

## ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS SIMULANTES NA MIGRAÇÃO DE ANTIMÔNIO E ALUMÍNIO EM FILMES DE PET E BOPP

Rafaela Teixeira **Salgado**<sup>1</sup>; Paulo Henrique Massaharu **Kiyataka**<sup>2</sup>; Elisabete Segantini **Saron**<sup>3</sup>

RE20228

**RESUMO** – Os filmes de politereftalato de etileno (PET) e polipropileno biorientado (BOPP) são comumente utilizados para o contato com alimentos. Nesse projeto, validamos o método de quantificação de alumínio e realizamos o estudo de migração de alumínio nos simulantes água ultra purificada e solução de ácido acético 3% (m/v). As condições de contato foram baseadas na Resolução RDC Nº 51/2010 para acondicionamento e uso prolongado a temperaturas de até 40 °C. O método foi validado e a migração de alumínio nos filmes de BOPP metalizados foi maior no simulante ácido acético 3% do que no simulante água ultra purifica. Não foi possível realizar os testes com outros simulantes e concluir o projeto devido à pandemia.

**Palavras-chaves:** Alumínio; Antimônio; PET; BOPP; migração.

**ABSTRACT** – PET and BOPP films are commonly used for food contact. In this project, the validation of the quantification of aluminum method and the study of migration of aluminum for simulants ultra-purified water and acetic acid 3% (m/v) were made. The contact conditions were based on resolution RDC Nº 51/2010 for conditioning and prolonged use by temperatures up to 40° C. The method was validated, and the aluminum migration of BOPP metalized films was greater in acid acetic 3% simulant than ultra-purified water. It was not possible to conclude the project due to the pandemic.

**Keywords:** Aluminum; Antimony; PET; BOPP; migration.

1 Autora, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas-SP; rafaella.salgado23@gmail.com; +55(11)989611626

2 Orientador: Pesquisador do ITAL, CETEA, Campinas-SP.; paulok@ital.sp.gov.br.

3 Co-orientadora: Pesquisadora do ITAL, CETEA, Campinas-SP.; esaron@italo.sp.gov.br

## 1 INTRODUÇÃO

Migração corresponde à transferência de massa de compostos químicos da embalagem para o produto que nela está contido, ou seja, ocorre uma transferência de massa dos compostos presentes na embalagem para o alimento que nela está condicionada. A migração específica, por sua vez, é um ensaio que consiste em quantificar elementos conhecidos que podem resultar em contaminação (SARANTOPOULOS; TEIXEIRA, 2017).

A migração é definida pela composição química de cada polímero e sua cadeia, além das características dos alimentos, como pH, teor alcoólico, presença de gordura e umidade, assim como as condições de uso previsto para embalagem. O conhecimento dessas informações é essencial para definir as condições do ensaio a ser realizado em relação ao tempo, temperatura e simulante. Essas condições estão descritas nas resoluções RDC Nº 91/2001 (Brasil, 2001) e RDC Nº 52/2010 da Anvisa (Brasil, 2010) (SARANTOPOULOS; TEIXEIRA, 2017).

No Brasil, de acordo com a Anvisa (BRASIL, 2001; BRASIL, 2010) o controle de migração das substâncias das embalagens para os alimentos é realizado por meio de ensaio de migração específica. Os ensaios devem ser realizados de modo a simular as condições reais de uso das embalagens quando em contato com os alimentos e/ou bebidas, ou seja, reproduzir as condições normais ou previstas de elaboração, fracionamento, armazenamento, distribuição, comercialização e consumo do produto. Assim, as condições de ensaio devem ser especificadas de acordo com a realidade de uso da embalagem (KIYATAKA, 2013; SARANTOPOULOS E TEIXEIRA, 2017; PADULA, 2010).

Há 5 tipos de simulantes para a realização do ensaio de migração específica: água, ácido acético 3%, etanol 10%, etanol 50% e azeite de oliva, este último pode ser substituído por etanol 95% ou isooctano. A Diretiva 10/2011 (COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS, 2010) estabelece os mesmos simulantes, porém deixa evidente na redação que os simulantes mais críticos são ácido acético 3%, etanol 10% e azeite de oliva, ou seja, caso a embalagem atenda o limite de migração utilizando estes simulantes não é necessário realizar os ensaios com os outros simulantes. A Resolução RDC Nº 52/2010 da Anvisa só estabelece o simulante ácido acético 3% para o ensaio de migração específica de antimônio (Sb), arsênio (As), bário (Ba), boro (B), cádmio (Cd), zinco (Zn), cobre (Cu), cromo (Cr), estanho (Sn), fluoreto (F<sup>-</sup>), mercúrio (Hg), prata (Ag) e chumbo (Pb) para embalagens pigmentadas, considerando que os elementos metálicos e os não metálicos tem uma maior taxa de migração em simulante ácido.

A legislação para embalagens utilizadas para o contato com alimentos deve garantir que essas sejam seguras e confiáveis, não sendo fonte de qualquer tipo de contaminação, seja química, física ou microbiológica. Dessa forma, é necessário conhecer os componentes e a toxicidade, bem como

o potencial de migração para cada tipo de alimento, de cada um deles, e controlá-los (SARANTOPOULOS; TEIXEIRA, 2017). Dessa forma, existem leis no Brasil e no mundo que garantem que o consumo de alumínio não ultrapasse um limite seguro à saúde.

Até 2006, a recomendação de ingestão semanal tolerável provisória (PTWI) do Comitê Conjunto de Especialistas em Aditivos Alimentares (JECFA) da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) da Organização Mundial da Saúde (WHO), era de 1 mg de alumínio por quilograma ( $1 \text{ mg kg}^{-1}$ ) de peso corporal para todos os compostos de alumínio nos alimentos. Em 2011, novos estudos foram feitos pelo JECFA, nos quais foram avaliados a biodisponibilidade e efeitos reprodutivos, de desenvolvimento e neurocomportamentais. A partir desses, foi estabelecida uma nova PTWI de  $2 \text{ mg Al kg}^{-1}$  de peso corporal/semana, baseado em um NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) de  $30 \text{ mg kg}^{-1}$  de peso corporal/dia e um fator de incerteza de 100 (FAO/WHO, 2019), devido a absorção de apenas 0,01 a 0,3% de alumínio para compostos solúveis, nos quais a biodisponibilidade é a maior e ainda, uma falta de evidência de efeitos neurológicos em humanos, visto que os estudos foram realizados em animais, administrando-se os compostos via água potável e não em alimentos.

Em 2008, a AFC (Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials) da EFSA, agência de segurança alimentar da Europa, estabeleceu uma TWI (Tolerable Weekly Intake) de  $1 \text{ mg Al kg}^{-1}$  de peso corporal/semana, como o do JECFA em 2006, devido aos resultados de todos os estudos feitos na França e no Reino Unido sobre as dietas, nos quais foram detectados maiores percentis de exposição. Como crianças geralmente possuem uma ingestão maior que os adultos, se for analisado a relação massa corpórea, esse grupo apresenta o maior potencial de exposição ao alumínio por quilo de massa corpórea. Desse modo, crianças e jovens representam um percentil 97,5 de exposição de  $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$ , ou seja, 97,5% desse grupo estudado é exposto a altas concentrações de alumínio de  $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$  de massa corpórea/ semana para crianças com idade de 3 a 15 anos na França, a  $2,3 \text{ mg kg}^{-1}$  de massa corpórea/ semana para crianças com idade de 1,5 a 4,5 anos e  $1,7 \text{ mg kg}^{-1}$  de massa corpórea/ semana para crianças entre 4 a 18 anos no Reino Unido. Para adultos, o maior potencial de exposição, correspondente ao percentil de 97,5 foi de  $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$  de massa corpórea/ semana na França e  $0,94 \text{ mg kg}^{-1}$  de massa corpórea/ semana no Reino Unido. Para idosos, essa estimativa foi um pouco mais acentuada,  $1,14 \text{ mg kg}^{-1}$  de massa corpórea/ semana.

Avaliou-se que a maior parte da exposição ao metal era por ingestão de cereais e produtos à base de cereais, legumes e algumas fórmulas infantis, já a água potável, fármacos e produtos de consumo contribuem com uma pequena parte da exposição. Pelos estudos, só foi possível determinar o teor total de alumínio nos alimentos, devido os analíticos métodos utilizados. Todavia, não é possível identificar quais os compostos e espécies diferentes de alumínio presentes, o que é

extremamente crucial, pois esses compostos possuem diferentes toxicidades. Também não foi possível identificar o que exatamente que fonte contribui para o teor de alumínio do produto, ou seja, se o alumínio é inerente do produto, se é advindo de aditivos, do processamento e do armazenamento devido uso de embalagens, folhas ou utensílios que contenham alumínio. Sendo assim, é difícil de detectar as fontes de exposição de alumínio (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2008).

Em 2011, a EFSA realizou experimentos com ratos, cuja biodisponibilidade do alumínio dos diferentes compostos foi avaliada, determinada pela razão entre a fração de radioatividade residual na carcaça das cobaias após sete dias de administração oral e intravenosa de um composto marcador com  $^{26}\text{Al}$  em sua composição. A biodisponibilidade oral do alumínio de doze diferentes compostos variou de 0,02% a 0,21%, percentual cerca de 10 vezes dos valores de biodisponibilidade orais previamente medidos. O estudo não forneceu informações necessárias para modificar as conclusões estabelecidas em 2008 pelo Painel AFC, assim os limites de alumínio dos aditivos alimentares à base de alumínio autorizados na União Europeia foram mantidos (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2011).

Em 2013, o P-SC-EMB - Committee of Experts on Packaging Materials for Food and Pharmaceutical Products publicou a Resolução CM/Res (2013) 9, que definiu o limite máximo de migração específica para alumínio de  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  de alimento ou simulante. Os limites máximos para metais foram estabelecidos baseando-se no o princípio do “ALARA”, sigla para “As Low As Reasonably Achievable”, que significa “tão baixo quanto razoavelmente possível”, considerando implicações sociais, técnicas, econômicas, práticas e políticas (EDQM, 2013).

O consumo além do recomendado pode causar riscos à saúde, já que o alumínio é considerado potencialmente cito e neurotóxico pode afetar as atividades enzimáticas e mitocondriais e produzir estresse oxidativo (KUMAR; GILL, 2009). Há também sugestões de participação do alumínio em doenças como câncer de mama, Alzheimer, osteomalácia, anemia e aluminosis (STAHL et al., 2017).

O alumínio, aparentemente, possui efeitos cumulativos no organismo e no cérebro, podendo resultar em dificuldade de fala, câibras musculares, mudança de personalidade, demência e comportamentos depressivos (STAHL et al., 2017).

A German Federal Institute for Risk Assessment, BfR, conduziu em estudo com os consumidores alemães em 2017 sobre o alumínio em embalagens alimentícias, no qual:

- 58% já sabiam sobre a transferência do alumínio para alimentos, sendo que desses 78% sabia disso há mais de um ano;

- 23% consideravam-no um risco muito grande (5) à saúde;
- 46% tomaram medidas para diminuir o uso de alumínio, não utilizando/utilizando raramente latas (31%), usando desodorantes sem alumínio (22%), evirando comprar comida em embalagens de alumínio (15%), entre outros;
- 54% já havia ouvido que alimentos salgados e ácidos não deveriam ser armazenados em latas de alumínio;
- 80% afirmaram que se houvesse alternativa, escolheria outra embalagem que não contivesse alumínio;
- 35% afirmaram que consideraram seguras as legislações em relação o alumínio em embalagens para contato com alimento;
- 24% afirmou que sabia dos riscos que o consumo demasiado de alumínio trazia à saúde.

Entre outros dados que ainda indicam relativo desconhecimento da população em relação ao alumínio. No Brasil, a Resolução RDC Nº326/2019 (BRASIL, 2019) publicada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) estabelece uma lista positiva de aditivos para materiais plásticos destinados à elaboração de embalagens e equipamentos em contato com alimentos. Essa resolução autoriza o uso do alumínio e estabelece um limite de migração específica de alumínio de  $1 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Devido a pandemia, só foi possível realizar a implantação e validação do método e análise de dois filmes de polipropileno biorientado (BOPP) metalizados em relação a migração específica de alumínio utilizando os simulantes água e ácido acético 3%, por isso focou-se nesse composto durante essa introdução. Contudo, o objetivo do projeto era avaliar a influência dos 5 simulantes de alimentos estabelecidos pela Anvisa na migração de antimônio e alumínio em 5 tipos de filmes, sendo 3 de PET e 2 de BOPP.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Validação do método**

Os parâmetros de validação avaliados foram linearidade, limites de detecção (LOD) e de quantificação (LOQ), exatidão e precisão, conforme INMETRO (2016).

A linearidade da curva analítica foi verificada utilizando o software (WinLab32™) do equipamento ICP OES, na faixa de concentração de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  a  $2 \text{ mg L}^{-1}$ .

Para determinar o limite de detecção foram realizadas 7 leituras do branco analítico para um composto por 49 mL de solução de ácido acético 3% e 1mL de ácido clorídrico concentrado e mais

7 para uma solução de 49 mL de água e 1 mL de ácido clorídrico concentrado. O limite de detecção foi calculado pela Equação 1 (INMETRO, 2018).

$$LOD = X + t.s \quad (1)$$

Onde:

X = média dos valores dos brancos da amostra; t = valor de t student unilateral, para 99% de confiança; S = desvio padrão dos brancos da amostra.

Segundo o INMETRO (2018), para a análise em nível de traços, é recomendado adotar o limite de quantificação (LOQ) como a concentração mais baixa da curva analítica.

A exatidão do método para determinação de Al, em simulante ácido acético 3% e em simulante água, foi verificada realizando ensaios de recuperação em três concentrações (0,1, 1,0 e 2,0 mg L<sup>-1</sup>) e calculada conforme a Equação 2 (INMETRO, 2018).

$$Recuperação (\%) = (C1 - C2) * 100 / C3 \quad (2)$$

Onde:

C1: concentração do analito na amostra fortificada.

C2: concentração do analito na amostra não fortificada.

C3: concentração do analito adicionado à amostra fortificada.

A precisão do método para a quantificação de Al foi avaliada através da repetibilidade, fortificando, com três concentrações diferentes (0,1, 1,0 e 2,0 mg L<sup>-1</sup>) em ambos simulantes. A partir dos resultados, foi calculado o desvio padrão amostral e a repetibilidade foi expressa como coeficiente de variação.

## 2.2 Ensaio de migração específica

Foram analisados dois filmes de polipropileno bi orientado (BOPP) metalizado em relação a migração específica de alumínio. As descrições das amostras são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Identificação das amostras analisadas.

Material	Data de Produção	Espessura	Identificação Cetec
Filme de BOPP Metalizado	Julho/2019	20 micras	1141.4/19
Filme de BOPP Metalizado	Março/2019	36 micras	1141.5/19

As amostras foram avaliadas com os simulantes e nas condições de contato apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Simulantes e condições de tempo e de temperatura.

Classificação	Simulantes	Condição de contato
Aquoso	A Água ultrapurificada	40°C/ 10 dias
Aquoso ácido	B Solução de ácido acético a 3% (m/v) em água ultra purificada	40°C/ 10 dias

Para tanto, a amostra foi mantida em contato com o simulante nas condições de contato previstas na Tabela 2, de acordo com a norma: *Materials and articles in contact with foodstuffs - plastics. Part 3: test methods for overall migration into aqueous food simulants by total immersion*.

Após o contato, o teor de alumínio migrado para o simulante foi quantificado por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES), em equipamento Perkin Elmer, modelo Optima 2000 DV.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Validação do método

A linearidade da curva padrão foi verificada através do coeficiente de correlação ( $r$ ) da curva e apresentou uma correlação superior a 0,999 para ambos os simulantes no intervalo de 0,1 mg L<sup>-1</sup> a 2,0 mg L<sup>-1</sup>.

O limite de detecção (LOD) calculado pela Equação 1 foi de 12,5 µg L<sup>-1</sup> para o simulante ácido acético 3% (média = 10,5, desvio padrão=0,63 e  $t_6 = 3,143$ , análise em 7 amostras) e de 15,5 µg L<sup>-1</sup> para o simulante água (média = 10,5, desvio padrão=1,60 e  $t_6 = 3,143$ , análise em 7 amostras).

Segundo o INMETRO (2016), para quantificação em nível de traços, é recomendado adotar o limite de quantificação como a concentração mais baixa da curva analítica, por isso foi adotado como limite de quantificação o menor ponto da curva analítica, 0,1 mg L<sup>-1</sup>. Para o ácido acético, foram analisadas três soluções com concentração de 0,1 mg L<sup>-1</sup>, e o resultado médio obtido foi de 0,097 mg L<sup>-1</sup>, desvio padrão de 0,001 mg L<sup>-1</sup>. Para a água, a média de resultado para as três amostras de mesma concentração foi de 0,113 mg L<sup>-1</sup>, desvio padrão de 0,001 mg L<sup>-1</sup>. Portanto, o método permite quantificar Al em ambas soluções em concentração no limite de migração estabelecido pela Anvisa.

A recuperação foi determinada adicionando três concentrações do padrão de alumínio nos simulantes. Os resultados da exatidão e as concentrações adicionadas estão descritos na Tabela 3.

**Tabela 3.** Resultado da recuperação do método, através do teste de recuperação<sup>(1)</sup>.

Concentração adicionada (mg L <sup>-1</sup> )	0,1	1,0	2,0
Recuperação em ácido acético 3% (%)	97,0	94,8	99,0
Recuperação em água (%)	113,3	98,6	104,8

(1) Média de 3 determinações



Segundo o INMETRO (2016), a avaliação da recuperação é função da concentração e do objetivo da análise, e estabelece para uma concentração de  $1 \text{ mg L}^{-1}$  uma faixa de aceitação de 80% a 110% de variação. Portanto, o método apresentou exatidão para ácido acético, considerando que a recuperação do Al ficou na faixa entre 94,8% a 99,0%. Contudo, ultrapassou um pouco a faixa de aceitação para água, estando entre 98,6% a 113,3%, sendo ainda um resultado razoável, portanto para a concentração de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  a recuperação será repetida.

Os resultados de coeficiente de variação (CV) obtidos estão descritos na Tabela 4.

**Tabela 4.** Avaliação da repetibilidade do método, através do coeficiente de variação <sup>(1)</sup>.

Concentração de Al adicionada ( $\text{mg L}^{-1}$ )	CV em ácido acético 3% (%)	CV em água (%)
0,1	1,1	1,3
1,0	1,0	0,6
2,0	0,9	6,8

(1) Média de 3 determinações.

Segundo o INMETRO (2016), o critério de aceitação para repetibilidade, para uma concentração de  $1 \text{ mg L}^{-1}$ , é de um CV máximo de 11%. Portanto, ambos apresentaram método apresentou precisão, considerando que os coeficientes de variação do teste de repetibilidade ficaram inferiores a 1,1%, para ácido acético, e a 6,8% para água.

Os resultados de migração específica de alumínio no simulante ácido acético 3% são apresentados na Tabela 5. As Resoluções da Anvisa expressa os limites em  $\text{mg kg}^{-1}$  e adota a densidade de 1 L de simulante é equivalente a 1 Kg de alimentos, portanto os resultados reportados em  $\text{mg L}^{-1}$  ou  $\text{mg kg}^{-1}$  são equivalentes.

**Tabela 5.** Migração específica de alumínio em ácido acético, em  $\text{mg kg}^{-1}$  <sup>(1,2)</sup>

Amostras	Média	Desvio Padrão	Intervalo de Variação
1141.4/19	3,37	0,02	3,35 – 3,39
1141.5/19	1,57	0,11	1,48 – 1,72

(1) Limite aplicável:  $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$  de simulante, segundo a Resolução RDC Nº 326/19 da Anvisa.

(2) Resultado de quatro determinações.

Para o simulante ácido acético, as duas amostras, 1141.4/19 e 1141.5/19, apresentaram migração específica de alumínio acima do limite, de  $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$  simulante, estabelecido pela Resolução RDC Nº 326/19 da Anvisa.

Os resultados de migração específica de alumínio no simulante água são apresentados na Tabela 6.



**Tabela 6.** Migração específica de alumínio em água, em  $\text{mg kg}^{-1}$  <sup>(1,2)</sup>.

Amostras	Média	Desvio Padrão	Intervalo de Variação
1141.4/19	0,84	0,36	0,42 – 1,29
1141.5/19	$\leq 0,11$	0,02	$\leq 0,10^{(3)}$ – 0,15

(1) Limite aplicável:  $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$  de simulante, segundo a Resolução RDC Nº 326/19 da Anvisa.

(2) Resultado de quatro determinações.

(3) Limite de Quantificação

Para a água, a amostra 1141.4/19 apresentou apenas uma repetição que está acima do limite estabelecido pela Anvisa, mas a média está abaixo dele. Enquanto a amostra 1141.5/19 apresentou todos resultados abaixo do limite.

Pelos resultados obtidos, concluímos que a solução de ácido acético 3% é um simulante que possui um poder de extração de alumínio superior ao simulante água ultra purificada. Pelo item 6.2 da Resolução RDC N.326/19, para determinar a migração específica, quando pertinente, os ensaios podem ser realizados somente com o simulante considerado mais crítico para o material e substância que está sendo avaliado, mas isso só pode ser realizado caso existam provas científicas de que os resultados obtidos na migração são iguais ou mais severos do que aqueles obtidos utilizando-se os demais simulantes de alimentos.

Dessa forma, pelos resultados obtidos para aprovação de um filme de BOPP metalizado pode-se fazer apenas o ensaio com o simulante ácido acético 3%, não sendo necessário realizar os ensaios com os dois simulantes: água ultrapurificada e ácido acético 3%.

#### 4 CONCLUSÕES

Analisando os experimentos e cálculos realizados até o momento, pode-se verificar que:

- A linearidade das curvas padrão apresentou correlação superior a 0,999 para os dois simulantes no intervalo de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  a  $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ , que é o ideal;
- O limite de detecção (LOD) foi de  $12,5 \mu\text{g L}^{-1}$  para o simulante ácido acético 3% e  $15,5 \mu\text{g L}^{-1}$  para o simulante água;
- O limite de quantificação (LOQ) foi de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  para ambos simulantes;
- A recuperação foi de 94,8% a 99,0% para ácido acético e de 98,6% a 113,3% para água, estando o primeiro dentro da faixa de aceitação e o segundo um pouco fora, sendo, porém, razoável;
- O coeficiente de variação (CV) do método ficou inferior a 1,1% para ácido acético e a 6,8% para água, garantido-lhes repetibilidade;

- Para o ácido acético, as duas amostras, 1141.4/19 e 1141.5/19, apresentarem migração específica acima do limite, de  $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$  simulante, estabelecido pela Resolução RDC Nº 326/19 da Anvisa;

- Para a água, a amostra 1141.4/19 apresentou apenas uma repetição que está acima do limite estabelecido pela Anvisa, mas a média está abaixo dele. Enquanto a amostra 1141.5/19 apresentou todos resultados abaixo do limite.

- Através dos resultados obtidos, conclui-se que a solução de ácido acético 3% é um simulante com poder de extração de alumínio do que o simulante água ultra purificada.

Os restantes dos testes foram interrompidos por conta da pandemia, dessa forma, não foi possível obter mais conclusões.

## 5 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPQ/PIBITI pela concessão da bolsa. Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital), ao Centro de Tecnologia de Embalagens (Cetea) e aos meus orientadores pela oportunidade de estágio e ensinamentos.

## 6 REFERÊNCIAS

ALFREY, A. C. Aluminum toxicity. **Bull N Y Acad Med.** 60(2):210–212. 1984.

BRASIL. Ministério da Saúde – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 91 de 11 de maio de 2001. Dispõe sobre critério gerais para embalagens e equipamentos em contato com alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15 maio 2001.**

BRASIL. Ministério da Saúde – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 52 de 26 de novembro de 2010. Dispõe sobre corantes em embalagens e equipamentos plásticos destinados a entrar em contato com alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 dez. 2010.**

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diretoria Colegiada. Resolução RDC Nº 326, de 3 de dezembro de 2019. Estabelece a lista positiva de aditivos destinados à elaboração de materiais plásticos e revestimentos poliméricos em contato com alimentos e dá outras providências. **Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 234, p. 95, 4 dez. 2019.** Disponível em: <http://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-da-diretoria-colegiada-rdc-n-326-de-3-de-dezembro-de-2019-231272617>. Acesso em: 21 janeiro 2020.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS. REGULAMENTO (UE) Nº 10/2011, de 14 de Janeiro de 2011. Relativo aos materiais e objectos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os alimentos. **Jornal**

**Oficial da União Europeia**, Bruxelas, L 12, 15 Jan. 2011. 89 p. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0010&from=EN>>. Acesso em: 19 janeiro 2020

DANTAS, S. T.; GATTI, J. A. B.; SARON, E. S.; **Embalagens metálicas e sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: Ital/Cetea, 1999. 232 p.

DEPARTAMENTO AUSTRIACO DE SAÚDE (Bundesministerium für Gesundheit (BMG)) Aluminium—toxikologie und gesundheitliche. Aspekte körpernaher Anwendungen. Herausgeber, Medieninhaber und Hersteller: Bundesministerium für Gesundheit, Sektion II Radetzkystraße 2, 1031 Wien, Österreich. 2014.

EUROPEAN DIRECTORATE FOR THE QUALITY OF MEDICINES & HEALTHCARE - EDQM. **Metals and alloys used in food contact materials and articles**: a practical guide for manufacturers and regulators. Strasbourg, 2013. 215 p.

EXLEY, C. Human exposure to aluminium. **Environ Sci Process Impacts**. 15(10):1807–1816. 2013.

FAO/WHO. **Working document for information and use in discussions related to contaminants and toxins in the GSCTFF**. Yogyakarta: FAO/WHO. 164 p. 13<sup>th</sup>. Session, May 2019.

GERMAN FEDERAL INSTITUTE FOR RISK ASSESSMENT. **BfR research**: proof of the transfer of aluminium from menu trays to food. 21/2017. Berlin: BfR, May 2017a. Disponível em: [https://www.bfr.bund.de/en/press\\_information/2017/21/bfr\\_research\\_\\_proof\\_of\\_the\\_transfer\\_of\\_aluminium\\_from\\_menu\\_trays\\_to\\_food-201015.html](https://www.bfr.bund.de/en/press_information/2017/21/bfr_research__proof_of_the_transfer_of_aluminium_from_menu_trays_to_food-201015.html). Acesso em: janeiro de 2020.

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. Orientações sobre validação de métodos analíticos. **DOQ-CGCRE-008**, Rio de Janeiro, 2016. Revisão 05.

KIYATAKA, P. H. M. **Chumbo, cádmio, mercúrio e arsênio em embalagens poliméricas**. 2013. 105 f. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, p. 24, 2013.

KUMAR, V.; GILL, K. D. Aluminium neurotoxicity: neurobehavioural and oxidative aspects. **Arch Toxicol** 83(11):965–978. 2009.

PADULA, M. Food packaging legislation in South and Central America. In: Rijk, R.; Veraart, R. (Ed.). **Global legislation for food packaging materials**. Germany: Wiley-VCH, 2010. cap. 15, p. 255-282. Disponível em: <<https://www.worldpackaging.org/Uploads/SaveTheFood/GlobalLegislationFoodPackagingMaterials.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2019.

QUINTAES, K. D. Utensílios para alimentos e implicações nutricionais. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 13, n. 3, p. 151-156, set./dez., 2000.

SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; TEIXEIRA, F. G. **Embalagens Plásticas Flexíveis - Principais polímeros e avaliação de propriedades**. 2ª edição. Campinas. Ital/Cetea, 2017.

STAHL, T. et al. Migration of aluminum from food contact materials to food—a health risk for consumers? Part I of III: exposure to aluminum, release of aluminum, tolerable weekly intake (TWI), toxicological effects of aluminum, study design, and methods. **Environ Sci Eur** 29:19. 2017.

## 6.1 Revisão ortográfica

A responsabilidade pela revisão ortográfica do resumo expandido é dos autores.