

## Novo conceito de *trolley* para melhoria na gestão de resíduos gerados em serviço de bordo de voos domésticos

### RESUMO

**Italo José Cendrete**  
Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil  
[italo.jcendrete@gmail.com](mailto:italo.jcendrete@gmail.com)

**Karolina Furukawa Silva**  
Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil  
[karolina.furukawa@unifesp.br](mailto:karolina.furukawa@unifesp.br)

**Maraisa Gonçalves**  
Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil  
[goncalves.maraisa@unifesp.br](mailto:goncalves.maraisa@unifesp.br)

Atualmente, os resíduos sólidos gerados no serviço de bordo da aviação representam um impacto significativo ao meio ambiente global. Baseado nesta premissa, este trabalho se dedicou ao desenvolvimento de um conceito revolucionário de *trolley* (carrinho) compartimentados. A coleta de dados a partir de fabricantes de aeronaves, companhias aéreas e passageiros foi o ponto de partida para entendimento das questões ambientais no setor de aviação. Ficou evidente que existe um consenso sobre a carência de iniciativas que facilitem a separação e o descarte adequado de resíduos. O *trolley* projetado dispõe de quatro compartimentos destinados à segregação dos resíduos e passou por três rodadas de validação, com a participação de especialistas do setor. Ao término do processo, o conceito do *trolley* foi aprovado de forma unânime. A implementação desse conceito inovador promete reduzir significativamente o impacto ambiental causado pelos resíduos do serviço de bordo no Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aviação. Inovação tecnológica. Sustentabilidade. *Trolley*. Resíduos sólidos.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, a aviação teve um notável crescimento de mais de 77% entre 2007 e 2017 (ANAC, 2018). Em voos domésticos, o número de passageiros transportados atingiu 95,3 milhões em 2019, porém com a chegada da pandemia do novo coronavírus no primeiro trimestre de 2020 trouxe um impacto significativo ao setor, com uma redução abrupta no número de voos em até 90%. Em abril de 2020, o pior mês para o setor, a aviação brasileira operou apenas em situações essenciais para transporte de materiais, profissionais de saúde e pessoas com necessidades urgentes de viagem (FERREIRA, 2020). Além disso, após retorno houve ajustes nos serviços de bordo, priorizando refeições embaladas (IATA, 2021). Com o avanço da vacinação a demanda por transporte aéreo tem se recuperado gradualmente (IATA, 2022). Em 2024 o crescimento do setor aéreo mundial foi record, com aumento de aproximadamente 11% em relação a 2023, tanto para o setor de cargas quanto para passageiros (IATA, 2022).

O crescimento do setor da aviação traz grandes benefício a sociedade e constantemente está modernizando com alta tecnologia usada neste setor. No entanto, a gestão de resíduos ainda é precária, necessitando o alinhamento de tecnologia e políticas públicas eficazes para o correto gerenciamento de resíduos. No Brasil, as autoridades reguladoras, como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estabelecem boas práticas sanitárias que exigem apenas a separação de resíduos em dois grupos: Grupo A (Infectante) e Grupo D (Comum) (ANVISA, 2018). Isso não atende às exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece a necessidade de segregação de resíduos comuns em papel, plástico, metal, vidro, orgânico e rejeito (BRASIL, 2010). A PNRS, visa o gerenciamento adequado de resíduos sólidos em todo o Brasil e estabelece responsabilidades para fabricantes, consumidores e o poder público. Além disso, também estabelece ordem importante, sendo prioridade a não geração de resíduos, a redução, reutilização e reciclagem, reservando a destinação final em aterro sanitário apenas para os rejeitos (BRASIL, 2010). Contudo, o processo de reciclagem não se limita apenas a tecnologia empregada, mas também abrange a eficiência das etapas de triagem e coleta dos resíduos, a proximidade geográfica em relação aos centros geradores, e a integração de fatores econômicos, relacionados a viabilidade do retorno de materiais recicláveis ao ciclo produtivo, e sociais, incluindo a conscientização ambiental (DE ALBUQUERQUE FUJIWARA; PINEDA; SILVA, 2024).

A gestão de resíduos em voos internacionais segue regulamentações diferentes, com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Vigilância Agropecuária Internacional supervisionando o gerenciamento do resíduo ou mesmo a necessidade de tratamento no interior do aeroporto. Porém, todo o resíduo deve ser descartado em aterro para evitar contaminação de pessoas (CARRA; CONCEIÇÃO; TEIXEIRA, 2013). Portanto, o foco deste trabalho está nos voos domésticos, onde as políticas de gestão de resíduos necessitam de melhorias significativas para atender aos padrões da PNRS.

Há poucos trabalhos na literatura relacionados aos resíduos de serviço de bordo. A nível internacional a IATA lançou o programa de Auditoria de Composição de Resíduos de Cabine (CWCA), com o objetivo de padronizar a

coleta de dados sobre resíduos gerados a bordo e promover economia circular, beneficiando a sociedade e o meio ambiente. Outros **trabalhos tem usado a tecnologia em prol da melhoria da gestão de resíduos do serviço de bordo (IATA, 2024)**. Por exemplo, Aghazadeh (2025) desenvolveu um modelo baseado em aprendizado de máquina para prever o desperdício de alimentos em voos, utilizando a tecnologia para uma aviação mais sustentável (AGHAZADEH, 2025). Em uma pesquisa conduzida na África do Sul, foi identificada a geração de aproximadamente 5 milhões de toneladas de resíduos de serviço de bordo (SAMBO; HLENGWA, 2018). Blanca-Alcubilla et al. (2018) analisou aproximadamente 145 voos no aeroporto de Barajas, Espanha, classificando os resíduos em três categorias: manuseados, não manuseados e outros. Os resíduos manuseados eram compostos por papel e papelão (28%), resíduos orgânicos (23%), e embalagens (11%), o que indica que a maioria desses resíduos têm potencial de reciclagem (BLANCA-ALCUBILLA; BALA; HERMIRA; DE-CASTRO et al., 2018). A nível global, a IATA (*International Air Transport Association*), descreve que cada passageiro de voos curtos (com menos de 6 horas de duração) gera em média 0,52 kg de resíduos por passageiro, enquanto a geração em voos de longa duração varia de 0,63 a 1,42 kg por passageiro (IATA, 2018). Os resíduos de cabine são em sua maioria, restos alimentares, embalagens e bebidas, dos quais cerca de 57% desses resíduos são provenientes de refeições e bebidas, 18% consistem em resíduos líquidos e 17% correspondem a materiais de embalagem (GUVEN; DEGIRMENCI; GUNERHAN; ALTUNTAS, 2024). No contexto global, a geração anual de resíduos de cabine em voos nacionais e internacionais é aproximadamente 5,4 milhões de toneladas (SEBASTIAN; LOUIS, 2021), evidenciando a necessidade de estratégias eficazes para sua gestão.

A aplicação de processos que visam a redução, destinação e reciclagem adequadas desses resíduos, mostram-se urgentes. Medidas como a separação de materiais recicláveis, otimização de embalagens ou implementação da economia circular, podem minimizar os impactos ocasionados para a sociedade e meio ambiente utilizando novas tecnologias (GUVEN; DEGIRMENCI; GUNERHAN; ALTUNTAS, 2024; QUEIROZ; LIMA; QUEIROZ; DE OLIVEIRA et al., 2024; SALESA; LEÓN; MONEVA, 2023)

No Brasil, há poucos trabalhos explorando dados sobre a quantidade de resíduos de serviço de bordo e sua composição (VIECZOREK, 2019). Um estudo realizado indicou que são gerados aproximadamente 43 kg de resíduos do serviço de bordo em voos domésticos com duração de aproximadamente 3 horas e uma média de 100 passageiros (BRITO, 2018).

É notável que a maioria dos resíduos gerados em voos em todo o mundo é encaminhada para aterros sanitários e não é reciclada (BLANCA-ALCUBILLA; ROCA; BALA; SANZ et al., 2019; LI; POON; LEE; CHUNG et al., 2003). Apesar da escassez de estudos específicos sobre gestão e otimização de resíduos gerados durante voos, a literatura existente apresenta predominantemente revisões e estudos de caso direcionados a minimizar a geração de resíduos de serviço de bordo. Kanwal; Zhang; Zeb; Hussain et al. (2025) conduziram uma revisão abrangente sobre a integração de tecnologias de inteligência artificial (IA) no setor aéreo, destacando sua aplicação no monitoramento de alimentos preparados e distribuídos em voos. Os autores observaram não apenas uma redução significativa no desperdício de alimentos, mas também uma melhoria

mensurável na qualidade dos serviços (KANWAL; ZHANG; ZEB; HUSSAIN *et al.*, 2025). Khalifa; Alherbawj; Bicer; Al-Ansari (2024) realizaram uma análise detalhada de práticas sustentáveis na aviação, destacando a implementação de *trolley* biocompartimentados, os quais facilitam a segregação eficiente de resíduos a bordo, otimizando processos logísticos e reduzindo impactos ambientais (KHALIFA; ALHERBAWI; BICER; AL-ANSARI, 2024). Nesse contexto, soluções inovadoras que alinham a tecnologia os aspectos sociais e ambientais devem ser desenvolvidas com urgência, envolvem transformações nas práticas operacionais, na cultura institucional e nos padrões de consumo dos passageiros.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é destacar a importância da implementação de requisitos e práticas que visem reduzir o impacto ambiental causado pelos resíduos comuns gerados nos serviços de bordo em voos domésticos no Brasil. Como foco principal, o trabalho propõe o desenvolvimento de um *trolley* compartimentado para a separação eficiente dos resíduos no momento de sua geração. Essa iniciativa visa otimizar a coleta seletiva a bordo, tornando-a mais eficaz e facilitando o processo de reciclagem, o que, por sua vez, contribui para a redução do desperdício e do impacto ambiental associado aos resíduos da aviação.

## **METODOLOGIA**

A metodologia adotada neste trabalho baseou-se na coleta de dados reais e atualizados sobre as operações das companhias aéreas e nas práticas relacionadas aos resíduos de serviço de bordo no Brasil. Também foram analisados os aspectos relacionados aos fabricantes de aeronaves e às regulamentações vigentes, resultando em uma abordagem de pesquisa de natureza mista, abrangendo tanto abordagens qualitativas quanto quantitativas.

O trabalho foi dividido em quatro fases distintas. Na fase 1, uma pesquisa por meio de questionários foi conduzida com pessoas relacionadas com a aviação civil brasileira, incluindo passageiros, colaboradores de companhias aéreas e fabricantes de aeronaves. Além disso, uma revisão da literatura e consulta às companhias aéreas foram realizadas para identificar os projetos de *trolleys* atualmente em uso. Após a análise das respostas aos questionários e a revisão dos projetos de *trolleys* existentes, oportunidades de melhoria foram identificadas, particularmente relacionadas à disposição dos compartimentos internos dos *trolleys*.

Na fase 2, com base nos dados coletados, foi elaborada uma lista de requisitos de projeto, abrangendo aspectos de ergonomia para facilitar o manuseio e transporte, considerações de peso para soluções mais leves visando economia de combustível, requisitos de certificação aeronáutica e operacionais. Nesta fase, também foram identificados os principais tipos de resíduos gerados em voos domésticos, e medidas de massa e volume foram realizadas experimentalmente para estimar a quantidade de resíduos com base no número de passageiros. A fase 3, conhecida como fase de execução, envolveu a criação de modelos 3D detalhados dos compartimentos e suas características, utilizando o software Catia V5.

Na fase 4, ocorreu a verificação dos requisitos. Para realizar essa avaliação, foram selecionados cinco especialistas da indústria aeronáutica, composto por três engenheiros e duas comissárias de bordo. A avaliação seguiu as diretrizes de Nielsen (2000). Os especialistas selecionados possuem mais de 15 anos de experiência na indústria aeronáutica, com formação avançada em áreas relevantes, como ergonomia, projeto de interiores e certificação de interiores aeronáuticos.

Foram realizadas três rodadas de validação virtual junto aos especialistas. O formulário utilizado nas validações continha cinco perguntas: (i) O novo conceito de *trolley* está explícito?; (ii) Os benefícios no novo conceito de *trolley* estão claros para seu setor?; (iii) Identifica alguma dificuldade durante o serviço de bordo com este novo conceito de *trolley*?; (iv) Identifica alguma dificuldade para certificação deste novo conceito de *trolley na sua área*? e (v) A solução é inovadora? Após a elaboração das respostas foi adequando o projeto até que a validação fosse efetuada com sucesso.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de avaliar o impacto ambiental gerados pelos resíduos sólidos do setor da aviação, especificamente serviço de bordo, elaboramos um questionário anônimo por meio de formulário eletrônico, o qual foi amplamente divulgado em três canais distintos de comunicação: fóruns internos da indústria de aviação, redes sociais profissionais e por e-mail. As perguntas foram elaboradas de modo a obter respostas por seleção de opções e respostas dissertativas. Dependendo do grupo ao qual pertenciam (passageiros, colaboradores de companhias aéreas ou colaboradores da indústria de aviação), as perguntas foram direcionadas para obter diferentes perspectivas e experiências no setor de aviação.

No total, o questionário recebeu respostas de 91 participantes, todos maiores de 18 anos e concordando com o uso de suas respostas para este trabalho. Aproximadamente metade dos respondentes eram passageiros, e a outra metade eram colaboradores da indústria de aviação. Notavelmente, não recebemos respostas de colaboradores de companhias aéreas. As perguntas destinadas aos passageiros tinham como objetivo avaliar se a sustentabilidade era um valor importante para eles e se estariam dispostos a apoiar companhias aéreas que adotassem práticas sustentáveis. Além disso, solicitamos sugestões para reduzir o impacto ambiental e aprimorar a separação de resíduos nos serviços de bordo em voos.

Dentre os 46 respondentes na categoria de passageiros, cerca de 87%, considerou a sustentabilidade ambiental como "Muito Importante", enquanto aproximadamente 11% a classificaram como "Importante". Entre os passageiros que responderam ao questionário, 63% viajaram de avião pelo menos uma vez por ano, dos quais cerca de 91% consideraram a relevância das práticas de sustentabilidade de uma empresa na hora de comprar passagens aéreas. Um dado relevante é que 96% dos respondentes estariam dispostos a escolher voar com uma empresa que adote e promova mais práticas de sustentabilidade em comparação com seus concorrentes. Isso é consistente com a crescente conscientização ambiental, onde pessoas preferem produtos e serviços de

empresas comprometidas com o desenvolvimento sustentável (BLANCA-ALCUBILLA; BALA; HERMIRA; DE-CASTRO *et al.*, 2018; BLANCA-ALCUBILLA; ROCA; BALA; SANZ *et al.*, 2019).

Para a questão dissertativa os passageiros puderam oferecer sugestões. Cerca de 36% dos respondentes sugeriram que melhores práticas de separação de resíduos poderiam reduzir o impacto ambiental, enquanto 29% propuseram o uso de materiais biodegradáveis em voos e 14% sugeriram a utilização de materiais recicláveis. Outras sugestões incluíram a reutilização de itens, a compensação de carbono e o uso de fontes de energia mais sustentáveis. Essas respostas dissertativas estão alinhadas com as recomendações da Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP). Elas descrevem ações para resolver problemas de desperdício e reduzir o impacto ambiental, incluindo a prevenção da geração de resíduos, produção enxuta, reciclagem, recuperação e envio para aterros (NAKORNKAO; MONGKALIG, 2022). Isso também está de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) descrita na lei 12305 de 2010 (BRASIL, 2010). Portanto, a redução do volume de resíduos, juntamente com a reciclagem e reutilização, deve ser preferencial em relação ao descarte em aterros, com todos esses processos beneficiados por uma gestão mais eficiente de resíduos e pelo uso de materiais biodegradáveis. Além disso, os resultados do questionário estão alinhados com relatos de que atualmente as novas gerações demonstram uma preocupação significativa das pessoas com o meio ambiente, as quais expressaram a intenção de se envolver na defesa do meio ambiente e das questões climáticas (KANJ, 2022; SAWICKA; MARCINKOWSKA, 2023).

As perguntas formuladas para os colaboradores da indústria da aviação tinham como objetivo entender a relevância da sustentabilidade ambiental no momento do desenvolvimento de projetos aeronáuticos e na escolha de materiais. Dos 45 colaboradores que responderam ao questionário, cerca de 20% afirmaram considerar medidas para aprimorar a separação de resíduos a bordo durante o desenvolvimento de projetos, e 18% disseram considerar isso apenas em alguns projetos. No entanto, 31% afirmaram não considerar a separação de resíduos, e outros 31% não souberam ou preferiram não responder. Esses resultados indicam que a preocupação ambiental sobre resíduos sólidos é pouco considerada nesse setor, sendo o principal foco apenas com emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de combustíveis fósseis (BLANCA ALCUBILLA, 2021).

Em relação à escolha de materiais, 42% dos colaboradores da indústria de aviação consideram relevante levar em conta os impactos ambientais dos materiais usados em projetos de interiores de aeronaves, enquanto 27% consideram essa escolha como muito relevante. Cerca de 18% consideram essa questão como pouco relevante, e 13% não souberam responder. A importância da escolha de materiais se relaciona à preocupação da indústria aeronáutica com o peso dos materiais nos projetos, uma vez que as emissões de gases de efeito estufa e o consumo de combustível estão diretamente ligados ao peso da aeronave e sua carga útil (BLANCA-ALCUBILLA; BALA; HERMIRA; DE-CASTRO *et al.*, 2018; BLANCA-ALCUBILLA; ROCA; BALA; SANZ *et al.*, 2019). Assim, a relevância dos materiais empregados está mais relacionada ao consumo de energia do que à gestão de resíduos ou ao ciclo de vida dos produtos.

Na questão dissertativa, cerca de 45% dos respondentes sugeriram o uso de materiais biodegradáveis, enquanto 33% destacaram que a separação de resíduos é fundamental para reduzir o impacto ambiental decorrente dos serviços de bordo. Além disso, houve sugestões de parcerias entre companhias aéreas, passageiros e órgãos reguladores para desenvolver uma abordagem conjunta para a gestão de resíduos, bem como a adoção de novas fontes de energia. As principais dificuldades apontadas pelos colaboradores para projetar interiores que facilitem a separação de resíduos de bordo incluíram a falta de espaço na aeronave, custos e requisitos de peso. Isso ocorre porque tanto o espaço disponível quanto o peso são fatores críticos no design de uma aeronave, tanto em seu interior quanto em sua estrutura. Portanto, qualquer modificação nas estruturas deve manter pesos e dimensões semelhantes às tradicionalmente utilizadas.

Considerando as respostas supracitadas, percebe-se que há uma parcela significativa das pessoas que enfatiza a importância da segregação de resíduos gerados em voos. Porém, mesmo existindo legislações para a correta segregação, isso ainda não é realizada na prática (BRASIL, 2010). Segundo relatório conduzido da companhia FCC (*Food Control Consultants Ltd.*), mesmo companhias aéreas que aplicam programas de reciclagem em voos nacionais e internacionais, mediante sistemas de coleta seletiva ou mista, enfrentam desafios com a eficiência da segregação dos resíduos de serviço de bordo devido a dificuldade no armazenamento por falta de espaço ou associada aos curtos intervalos entre os voos (FCC, 2024). Outro ponto importante para a indústria aeronáutica, especialmente para serviços de bordo, devem ser leves e higiênicos, o que faz com que intensifique o uso de utensílios a base de plástico (BLANCA ALCUBILLA, 2021; REZEKIA, 2021).

Com base na análise das respostas do questionário, foi desenvolvido um projeto de criação de um *trolley* compartimentado usando modelagem 3D no software CATIA V5. A concepção dos compartimentos do *trolley* foi dimensionada com base em dados relativos a voos nacionais que, em média, possuem uma duração de 3 horas e transportam cerca de 100 passageiros (BRITO, 2018). O projeto do *trolley* incorpora compartimentos destinados a quatro categorias de resíduos que são comuns em voos, sendo o alumínio, papel, plástico e outros. O resíduo de alumínio é originado das latas de bebida e algumas embalagens, enquanto o papel provém de embalagens de alimentos ou bebidas, como as embalagens cartonadas. O plástico inclui copos, garrafas de refrigerantes e filmes plásticos. Por fim, a categoria "outros" abrange restos de alimentos, bebidas, guardanapos usados, papel e embalagens sujas e contaminadas com resíduos de alimentos. Portanto, o *trolley* foi projetado para incluir, no mínimo, quatro compartimentos distintos, possibilitando a coleta seletiva eficaz durante os voos e facilitando o correto encaminhamento dos resíduos para a gestão adequada no aeroporto.

A Tabela 1 apresenta os resultados relacionados aos volumes de resíduos de diversas categorias, juntamente com o consumo estimado por passageiro e o volume total de todos os resíduos. A estimativa do volume da lata de alumínio (400 ml) foi baseada nos tamanhos tradicionais de latas de refrigerante, assim como o volume da embalagem cartonada (200 ml), dos copos (200 ml) e das garrafas (2 L). Os volumes das embalagens de alumínio, papel, filme plástico e outros foram calculados com base em que oferecem as principais companhias

aéreas que operam atualmente no Brasil. Esses resultados foram determinados com base na quantidade de itens consumidos pelos e no número médio de passageiros em um voo doméstico no território brasileiro (BRITO, 2018; KUNZ; DE CONTO; DEMORI, 2015).

Tabela 1: Dados de volume por tipo de resíduo

Material (Resíduo)	Quantidade por Passageiro	Volume (L)	Volume Total (L)	Volume Reduzido* (L)	massa (kg)	Massa Total (kg)
Alumínio (latas)	1	0,40	40	24	0,014	1,4
Alumínio (Embalagens)	2	0,05	10	10	0,010	2,0
Papel (embalagens)	2	0,05	10	10	0,010	2,0
Papel (cartonados)	1	1,00	20	16	0,001	0,0
Plástico (copos)	2	0,20	40	12	0,001	0,0
Plástico (garrafas)	0,3	2,00	60	36	0,052	2,0
Plástico (fimes)	1	0,01	1	1	0,010	1,0
Outros	1	0,20	20	20	0,200	20,0
Total			201	129		28,4

Volume reduzido\*=material após ser amassado ou empilhado

Fonte: O autor (2022).

Os resultados apresentados na Tabela 1 indicam que, para 100 passageiros, as garrafas plásticas ocupam o maior espaço, necessitando de um compartimento com capacidade para 36 litros, seguidas pelas latas de alumínio com 24 litros. Os itens que ocupam menos espaço são os filmes plásticos, embalagens de alumínio e papel, 10 litros cada. Além disso, observa-se uma redução significativa de volume, aproximadamente 36% (de 201 para 129 litros), quando os resíduos são amassados ou compactados. Isso é essencial para minimizar a ocupação de espaço em cada compartimento do *trolley* e facilitar a retirada e manuseio pela equipe de limpeza após a chegada da aeronave no aeroporto. Portanto, os volumes recomendados para compartimentos de coleta seletiva em *trolleys* que operam em território nacional e com um voo de aproximadamente 100 pessoas, devem ser aproximadamente os seguintes: para alumínio, 34 litros com uma ocupação volumétrica de 26%; para papel, 26 litros com 20% de ocupação volumétrica; para plástico, 49 litros com 38% de ocupação volumétrica; e para outros, 20 litros com 16% de ocupação volumétrica.

As massas também foram consideradas para compreender a quantidade de resíduos por passageiro com base no volume. Os resultados mostram que a maior quantidade de resíduos é na categoria "outros" com 20 kg. Os resíduos recicláveis representam uma pequena porcentagem do massa total, com apenas

8 kg. Portanto, a gestão de resíduos para reciclagem não deve ser limitada pelo espaço, como alguns colaboradores da indústria aeronáutica indicaram em suas respostas ao questionário. A compactação dos resíduos é um processo complementar, mas de suma importância, uma vez que pode reduzir o volume armazenado em aproximadamente 35% (de 201 para 129 litros). Em voos nacionais, a média de resíduo por passageiro é de aproximadamente 0,28 kg. Esse valor está de acordo com o estudo de Blanca-Alcubilla et al. (2019), que relatou que em voos no continente europeu, com duração de 3 a 4 horas, são gerados 0,23 kg de resíduos por passageiro.

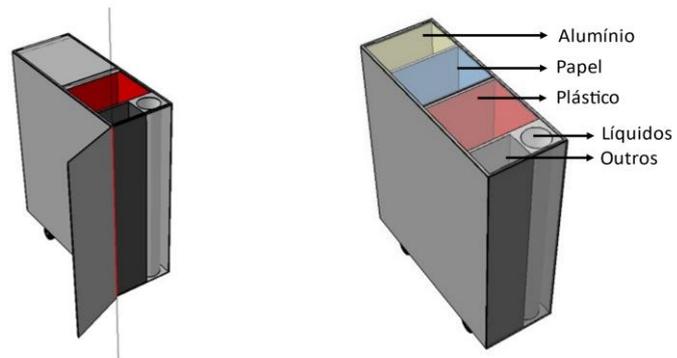
Padronizado na indústria aeronáutica, os trolleys de tamanho completo ("*full size trolleys*") para todos os modelos de aviões possuem as seguintes dimensões: 300,2 mm de largura, 810 mm de comprimento e 1030 mm de altura. Este modelo atualmente não possui divisórias internas e tem um volume total interno de aproximadamente 235 litros. Inicialmente, o *trolley* de tamanho completo foi projetado no CATIA V5, conforme as dimensões padrão da indústria. No desenvolvimento do novo projeto de *trolley*, foram levadas em consideração a necessidade de acomodar quatro tipos de resíduos: metal (alumínio), Papel, Plástico e Outros, que são os tipos de resíduos mais comuns gerados em voos.

O *trolley* de tamanho completo, equipado com quatro compartimentos distintos, possui um volume útil total de aproximadamente 200 litros, com cada compartimento oferecendo cerca de 49 litros de espaço utilizável. Conforme indicado por Brito, 2018 (BRITO, 2018), em média, os voos nacionais acomodam cerca de 100 passageiros, e, considerando que todos esses passageiros irão consumir refeições, o volume disponível em cada compartimento (49 litros) é suficiente para acondicionar os resíduos de Alumínio, Papel e Outros. No entanto, o volume para o descarte de plásticos está próximo do limite. Essa restrição pode ser contornada se cada passageiro utilizar apenas um copo em vez de dois e se os copos descartados puderem ser empilhados em grupos de pelo menos quatro unidades.

Como parte do processo de desenvolvimento de um novo produto, é essencial conduzir rodadas de validação. Neste estudo, foram realizadas três rodadas de com a participação de cinco especialistas. O questionário continha perguntas que requerem respostas "Sim" ou "Não". Em casos de respostas negativas, era necessário fornecer justificativas para permitir a melhoria do conceito do *trolley* segmentado.

Inicialmente, o *trolley* foi projetado com um compartimento separado para líquidos e portas deslizantes no eixo longitudinal. O projeto também considerava o uso de materiais translúcidos na tampa (Figura 1). As cores indicavam o tipo de material a ser descartado em cada compartimento, em conformidade com a Resolução do CONAMA N.º 275/2001: Amarelo para Alumínio, Azul para Papel, Vermelha para Plástico e Cinza para Outros. O material coletado pelo *trolley* pode ser disponibilizado já amassado, compactado pelo passageiro ou ainda estar inteiro.

Figura 1. Design do novo *trolley* com seus respectivos compartimentos.



Fonte: O autor (2022).

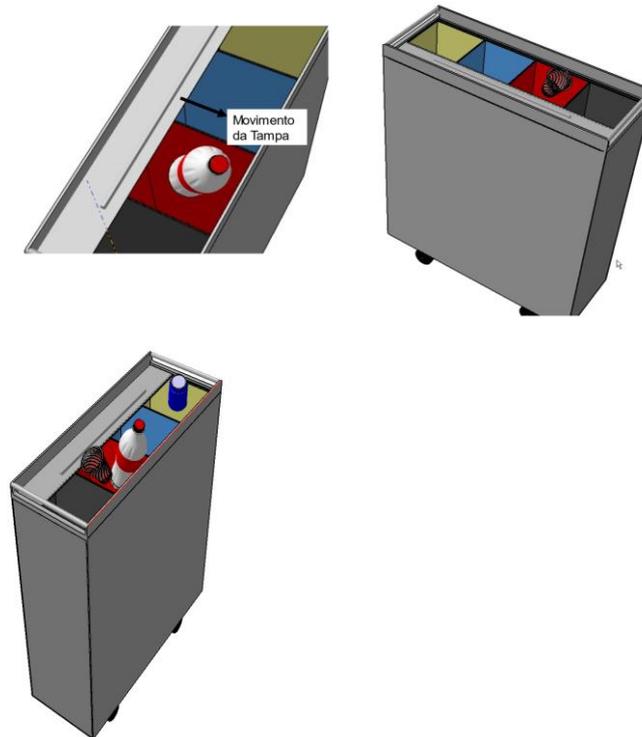
As reuniões para validação foram realizadas de maneira virtual e individual, onde cada especialista teve a oportunidade de apresentar o modelo. A realização de perguntas desempenhou um papel crucial na avaliação do alcance dos objetivos do modelo projetado.

Na primeira rodada, todos os especialistas validaram as seguintes questões: O novo conceito de *trolley* está claramente definido?; Os benefícios do novo conceito de *trolley* são evidentes para o seu setor? e A solução é verdadeiramente inovadora? No entanto, surgiram respostas variadas quando questionados sobre "Identificar alguma dificuldade durante o serviço de bordo com este novo conceito de *trolley*", sendo que um especialista mencionou preocupações sobre "Identificar alguma dificuldade na certificação deste novo conceito de *trolley* na sua área".

Foi relatada uma preocupação relacionada ao conceito de abertura das tampas superiores do *trolley*, que proporcionam acesso aos compartimentos de resíduos. Com esse conceito, apenas dois dos compartimentos de resíduos estariam acessíveis simultaneamente. Engenheiros especializados em interiores, projetos e ergonomia observaram que a falta de abertura simultânea de todos os compartimentos poderia resultar em aumento do esforço e tempo necessários durante a coleta dos resíduos do serviço de bordo. Outra preocupação levantada pelos engenheiros diz respeito ao material das tampas superiores que considerava o uso de materiais translúcidos, semelhantes aos encontrados em freezers de mercado. No entanto, os atuais *trolleys* empregam materiais metálicos devido às regulamentações de segurança contra incêndios (FAR25.853), a fim de evitar a propagação de fogo gerado dentro das lixeiras, portanto não deve usar o material plástico indicado no projeto. Também, nessa primeira rodada de avaliação, duas comissárias destacaram um ponto crítico relacionado ao compartimento de líquidos. Atualmente, é crucial que os líquidos sejam armazenados junto com os outros resíduos, de modo a formar um material viscoso, o que ajuda a evitar possíveis vazamentos durante a remoção dos resíduos do avião, o que requer que o líquido seja descartado no compartimento que os outros resíduos.

Tendo em conta todos os comentários da Primeira Rodada de Validação, um novo modelo de *trolley* foi desenvolvido e os resultados estão apresentados na Figura 2.

Figura 2. Design do novo *trolley* após primeira rodada de Validação



Fonte: O autor (2022).

Com base nos comentários da primeira rodada, foi feita uma modificação no design do compartimento exclusivo para líquidos, agora direcionando o descarte para o compartimento "Outros", seguindo o procedimento atual. Além disso, os quatro compartimentos restantes foram redesenhados com dimensões similares, aproximadamente 49 litros cada um.

No processo padrão, durante o serviço de bordo, todos os resíduos são depositados na parte superior do *trolley*, e após o voo, uma equipe é designada para retirar os resíduos pela porta lateral. Em uma segunda rodada de validação, a engenheira especializada em ergonomia destacou a importância de adicionar uma alça lateral (*Handle*) para facilitar a movimentação dos *trolleys* durante o procedimento.

Após a inclusão da alça lateral, todos os especialistas elogiaram os aspectos positivos do novo conceito de *trolley* e não levantaram mais considerações quanto à necessidade de alterações. Portanto, podemos considerar que o projeto do *trolley* compartimentado foi validado por especialistas da indústria aeronáutica, incluindo áreas como projetos, ergonomia, engenharia de interiores e comissárias de bordo.

O *trolley* compartimentado permitirá a coleta seletiva de resíduos de bordo, facilitando a reciclagem e destinação final, uma vez que os compartimentos evitam a contaminação entre os materiais, o que é de suma importância para o meio ambiente (KUNZ; DE CONTO; MORGANA KLIPP, 2015). Cada compartimento possui aproximadamente 49 litros e é separado em alumínio, plástico, papel e outros resíduos, identificados por cores. A adoção de um *trolley* compartimentado pode impulsionar o incentivo à reciclagem de

resíduos no setor de aviação, que atualmente é praticamente inexistente, contribuindo para uma maior sustentabilidade e o cumprimento das diretrizes da PNRS (BRASIL, 2010). Além disso, a iniciativa contribui para o marketing sustentável, melhorando a imagem e reputação das companhias aéreas perante os clientes (KANJ, 2022; KAZA; YAO; BHADA-TATA; VAN WOERDEN, 2018), além de contribuir para os 17 objetivos sustentáveis.

Não há registro do uso de tecnologia similar, apenas um projeto da “Zero Cabin Waste” desenvolveu um protótipo de *trolley* com dois compartimentos, possibilitando a segregação de resíduos recicláveis e não recicláveis durante o voo. Além de substituir o material convencional do *trolley* por ligas de alumínio, tornando-o 4,72 kg mais leve e resultado na redução de CO<sub>2</sub> (WASTE, 2020).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito de *trolley* compartimentado proposto representa uma inovação tecnológica com benefícios significativos, não apenas para o meio ambiente, ao contribuir para a sustentabilidade, mas também para os profissionais da aviação. As respostas e comentários obtidos por meio do questionário destacaram a importância em adotar iniciativas que minimizem o impacto ambiental causado pelos resíduos do serviço de bordo.

A apresentação de um modelo de *trolley* que combina soluções sustentáveis com os requisitos técnicos da indústria aeronáutica é um passo fundamental nessa direção. Durante esse processo, foi feita uma análise da situação atual do gerenciamento de resíduos de bordo, tanto no Brasil como no cenário internacional, resultando no desenvolvimento de um projeto que visa implementar a coleta seletiva em voos. Os fabricantes e operadores do setor agora terão à sua disposição novos conceitos de *trolley* para a coleta de resíduos de serviço de bordo, que podem se tornar fatores competitivos, com um foco considerável na sustentabilidade.

Outro fator importante é a carência de estudos na literatura sobre o sistema de gestão de resíduos em cabines de aeronaves, particularmente referente ao desenvolvimento de *trolleys* compartimentados para a melhoria da segregação desses resíduos.

Dessa forma, a utilização dessa tecnologia não só terá um impacto positivo na sustentabilidade, mas também poderá contribuir para a criação de novas políticas na aviação em colaboração com agências e autoridades regulatórias.

# New trolley concept for improving the management of waste generated in domestic flight onboard service

## Abstract

Solid waste generated in aviation in-flight service represents a significant impact on the global environment. Based on this premise, this work was dedicated to developing a revolutionary concept of compartmentalized trolleys. Collecting data from aircraft manufacturers, airlines, and passengers was the starting point for understanding environmental issues in the aviation sector. Evidently, there is a consensus on the lack of initiatives that facilitate the separation and adequate disposal of waste. The designed trolley has four compartments for waste segregation and has undergone three rounds of validation, with the participation of sector experts. At the end of the process, the trolley concept was unanimously approved. The implementation of this innovative concept promises to significantly reduce the environmental impact caused by waste from in-flight services in Brazil.

**Keywords:** Aviation. Technologic innovation. Sustainability. Trolley. Solid waste

## REFERÊNCIAS

AGHAZADEH, D. Machine learning-based inflight food waste prediction for sustainable aviation. **Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi**, 5, n. 1, p. 1-16, February 2025.

ANAC. **Anuário do transporte aéreo**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Agência Nacional de Vigilância Sanitária: 19/10/2018. 2018.

ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada nº 222. Agência Nacional de Vigilância Sanitária 2018.

BLANCA ALCUBILLA, G. Life cycle assessment of the cabin waste management in the aviation sector. 2021.

BLANCA-ALCUBILLA, G.; BALA, A.; HERMIRA, J. I.; DE-CASTRO, N. *et al.* Tackling international airline catering waste management: life zero cabin waste project. State of the art and first steps. **Detritus**, 3, n. 1, p. 159-166, 2018.

BLANCA-ALCUBILLA, G.; ROCA, M.; BALA, A.; SANZ, N. *et al.* Airplane cabin waste characterization: Knowing the waste for sustainable management and future recommendations. **Waste Management**, 96, p. 57-64, 2019.

BRASIL. LEI Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências, 2010. **Diário Oficial da União**, pp.

BRITO, D. T. D. **Resíduos sólidos e orgânicos como subprodutos do serviço de bordo em aeronaves comerciais brasileiras**. 2018. (TCC (GRADUAÇÃO)) - Curso de Ciências Aeronáuticas, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8165/1/TCC%20VFF.pdf>. Acesso em: 17/07/2021.

CARRA, T. A.; CONCEIÇÃO, F. T. D.; TEIXEIRA, B. B. Indicadores para a gestão de resíduos sólidos em aeroportos e sua aplicação no Aeroporto Internacional de Viracopos, Campinas, São Paulo. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 18, n. 2, p. 131-138, 2013.

DE ALBUQUERQUE FUJIWARA, F. L.; PINEDA, F. J. C.; SILVA, V. A. O. Análise das emissões de GEE e comportamento pró-ambiental associado aos resíduos de sacolas plásticas. **Revista Tecnologia e Sociedade**, 20, n. 61, p. 180-202, 2024.

FCC, F. C. C. L. **INTERNATIONAL CATERING WASTE - A CASE FOR SMARTER REGULATION**. p. 56. 2024.

FERREIRA, C. **Em maio, apenas 44 cidades brasileiras receberão voos, veja quais são elas**. 2020. Disponível em: <https://aeroin.net/em-maio-apenas-44-cidades-brasileiras-receberao-voos-veja-quais-sao-elas/>. Acesso em: 20/09/2023.

GUVEN, T. B.; DEGIRMENCI, H.; GUNERHAN, A.; ALTUNTAS, O. Energy efficiency and sustainability: Implementing circular economy principles for cabin waste management in aviation. **Energy for Sustainable Development**, 81, p. 101515, 2024/08/01/ 2024.

IATA. **International catering waste: a case for smarter regulation**. 2018.

Disponível em:

<https://www.iata.org/contentassets/821b593dd8cd4f4aa33b63ab9e35368b/summy-icw-case-for-smarter-regulation.pdf>.

IATA. **Guidance for Cabin Operations During and Post Pandemic**. p. 35, 2021.

Disponível em:

<https://www.iata.org/contentassets/3fe0d74e7dc0471bab7f6d0b948e4f04/iata-guidance-cabin-operations-during-post-pandemic.pdf>.

IATA. **LATAM Will Serve A Record Number Of Brazilian Airports In 2022**.

2022. Disponível em: <https://simpleflying.com/latam-record-brazil-network/#:~:text=LATAM's%20plans%20in%202022&text=Once%20they%20are%20inaugurated%2C%20LATAM,of%20the%20company's%20recent%20history>. Acesso em: 10/09/2022.

KANJ, L. **How the Sustainability Efforts of a Luxury Fashion Brand Affects Consumer Behavior in Young Adults, Primarily Gen Z and Millennials**. 2022. -

Louvain School of Management, Université Catholique de Louvain Disponível

em: <https://portalcris.vdu.lt/server/api/core/bitstreams/0b62bb21-afa7-45e5-87cb-d4e3434cc2bc/content>.

KANWAL, N.; ZHANG, M.; ZEB, M.; HUSSAIN, M. *et al.* Revolutionizing food safety in the airline industry: AI-powered smart solutions. **Trends in Food Science & Technology**, 159, p. 104970, 2025/05/01/ 2025.

KAZA, S.; YAO, L.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. **What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050**. World Bank Publications, 2018. 1464813477.

KHALIFA, R.; ALHERBAWI, M.; BICER, Y.; AL-ANSARI, T. Fueling circularity: A thorough review of circular practices in the aviation sector with sustainable fuel solutions. **Resources, Conservation & Recycling Advances**, 23, p. 200223, 2024/11/01/ 2024.

KUNZ, J. G.; DE CONTO, S. M.; DEMORI, M. K. Airport solid waste generation and its interfaces with tourism: Hugo Cantergiani Airport's case, Caxias do Sul-RS, Brazil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, 9, n. 1, 2015.

KUNZ, J. G.; DE CONTO, S. M.; MORGANA KLIPP, D. Airport solid waste generation and its interfaces with tourism: Hugo Cantergiani Airport's case, Caxias do Sul-RS, Brazil. **Revista Brasileira de pesquisa em turismo**, 9, n. 1, p. 59-75, 2015.

LI, X. D.; POON, C. S.; LEE, S. C.; CHUNG, S. S. *et al.* Waste reduction and recycling strategies for the in-flight services in the airline industry. **Resources, Conservation and Recycling**, 37, n. 2, p. 87-99, 2003/01/01/ 2003.

NAKORNKAO, N.; MONGKALIG, C. Food waste management from the airline caterers. **Engineering Access**, 8, n. 1, p. 74-79, 2022.

QUEIROZ, F.; LIMA, N. C.; QUEIROZ, J.; DE OLIVEIRA, R. C. *et al.* Cooperativas de crédito e economia circular: estratégias para alavancar os modelos de negócios circulares. **Revista Tecnologia e Sociedade**, 20, n. 60, p. 37-55, 2024.

REZEKIA, R. Business Process Reengineering Of Aviation Waste Management Based On Iso 14001: 2015 At Soekarno-Hatta Airport. **Journal of Economics and Business UBS**, 10, n. 2, p. 198-213, 2021.

SALESA, A.; LEÓN, R.; MONEVA, J. M. Airlines practices to incorporate circular economy principles into the waste management system. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, 30, n. 1, p. 443-458, 2023/01/01 2023.

SAMBO, N.; HLENGWA, D. C. Post-flight food waste and corporate social responsibility at South Africa Airways: Perceptions of employees at Air Chefs South Africa. **Afr. J. Hosp. Tour. Leis**, 7, p. 1-17, 2018.

SAWICKA, J.; MARCINKOWSKA, E. Environmental CSR and the Purchase Declarations of Generation Z Consumers. **Sustainability (Basel, Switzerland)**, 15, n. 17, p. 12759, 2023.

SEBASTIAN, R. M.; LOUIS, J. Understanding waste management at airports: A study on current practices and challenges based on literature review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 147, p. 111229, 2021/09/01/ 2021.

VIECZOREK, A. L. **Uma análise das ações de gestão ambiental na azul linhas aéreas: O programa Reciclazul**. 2019. (TCC (GRADUAÇÃO)) - Curso de Especialização em Gestão e Direito Aeronáutico – VI, Universidade do Sul de Santa Catarina, Porto Alegre. Disponível em: [https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/11847/1/ALBERTO\\_LUIZ\\_VIECZOREK-%5B52875-11289-8-789210%5DTCC\\_PAS\\_APAS\\_DEFESA\\_PDF.pdf](https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/11847/1/ALBERTO_LUIZ_VIECZOREK-%5B52875-11289-8-789210%5DTCC_PAS_APAS_DEFESA_PDF.pdf). Acesso em: 19/09/2021.

WASTE, Z. C. **Layman Report**. p. 24. 2020.

**Recebido:** 08/12/2023

**Aprovado:** 26/06/2025

**DOI:** 10.3895/rts.v21n64.17895

**Como citar:**

CENDRETE, Italo José; SILVA, Karolina Furukawa; GONÇALVES, Maraisa. Novo conceito de trolley para melhoria na gestão de resíduos gerados em serviço de bordo de voos domésticos.

**Rev. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 21, n. 64, p.271 - 287, abr./jun., 2025. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/17895>

Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

