondicionamento do alimento (Oliveira, 2010).

Além disso, a migração ocorre de maneira diferente dependendo do tipo de material em questão, sendo que em embalagens plásticas e celulósicas o processo se dá por transferência de massa da matriz polimérica para o produto em contato, além de aditivos, resíduos, subprodutos, etc. (Gallagher et al., 2011). Essa transferência pode ser tão pequena que não se observará resposta biológica nos organismos expostos a curto prazo. Porém, mesmo em níveis muito baixos de concentração, alguns componentes migrantes afetam a saúde humana a longo prazo através de manifestações tóxicas e de difícil detecção (IAL, 2008; Mercea et al., 2020).

Em paralelo aos aspectos de segurança, têm-se a tendência de harmonizar as regulamentações adotadas em diferentes países através dos chamados Mercados Comuns, com objetivo de eliminar barreiras de mercado e favorecer a importação e exportação de produtos. Em geral, o controle no setor de embalagens para alimentos é realizado por meio de regulamentações que limitam a concentração das substâncias que irão compor as embalagens e através de ensaios de migração, que visam estimar o grau de contaminação dos alimentos com estas substâncias. A legislação do MERCOSUL permite apenas o uso de substâncias descritas nas listas positivas de materiais básicos (polímeros e resinas) e aditivos (Silva et al., 2008; Triantafyllou et al., 2007).

No Brasil, o controle e regulamentação de materiais destinados às embalagens de alimentos e bebidas é realizado pela Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) por meio das seguintes resoluções atualmente em vigor: RDC n°105 (BRASIL, 1999); RDC n°91 (BRASIL, 2001); RDC n°129 (BRASIL, 2002); RDC n°20 (BRASIL, 2007); RDC n°17 e n°20 (BRASIL, 2008). Especificamente, as disposições gerais e ensaios de migração para embalagens celulósicas são estabelecidos pela RDC n°88 (BRASIL, 2016), a qual estabelece um limite de migração total, em ensaio com simulantes, de 8 mg/dm² ou 50 mg/kg.

A embalagem a ser testada tem como proposta a substituição de embalagens não biodegradáveis, como o poliestireno, no transporte, armazenamento e acondicionamento de bebidas em refrigeração. Apesar da aplicação definida, há a possibilidade de o consumidor posteriormente acondicionar também algum tipo de alimento na embalagem. Diante da relevância do estudo, a pesquisa objetiva avaliar o potencial de migração de resina aplicada no revestimento de embalagem celulósica e, desse modo, atestar sua segurança ao consumidor. Além disso, objetiva-se avaliar o impacto da presença da resina na biodegradabilidade da embalagem celulósica com o intuito de auxiliar no desenvolvimento de uma embalagem sustentável e menos agressiva ao meio ambiente.

2. Metodologia

2.1 Ensaio de Migração Total

O material celulósico foi fornecido pela empresa de papel e celulose solicitante do estudo, a qual desenvolveu a embalagem. Os reagentes e materiais utilizados foram água destilada, n-heptano P.A. (Neon), ácido acético glacial (Êxodo Científica), álcool etílico absoluto (Química Moderna), papel filtro Whatman n° 41 e placas de Petri de vidro.

O procedimento empregado para ensaio de migração total foi realizado em conformidade com o descrito na Parte III do Regulamento n°88 da Anvisa (BRASIL, 2016), o qual consiste na

quantificação gravimétrica do resíduo total extraído do material celulósico após o contato com os simulantes de alimentos, sob as condições de ensaio contidas na Tabela 1.

Tabela 1 – Condições empregadas para a Migração Total

	Simulante A	Simulante B	Simulante C	Simulante D
Ensaio	Água destilada	Ácido acético 3% (v/v)	Álcool etílico 10% (v/v)	n-heptano
A1	20°C ± 1°C/48h ± 0,5h	20°C ± 1°C/48h ± 0,5h	20°C ± 1°C/48h ± 0,5h	20°C ± 1°C/24h ± 0,5h
A2	50°C ± 2°C/24h ± 0,5h	50°C ± 2°C/24h ± 0,5h	50°C ± 2°C/24h ± 0,5h	20°C ± 1°C/30min
B	40°C ± 1°C/24h ± 0,5h	-	40°C ± 1°C/24h ± 0,5h	20°C ± 1°C/15min
C	40°C ± 1°C/2h ± 5min	40°C ± 1°C/2h ± 5min	40°C ± 1°C/2h ± 5min	40°C ± 1°C/30min
D	65°C ± 2°C/2h ± 5min	-	-	50°C ± 1°C/30min

Para cada ensaio foram cortados 6 corpos de prova do material celulósico revestido com resina polimérica nas dimensões de 10 cm x 10 cm, totalizando 600 cm², valor requerido para superfície total analisada por teste pela RDC nº88 da Anvisa (BRASIL, 2016). Cada corpo de prova teve a parte externa removida, e foi colocado em contato com 30 mL de simulante, dentro de uma placa de Petri, de modo que o lado revestido com a resina (interno) ficasse em contato direto com o simulante do alimento. Como feito por Suciú et al. (2013), as placas de Petri foram cobertas com papel alumínio durante o período de contato, de modo a evitar a perda do simulante através da evaporação.

Após o período de contato em cada ensaio, as amostras foram retiradas, lavadas com uma pequena quantidade de solvente limpo, e o simulante, juntamente com o líquido da lavagem, foram filtrados em papel de filtro Whatman nº 41 e transferidos quantitativamente para um balão de fundo chato, previamente tarado em estufa a 105°C (Fanem). O solvente foi evaporado em um rotaevaporador (Fisatom) com auxílio de uma bomba a vácuo (Prismatec). No caso do simulante n-heptano, o procedimento de evaporação foi realizado em aparelho extrator de Soxhlet em uma capela de exaustão, com auxílio de chapa aquecedora (Fisatom). Posteriormente, o balão com resíduo da evaporação foi levado a estufa a 105°C por uma hora e em seguida resfriado em dessecador por 15 min e pesado em balança analítica (Shimadzu) com precisão de 0,1 mg. A sequência foi repetida até a obtenção de massa constante.

O procedimento descrito foi realizado para cada ensaio descrito na Tabela 1. Todos os ensaios foram realizados em triplicata e acompanhados por um branco contendo apenas o simulante em volume igual ao usado na prova original. A Equação (1) foi utilizada para a determinação da migração total, para os simulantes aquosos (água, ácido acético 3% (v/v) e álcool etílico 10%(v/v)).

$$MT = \frac{R_1 - R_2}{A} \quad (1)$$

onde MT representa a migração total [mg/dm²], R₁ é a massa do resíduo da amostra [mg], R₂ é a massa obtida na prova em branco [mg], e A corresponde a área total em contato com simulante [dm²].

No caso do simulante n-heptano, a área, A, foi multiplicada por um fator de redução “n” (n=5), devido a maior capacidade extrativa do solvente em relação ao alimento em questão (BRASIL, 2016). Para a apresentação dos resultados foi determinada a média e calculado o desvio padrão.

Segundo o mesmo regulamento, devem ser empregadas as condições que mais representam o uso do material, da embalagem ou do equipamento. Desse modo, foram realizados os ensaios que mais condizem com a utilização da embalagem.

2.2 Avaliação da Biodegradabilidade

Assim como feito por Azevedo et al. (2016), o ensaio de biodegradabilidade por perda de massa foi baseado na norma ASTM G 160-03 (ASTM, 2004). Foram cortados corpos de prova de dimensões 2,0 cm x 2,0 cm de amostras revestidas com resina polimérica e de amostras não revestidas.

O solo utilizado para a decomposição da embalagem celulósica foi preparado a partir da mistura de 2 kg de esterco de cavalo seco, 2 kg de areia grossa e 2 kg de solo fértil com baixo teor de argila. A mistura foi armazenada em um recipiente coberto por três meses para maturação. Após o período de maturação a mistura foi transferida para uma caixa com controle de temperatura, mantida a $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, e de umidade, mantida entre 20 e 30%, onde as amostras de material celulósico foram enterradas.

A perda de massa dos corpos de prova foi avaliada através da pesagem inicial, em tempo zero de biodegradação, e pesagem em 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 93 e 107 dias. Para cada período foram analisadas três amostras revestidas com resina e três amostras não revestidas e realizada a média dos valores. Os resultados foram comparados por meio de um gráfico da massa residual, em % versus o tempo, em dias, relacionando os dois tipos de amostras. Os resultados foram tratados estatisticamente, as médias foram comparadas pela Análise de Variância (ANOVA) para um nível de confiança de 95%.

3. Resultados e Discussão

3.1 Ensaio de Migração Total

O limite de migração total para embalagens celulósicas em contato com alimento é de 8 mg/dm² ou 50 mg/kg, o qual foi utilizado como referencial para análise dos resultados. A Tabela 2 apresenta os resultados para a migração total em todas as condições de contato da embalagem celulósica com os simulantes a base de água destilada, ácido acético a 3% (v/v), álcool etílico a 10% (v/v) e n-heptano.

Tabela 2 - Migração total (mg/dm²) das embalagens com diferentes simulantes

Ensaio	Migração total (mg/dm ²)			
	Água destilada	Ácido acético a 3%	Álcool etílico a 10%	N-heptano
A1	12,20 ^{aA} ± 0,89	96,95 ^{aB} ± 1,06	6,89 ^{aC} ± 0,84	2,46 ^{aD} ± 0,024
A2	12,81 ^{aA} ± 0,23	103,08 ^{aB} ± 9,19	14,23 ^{bA} ± 2,28	1,60 ^b ± 0,067
B	7,52 ^{bA} ± 0,24	-	9,48 ^{bb} ± 0,31	1,47 ^c ± 0,052
C	4,73 ^{cA} ± 0,33	85,95 ^{bb} ± 1,12	4,80 ^{aA} ± 0,29	1,77 ^d ± 0,078
D	6,38 ^b ± 0,62	-	-	1,77 ^d ± 0,063

* Média ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas/maiúsculas nas linhas/colunas indicam não haver diferença significativa a nível a 95% (Teste de Tukey).

Foram plotados gráficos para melhor visualização dos resultados e comparação com o limite de migração estabelecido pela Anvisa (BRASIL, 2016) de 8 mg/dm². A Figura 1 contém os valores de migração total obtidos com o simulante n-heptano nas diferentes condições de contato.

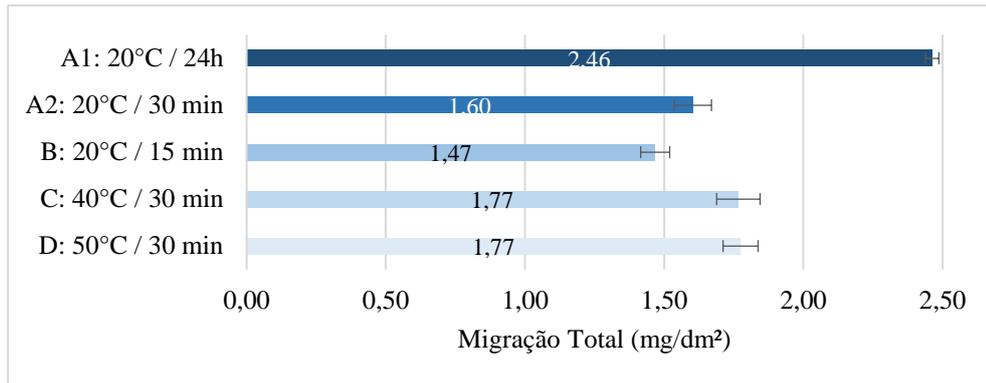


Figura 1 - Migração total de resina polimérica utilizando o simulante n-heptano

Foram encontrados valores baixos para migração total nas análises com n-heptano, o que torna a embalagem segura em contato com alimentos compostos por triglicerídeos, ou seja, que contêm gordura animal ou vegetal, molhos, leites, carnes processadas entre outros, cujo grupo é representado pelo simulante D (Arvanitoyannis e Kotsanopoulos, 2013). Uma comparação entre os simulantes aquosos, que representam um grupo distinto do simulante n-heptano, por isso possuem diferentes condições de contato com a embalagem celulósica, é representada na Figura 2.

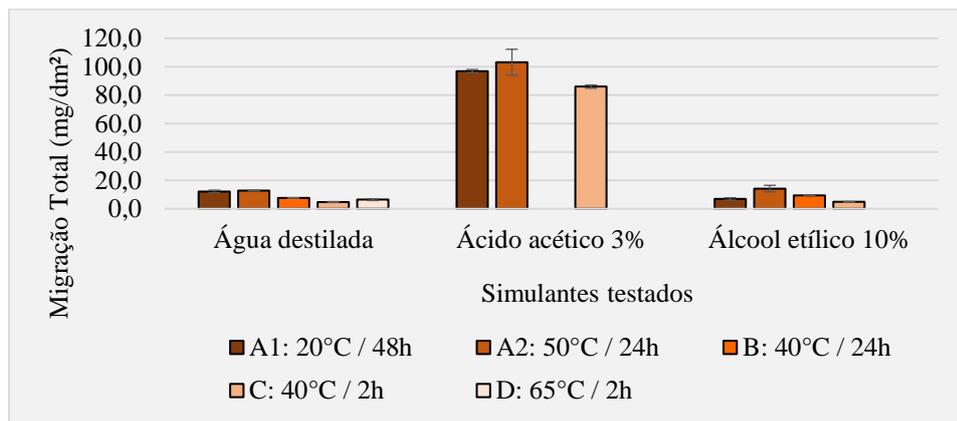


Figura 2 - Migração total com os simulantes A, B e C

Foi observada uma significativa extrapolação da taxa de migração total nas amostras em contato com a solução de ácido acético a 3%, a qual chegou até a 103,8 mg/dm². Segundo a Anvisa (2016), este simulante constitui uma condição de extração mais drástica em comparação com os demais, o que pode ter sido, juntamente com a composição química da resina, um fator agravante para a condição de migração. Esse simulante representa o grupo de alimentos aquosos com pH abaixo de 4,5, como vinagre, bebidas não alcólicas com menos de 5% de concentração alcóolica, iogurtes e similares (Arvanitoyannis e Kotsanopoulos, 2013).

A Figura 3 apresenta uma comparação entre os ensaios realizados com os simulantes aquosos A (água destilada) e C (álcool etílico 10%), os quais tiveram o comportamento mais próximo um do outro e oscilaram abaixo e acima do limite de 8 mg/dm², representado graficamente pela linha em vermelho.

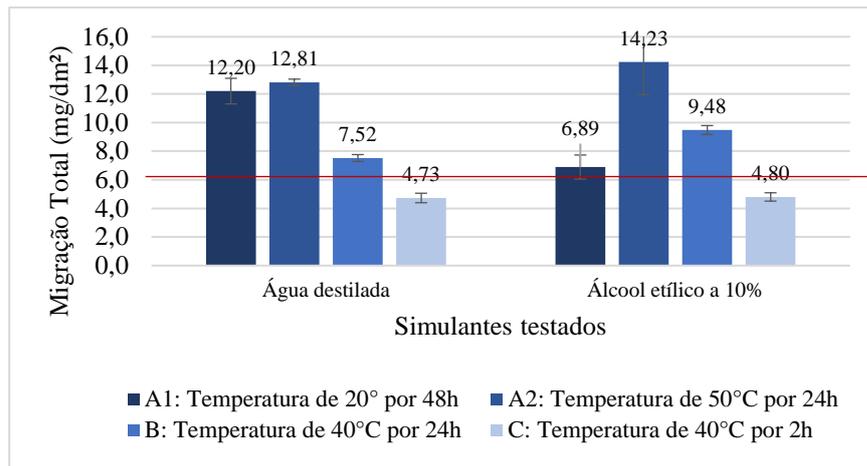


Figura 3 - Comparação entre a migração total com os simulantes A e C

A análise da Figura 3 permite identificar que, em contato com a água destilada, o período de contato causou mais impacto na taxa de migração do que a temperatura, enquanto que em contato com o álcool etílico, a temperatura teve maior influência nos valores de migração total. Desse modo, a embalagem mostrou-se segura em contato com produtos alcóolicos, como bebidas com mais de 5% de concentração alcóolica, representados pelo álcool etílico 10%, a temperaturas de 20°C por até 48h e 40°C por 2h. Já em contato com alimentos aquosos com pH maior de 4,5, incluindo bebidas não alcóolicas como água, sucos de frutas ou vegetais, néctar de frutas, limonada, água mineral, chá, café, cerveja, bolos, mel, xaropes, frutas, vegetais, peixes, queijos, carnes, ovos, sorvete e similares, a embalagem mostrou-se segura em condições de temperaturas máximas de 40°C por até 24h e 65°C por até 2h (Arvanitoyannis e Kotsanopoulos, 2013).

3.2 Avaliação da Biodegradabilidade

Na Figura 4 têm-se o perfil de perda de massa da embalagem celulósica revestida com resina polimérica durante o período de 107 dias, a fim de comparar a interferência da resina na biodegradação.

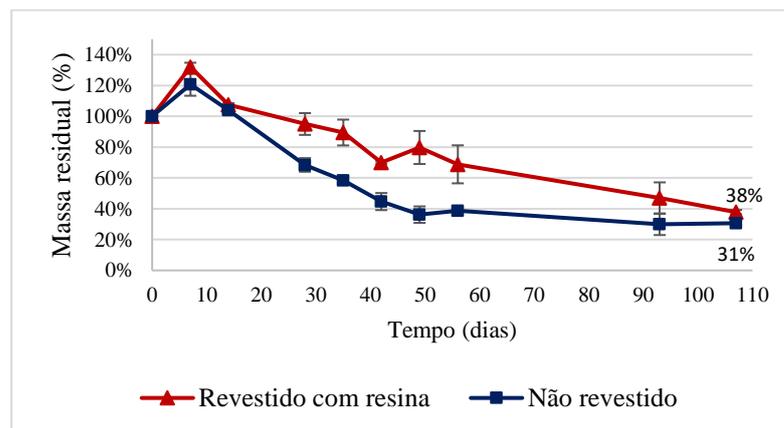


Figura 4 – Perda de massa da embalagem revestida e não revestida com resina

A análise dos resultados da figura 4 tornou evidente que o revestimento da embalagem com a resina polimérica interferiu na biodegradabilidade da embalagem, visto que na última coleta da amostra a embalagem revestida com resina ainda apresentava 38% de massa enquanto que a embalagem não revestida apresentava 31%. Os dados foram tratados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA) considerando 95% de confiança ($p < 0,05$) e observou-se diferença

significativa entre as médias da embalagem celulósica revestida com resina e não revestida, indicando que a presença da resina afetou a degradação.

O perfil da curva de perda de massa para as duas amostras seguiu um comportamento similar; inicialmente o papelão absorveu umidade do meio, e após um determinado período começou a perder massa gradativamente. Assim como observado por Azevedo et al. (2016), esse é o comportamento normal do processo de biodegradação de materiais em solo.

Vale ressaltar ainda que, segundo Jorge (2013), o período médio para a degradação de uma caixa de papelão é de, no mínimo, seis meses, aproximadamente 182 dias, portanto, os valores encontrados condizem com a literatura.

4. Conclusões

A embalagem celulósica revestida resina polimérica mostrou-se segura para alimentos gordurosos em todas as condições de contato, para alimentos alcóolicos de até 10% (v/v) a 20°C por até dois dias ou 40° por 2h e em contato com água em temperaturas de até 65°C por 2 h e 40°C por 24h, visto que nessas condições a taxa de migração permaneceu abaixo do limite de 8 mg/dm². Em decorrência do elevado teor de migração total da resina polimérica em contato com o simulante ácido acético 3% (v/v) (95,32 mg/dm² em média, para as três condições testadas A1, A2 e C), em comparação com os demais, sugere-se a realização de um ensaio de migração específica, de acordo com os constituintes da resina aplicada ao papelão, a fim de avaliar o real potencial tóxico da substância migrante. O revestimento não interferiu significativamente na perda de massa.

Agradecimentos

À Universidade do Oeste de Santa Catarina e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Referências

- ASTM, American Society for Testing and Materials - ASTM. (2004). ASTM G160-03: standard practice for evaluating microbial susceptibility of nonmetallic materials by laboratory soil burial (Vol. 14.04). West Conshohocken: ASTM.
- BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 91, de 11 de maio de 2001 ementa não oficial: Aprova o Regulamento Técnico - Critérios Gerais e Classificação de Materiais para Embalagens e Equipamentos em Contato com Alimentos constante do Anexo desta Resolução. Publicação: D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 15 de maio de 2001.
- BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 88, de 29 de junho de 2016. Aprova o regulamento técnico sobre materiais, embalagens e equipamentos celulósicos destinados a entrar em contato com alimentos e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 jun. 2016.
- Arvanitoyannis, I. S. & Kotsanopoulos, K. V. (2013). Migration phenomenon in food packaging. Food-package interactions, mechanisms, types of migrants, testing and relative legislation - A review. *Food and bioprocess technology*, 7(1), 21-36. doi: <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1106-8>
- Azevedo, J. B., Carvalho, L. H., Canedo, E. L., Barbosa, J. D. V. & Silva, M. W. S. (2016). Biodegradation evaluation of composites with natural fiber by weight loss and CO₂ production. *Revista Virtual de Química*, 8(4), 1115-1129. doi: [10.21577/1984-6835.20160080](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20160080)
- Battisti, R. (2016). *Desenvolvimento de folha celulósica com revestimento biodegradável e ações antimicrobiana e antioxidante para uso como embalagem ativa em carne bovina fresca*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

- Deshwal, G. K., Panjagari, N. R., Alam, T. (2019). An overview of paper and paper based food packaging materials: Health safety and environmental concerns. *Journal Of Food Science And Technology*, 56(10), 4391-4403. doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03950-z>
- Freire, M. T. A., Bottoli, C. B. G., Fabris, S., Reyes, F. G. R. (2008). Contaminantes voláteis provenientes de embalagens plásticas: Desenvolvimento e validação de métodos analíticos. *Química Nova*, 31(6), 1522-1532.
- Gallagher, M. J. S., Monteiro, M. & Kopper, G. (2011). Embalagens para bebidas. In: Filho, W. G. V. *Indústria de Bebidas: Inovação, Gestão e Produção*. São Paulo, Brasil.
- IAL, Instituto Adolfo Lutz. (2008). Capítulo XIV, Embalagens e equipamentos em contato com alimentos. In: *Métodos físicos químicos para análises de alimentos*, 1ª ed. São Paulo, Brasil.
- Landim, A. P. M., Bernardo, C. O., Martins, I. B. A., Francisco, M. R., Santos, M. B. & Melo, N. R. de. (2016). Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. *Polímeros*, 26 (spe), 82-92. doi:<https://doi.org/10.1590/0104-1428.1897>
- Lavoine, N., Desloges, I., Manship, B. & Bras, J. (2015). Antibacterial paperboard packaging using microfibrillated cellulose. *Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 5590-5600. doi: [10.1007/s13197-014-1675-1](https://doi.org/10.1007/s13197-014-1675-1)
- Maia, G. A., De Sousa, P. H. M. & Lima, A. S. (2007). *Processamento de sucos de frutas tropicais*. UFC.
- Mercea, P. V., Losher, C., Herburger, M., Piringer, O. G., Tosa, V., Cassart, M., Dawkins, G., Faust, B. (2020). Repeated migration of additives from a polymeric article in food simulants. *Polymer Testing*, 85, 1-37. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106436>
- Oliveira, F. A., Olivera, F. C. (2010). *Toxicologia experimental de alimentos*. Sulina.
- Sezer, U. A., Sanko, V., Yuksekdog, Z. N., Uzundağ, D. & Sezer, S. (2016). Use of oxidized regenerated cellulose as bactericidal filler for food packaging applications. *Cellulose*, 23(5), 3209-3219. doi: [10.1007/s10570-016-1000-4](https://doi.org/10.1007/s10570-016-1000-4)
- Silva, A. S., Freire, J. M. C., Franz, R., Losada, P. P. (2008). Time-temperature study of the kinetics of migration of diphenylbutadiene from polyethylene films into aqueous foodstuffs. *Food Research International*, 41(2), 138-144. doi: [10.1016/j.foodres.2007.10.007](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.10.007)
- Suciu, N. A., Tiberto, F., Vasileiadis, S., Lamastra, L. & Trevisan, M. (2013). Recycled paper–paperboard for food contact materials: contaminants suspected and migration into foods and food simulant. *Food Chemistry*, 141(4), 4146-4151. doi: [10.1016/j.foodchem.2013.07.014](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.014)
- Szczepańska, N., Kudlak, B., Namieśnik, J. (2018). Recent advances in assessing xenobiotics migrating from packaging material – A review. *Analytica Chimica Acta*, 1023, 1-21. doi: [10.1016/j.aca.2018.03.045](https://doi.org/10.1016/j.aca.2018.03.045)
- Triantafyllou, V., Akridademertzi, K. & Demertzis, P. (2007). A study on the migration of organic pollutants from recycled paperboard packaging materials to solid food matrices. *Food Chemistry*, 101(4), 1759-1768. doi: [10.1016/j.foodchem.2006.02.023](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.023)