

IMPACTOS DO DESCARTE DE PRODUTOS CONFORMES EM PROCESSOS DE CONTROLE DE QUALIDADE: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE FRALDAS DESCARTÁVEIS

Larissa Gabriele Silva Silveira¹

¹Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil (larissagssilveira@gmail.com)

Resumo: Este estudo avaliou o desperdício de fraldas descartáveis conformes gerado durante o controle de qualidade em uma indústria de bens de consumo. Foram analisados os impactos econômicos e ambientais do descarte desses produtos sob a perspectiva da economia circular. Os resultados indicaram perdas econômicas significativas e emissões evitáveis de CO₂, evidenciando oportunidades de reaproveitamento, remanufatura e melhoria dos processos para reduzir desperdícios e recuperar valor.

Palavras-chave: Economia circular; controle de qualidade; logística reversa; indicadores de sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

As fraldas descartáveis correspondem a aproximadamente 4% dos resíduos sólidos gerados mundialmente e figuram entre os principais itens depositados em aterros sanitários. Sua natureza de uso único implica o descarte imediato após a utilização, contribuindo significativamente para o aumento do volume de resíduos sólidos urbanos e para os impactos ambientais associados à sua disposição final (Ntekpe et al., 2020).

Em escala global, o Brasil ocupa a sexta posição entre os maiores mercados consumidores de fraldas descartáveis, descartando cerca de 2 bilhões de unidades por ano (Do Nascimento e Franca Barros, 2020). Além do elevado volume gerado, a composição desses produtos agrava o problema ambiental, uma vez que uma fralda descartável pode levar aproximadamente 600 anos para que seus componentes sejam completamente decompostos. Dessa forma, a combinação entre elevado consumo, descarte massivo e longo tempo de degradação evidencia um desafio ambiental de grande magnitude, cuja tendência é de agravamento em função do crescimento contínuo da demanda por esses produtos (Mendoza et al., 2019).

Embora grande parte das discussões relacionadas às fraldas descartáveis esteja concentrada nos impactos ambientais decorrentes do descarte pós-consumo e nas possibilidades de redução, reciclagem e reutilização desses resíduos, a indústria também tem promovido avanços para minimizar os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida dos produtos. Nas últimas três décadas, o peso médio das fraldas infantis descartáveis foi reduzido em

aproximadamente 50%, resultando em reduções estimadas de 38% no potencial de aquecimento global e de 71% na depleção abiótica de recursos minerais. Apesar desses avanços, as fraldas continuam sendo constituídas predominantemente por materiais de baixa biodegradabilidade, contendo cerca de 37% de polpa de celulose, 31% de polímero superabsorvente (PSA), 16% de polipropileno (PP), 6% de polietileno (PE), 3% de elásticos e adesivos e 7% de outros polímeros sintéticos (Cordella et al., 2015; Mendoza et al., 2019). Assim, mesmo diante dos ganhos de eficiência produtiva e redução de massa, as fraldas descartáveis permanecem como uma importante fonte de impacto ambiental.

Sob a perspectiva econômica, a cadeia produtiva das fraldas descartáveis exerce papel relevante na geração de empregos e na movimentação dos setores de manufatura e varejo. Entretanto, os custos associados à gestão de resíduos e à mitigação dos impactos ambientais representam desafios crescentes para a sociedade e para as organizações. Nesse contexto, torna-se fundamental desenvolver e implementar estratégias sustentáveis que permitam reduzir perdas de materiais e maximizar a recuperação de valor ao longo do ciclo de vida dos produtos (Iskandar Shah et al., 2025).

A literatura científica tem concentrado seus esforços principalmente na avaliação dos impactos ambientais relacionados ao descarte pós-consumo das fraldas descartáveis. Contudo, perdas geradas durante as etapas de fabricação também representam uma fonte significativa de desperdício de recursos e destruição de valor econômico. Entre essas perdas, destacam-se os produtos conformes retirados da linha de produção para atividades de controle de qualidade. Em muitos

casos, esses produtos são descartados mesmo mantendo plena funcionalidade e condições adequadas para uso, caracterizando um desperdício que permanece pouco explorado na literatura, especialmente sob a ótica integrada dos impactos econômicos e ambientais.

Nesse cenário, a economia circular surge como uma abordagem promissora para reduzir desperdícios e ampliar a eficiência dos sistemas produtivos. A economia circular compreende um conjunto de modelos, estratégias e políticas voltados à manutenção do valor de materiais e produtos pelo maior tempo possível, promovendo práticas como reutilização, remanufatura, reciclagem e simbiose industrial. Ao incorporar esses princípios, as indústrias podem transformar resíduos e subprodutos em novos recursos produtivos, reduzindo a demanda por matérias-primas virgens e minimizando impactos ambientais (Iskandar Shah et al., 2025).

Diversos estudos apontam a economia circular como uma alternativa aos modelos lineares tradicionais de produção e consumo, caracterizados pelo fluxo sequencial de extração, produção, uso e descarte. Tais modelos têm sido amplamente reconhecidos como insustentáveis devido ao elevado consumo de recursos naturais e à geração contínua de resíduos (Rajput et al., 2021; Tavera Romero et al., 2021). Nesse contexto, a adoção de cadeias de suprimentos de ciclo fechado e sistemas produtivos circulares depende não apenas da recuperação de materiais, mas também da implementação de mecanismos eficazes de monitoramento e controle dos processos.

O controle da qualidade desempenha papel essencial nesse processo, especialmente em ambientes industriais altamente automatizados, nos quais grandes volumes são produzidos em curtos intervalos de tempo. A utilização de indicadores de qualidade permite monitorar a conformidade dos processos produtivos, prevenir desvios operacionais e evitar perdas decorrentes da identificação tardia de não conformidades. Além disso, em sistemas produtivos orientados pelos princípios da circularidade, esses mecanismos são fundamentais para garantir o atendimento a normas, padrões e requisitos regulatórios em todas as etapas da cadeia produtiva (Ryabchik et al., 2019; Kühlechner, 2025).

Apesar dos avanços observados na transição para modelos produtivos mais sustentáveis, ainda persiste uma lacuna significativa entre os sistemas econômicos lineares e circulares. Parte dessa lacuna está associada à limitada compreensão dos impactos decorrentes do desperdício de produtos conformes ao longo dos processos produtivos, especialmente em setores de bens de consumo de alta escala.

Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo quantificar o desperdício de produtos conformes

gerados durante as atividades de controle de qualidade em uma indústria de fraldas descartáveis, avaliar os impactos econômicos e ambientais associados a esse descarte e discutir estratégias de economia circular capazes de reduzir perdas, aumentar a recuperação de valor e promover maior sustentabilidade na cadeia produtiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma indústria do setor de bens de consumo cuja produção inclui fraldas descartáveis infantis e para adultos. As linhas de produção operam com capacidades variando entre 200 e 600 fraldas por minuto, dependendo do produto fabricado e das condições operacionais.

Como parte do sistema de garantia da qualidade da empresa, um pacote de fraldas é retirado da linha de produção a cada hora para realização de ensaios de controle de qualidade. No laboratório de qualidade, os pacotes são abertos e uma amostra composta por duas a cinco unidades é utilizada para a execução dos testes previstos nos procedimentos internos da organização. Após a conclusão das análises, as unidades remanescentes do pacote, embora permaneçam em condições adequadas de uso, são encaminhadas ao sistema interno de gestão de resíduos.

Diante desse contexto, o presente estudo concentrou-se na quantificação das fraldas descartadas após os procedimentos de controle de qualidade, considerando exclusivamente produtos conformes (Figura 1). A coleta de dados foi realizada durante um período contínuo de 30 dias, abrangendo os três turnos operacionais da empresa.



Figura 1. Fraldas conformes provenientes de lotes aprovados nos ensaios de qualidade.

As fraldas descartadas foram segregadas de acordo com suas características comerciais e produtivas, incluindo marca, tamanho, atributos do produto e categoria de uso (infantil ou adulto). Após a segregação, foram realizadas a contagem das unidades e a determinação da massa correspondente a cada categoria.



Foram consideradas apenas as fraldas provenientes de lotes aprovados nos ensaios de qualidade, ou seja, produtos conformes que não apresentaram defeitos ou não conformidades. Dessa forma, todas as unidades contabilizadas neste estudo correspondem a produtos aptos para comercialização que foram descartados em decorrência do procedimento de amostragem para controle da qualidade.

A análise estatística contemplou 32 tipos de produtos, todos classificados como fraldas descartáveis. As variações entre os produtos incluíram marca, tamanho da fralda, quantidade de unidades por embalagem e atributos comerciais definidos pela empresa. Para preservar a confidencialidade industrial, as marcas comerciais e os atributos específicos dos produtos foram anonimizados. As oito marcas avaliadas foram identificadas por letras de A a H, enquanto os atributos foram representados pelos símbolos @, #, %, * e &, correspondendo a diferentes características comerciais e funcionais dos produtos, como maciez, capacidade de absorção e posicionamento de mercado.

O percentual de desperdício foi calculado para cada produto por meio da relação entre a quantidade de unidades descartadas e a quantidade total de unidades coletadas para análise, conforme apresentado na Equação 1.

$$\text{Desperdício (\%)} = \frac{\text{Total de fraldas descartadas}}{\text{Total de fraldas coletadas}} \quad (1)$$

Adicionalmente, foi realizada uma análise de Pareto com o objetivo de identificar os produtos responsáveis pela maior parcela do desperdício observado, permitindo posteriormente comparar os resultados de desperdício com os impactos econômicos associados.

A avaliação econômica foi realizada com base nos custos totais de produção de cada produto, fornecidos pela empresa e compostos pelos custos de matérias-primas, mão de obra direta e utilidades industriais. Também foram considerados os respectivos preços de venda, os custos associados ao gerenciamento dos resíduos gerados e as receitas obtidas por meio da comercialização dos resíduos para reciclagem.

Para mensurar o impacto financeiro (IE) decorrente do descarte de produtos conformes, foi desenvolvido um modelo baseado na comparação entre o lucro potencial obtido com a comercialização do produto e o resultado efetivamente obtido após o descarte e encaminhamento para reciclagem (equação 2).

$$\text{Impacto Econômico (R\$)} = (\text{Resultado econômico descarte} - \text{Lucro esperado}) \quad (2)$$

Com o objetivo de avaliar o retorno financeiro obtido a partir da recuperação dos resíduos, foi calculado o

Índice de Recuperação Econômica (IRE), conforme a Equação 3:

$$\text{IRE} = \frac{\text{Receita proveniente da reciclagem}}{\text{Custo de produção}} \quad (3)$$

Valores de IRE superiores a 1 indicam que a receita obtida com a reciclagem supera o custo produtivo originalmente empregado na fabricação do item.

Também foi calculado um Índice de Impacto Econômico (II), utilizado para comparar a relevância financeira do desperdício entre os diferentes produtos (equação 4). Os resultados foram posteriormente normalizados para uma escala entre 0 e 1, em que valores próximos de 1 representam maior impacto econômico potencial.

$$\text{II} = \frac{\text{Preço de venda do produto}}{\text{Custo de produção}} \quad (4)$$

A análise ambiental foi baseada na quantificação da massa de produtos conformes descartados em cada categoria avaliada. Além da massa total dos produtos, foi considerada separadamente a fração absorvente composta por celulose e polímero superabsorvente, bem como a fração plástica (scrap), constituída predominantemente por polipropileno e polietileno.

O impacto ambiental evitável (IAE) foi estimado por meio da aplicação de fatores de emissão de gases de efeito estufa associados aos materiais presentes nas fraldas descartáveis, conforme a Equação 5:

$$\text{IAE (Kg CO}_2\text{e)} = (\text{Massa desperdiçada} * \text{Fator de emissão do material}) \quad (5)$$

Os fatores de emissão foram obtidos a partir do estudo de Turner et al. (2015), que apresenta coeficientes de emissão para diferentes materiais. Foram adotados os valores de 1576 Kg CO₂e/t para materiais celulósicos e 339 Kg CO₂e/t para plásticos mistos, representando respectivamente a fração absorvente e a fração plástica dos resíduos analisados.

Por fim, foi realizada uma avaliação integrada dos impactos econômicos e ambientais associados ao descarte de produtos conformes. Para essa etapa, foram utilizadas as quantidades totais observadas durante o período de estudo, sem segmentação por categoria de produto.

Inicialmente, o impacto ambiental evitável foi monetizado por meio da aplicação do Custo Social do Carbono (CSC), permitindo a compatibilização dimensional entre os indicadores econômicos e ambientais.

A monetização do impacto ambiental foi realizada utilizando o valor de US\$ 54,70 por tonelada de CO₂ equivalente, conforme proposto por Wang et al. (2019). Esse valor está alinhado às estimativas derivadas de modelos integrados de avaliação

amplamente utilizados na literatura internacional, como DICE e RICE.

Após a conversão do impacto ambiental para unidades monetárias, foi calculado o Índice Integrado de Perda (IIP), conforme a Equação 6:

$$IIP = (\alpha * \text{Impacto econômico}) + (\beta * \text{Impacto ambiental evitável}) \quad (6)$$

Onde α é o peso atribuído à dimensão econômica e β é o peso atribuído à dimensão ambiental.

Foram avaliados três cenários distintos: (i) foco financeiro ($\alpha = 0,7$; $\beta = 0,3$), (ii) equilíbrio ESG ($\alpha = 0,5$; $\beta = 0,5$) e (iii) foco em sustentabilidade ($\alpha = 0,3$; $\beta = 0,7$).

Complementarmente, foi realizada uma análise baseada exclusivamente na monetização ambiental por meio do custo social do carbono, eliminando a necessidade de atribuição de pesos arbitrários e permitindo uma comparação direta entre perdas econômicas e impactos ambientais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os percentuais de desperdício observados para os diferentes produtos analisados.

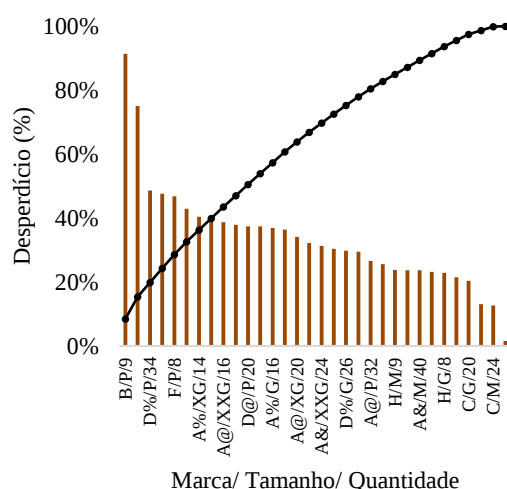


Figura 2. Desperdícios de fraldas conformes descartadas após análise de qualidade.

Os maiores índices foram registrados para os produtos B/P/9 e B/M/7, com desperdícios de 91% e 75%, respectivamente. Em conjunto, esses dois produtos representaram aproximadamente 15% do desperdício total identificado no período de estudo.

Observa-se que ambos os produtos possuem embalagens com reduzida quantidade de unidades (sete e nove fraldas por pacote). Em contraste, produtos da mesma marca e tamanho, porém comercializados em embalagens maiores, apresentaram desperdícios substancialmente

inferiores, entre 21% e 24%. Esse comportamento sugere que o tamanho da embalagem exerce influência direta sobre o percentual de desperdício gerado durante os procedimentos de amostragem.

Tal resultado é consistente com os princípios estabelecidos pela ISO 2859-1, segundo a qual o tamanho das amostras tende a aumentar com o tamanho dos lotes, porém não de forma proporcional (ISO 2859-1:2026). Consequentemente, produtos comercializados em embalagens menores tornam-se mais suscetíveis a elevados percentuais de descarte quando submetidos a procedimentos de amostragem semelhantes. Nos produtos avaliados, embalagens contendo entre 20 e 40 unidades apresentaram desperdícios variando entre 24% e 49%, evidenciando que a relação entre tamanho da embalagem e desperdício não é linear.

Apesar dessa tendência, a quantidade de unidades por embalagem não explica integralmente os resultados observados. Entre os dez maiores desperdícios registrados, cinco corresponderam a produtos de tamanho P, embora esse grupo representasse apenas oito dos 32 produtos avaliados. Esse comportamento sugere que outros fatores operacionais, como requisitos específicos de amostragem, características do processo produtivo ou histórico de conformidade do produto, também podem influenciar os níveis de descarte observados.

Por outro lado, os produtos da marca C apresentaram os menores percentuais de desperdício. Os quatro produtos avaliados dessa categoria registraram desperdícios inferiores a 30% e, conjuntamente, representaram apenas 5,9% do desperdício total. Embora não seja possível estabelecer relações causais a partir dos dados disponíveis, esse resultado pode estar associado tanto à composição da amostra de produtos avaliados quanto a diferenças nos procedimentos de inspeção requeridos para essa categoria.

Como os custos de produção e os preços de venda dos produtos da marca C não foram disponibilizados pela empresa, a análise econômica foi conduzida para os 28 produtos remanescentes, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Os resultados demonstram que 25 dos 28 produtos avaliados apresentaram impacto econômico negativo decorrente do descarte após os procedimentos de controle de qualidade. Esse resultado evidencia que o descarte de produtos conformes representa uma importante fonte de ineficiência operacional, uma vez que produtos com potencial de geração de receita são convertidos em fluxos de recuperação parcial de valor por meio da reciclagem.

Tabela 1. Impacto econômico das fraldas conformes analisadas

Marca/ Tamanho/ Quantidade	Impacto econômico (R\$)	Marca/ Tamanho/ Quantidade	Impacto econômico (R\$)
B/P/9	-324,14	H/P/11	-388,88
B/M/7	-196,42	A@/XG/20	-159,95
A%/P/20	-149,59	D%G/26	-697,95
F/P/8	-1072,60	A&/XXG/24	-57,05
A@/M/28	-626,83	A@/P/32	-416,45
D%/P/34	-1016,97	H/XG/7	-438,14
A&/G/34	-153,05	A&/M/40	-103,47
A@/XXG/16	-222,02	D%/M/30	-92,18
E/-/20	-660,37	B/P/22	-20,18
A%/G/16	-199,03	B/M/46	-133,78
G/M/8	67,26	H/M/9	3,84
D@/P/20	-133,88	H/G/8	-12,36
D%/XG/22	-821,02	H*/M/8	147,43
A%/XG/14	-165,97	A#/G/60	-290,51

De forma geral, a receita obtida com a destinação dos resíduos mostrou-se insuficiente para compensar o valor econômico agregado ao produto acabado. Embora a reciclagem represente uma alternativa ambientalmente preferível ao descarte convencional, seus retornos financeiros não foram capazes de compensar a perda associada à impossibilidade de comercialização do produto. Esse resultado é consistente com estudos sobre logística reversa e gestão de resíduos industriais, nos quais a reciclagem normalmente recupera apenas uma fração do valor incorporado ao produto original (Sellitto, 2018; Sellitto e Almeida, 2020).

Os maiores impactos econômicos negativos foram observados nos produtos F/P/8 (R\$ -1.072,60) e D%/P/34 (R\$ -1.016,97). Em contrapartida, apenas três produtos apresentaram impacto econômico positivo: G/M/8 (R\$ 67,26), H/M/9 (R\$ 3,84) e H*/M/8 (R\$ 147,43).

O desempenho econômico superior desses produtos pode estar relacionado a características específicas de composição, massa ou eficiência de recuperação dos materiais após o descarte. Entretanto, como a composição detalhada dos produtos não foi analisada neste estudo, tais interpretações devem ser consideradas hipóteses para investigações futuras.

Outro aspecto relevante é que os produtos B/P/9 e B/M/7, responsáveis pelos maiores percentuais de desperdício, não figuraram entre aqueles com maiores impactos econômicos negativos. Esse resultado demonstra que o percentual de desperdício,

isoladamente, não é suficiente para explicar as perdas financeiras observadas. O impacto econômico depende simultaneamente do valor agregado do produto, dos custos produtivos e da capacidade de recuperação de valor por meio da reciclagem.

Sob a perspectiva da economia circular, os resultados indicam que a simples reciclagem de produtos conformes não é capaz de preservar o valor econômico originalmente incorporado ao produto. Conforme argumentado por Stahel (2019), a circularidade depende não apenas da recuperação dos materiais, mas da manutenção do maior nível possível de valor ao longo dos ciclos produtivos. Nesse contexto, estratégias como reuso, recondicionamento, remanufatura ou reinserção direta dos produtos conformes na cadeia de comercialização tendem a apresentar maior potencial de retenção de valor quando comparadas à reciclagem convencional.

Para complementar a análise econômica, foi calculado o Índice de Recuperação Econômica (IRE), que representa a razão entre a receita obtida com a reciclagem e o custo de produção do produto (Figura 3).

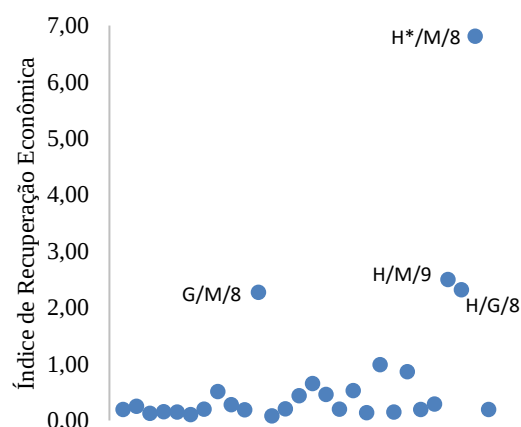


Figura 3. Índice de recuperação econômica para os produtos conformes avaliados.

A maior parte dos produtos apresentou valores de IRE entre 0 e 1, indicando recuperação apenas parcial dos custos produtivos por meio da reciclagem. Em termos práticos, isso significa que a receita gerada pela destinação dos resíduos não foi suficiente para compensar integralmente os recursos empregados na fabricação dos produtos descartados. Apenas quatro produtos apresentaram IRE superior a 1, correspondendo aos três itens com impacto econômico positivo e ao produto H/G/8, que apresentou impacto econômico ligeiramente negativo (R\$ -12,36).

É importante destacar que o IRE não representa um indicador de circularidade em sentido amplo, mas

sim uma medida de recuperação econômica dos resíduos. Dessa forma, valores superiores a 1 indicam apenas que a receita obtida com a reciclagem foi superior ao custo produtivo originalmente empregado, não significando necessariamente retenção integral do valor econômico do produto. Isso ocorre porque o preço de venda, os custos logísticos e os custos de processamento continuam influenciando o resultado econômico final.

Os resultados obtidos evidenciam uma limitação frequentemente observada em sistemas de reciclagem: embora ocorra recuperação parcial dos materiais, a maior parcela do valor agregado ao produto é perdida quando este deixa de ser comercializado. Essa constatação reforça a argumentação de Stahel (2019), segundo a qual estratégias que preservam a funcionalidade do produto tendem a gerar maior retenção de valor do que estratégias baseadas exclusivamente na recuperação de materiais.

Quando analisado o Índice de Impacto (II), normalizado em uma escala entre 0 e 1, observou-se que alguns produtos apresentam elevada relevância econômica mesmo quando os resultados da reciclagem são favoráveis. O produto H*/M/8 apresentou o maior valor observado (II = 1,0), seguido pelo produto H/G/8 (II = 0,86) e pelo produto D%/P/34 (II = 0,84), conforme apresentado na Figura 4.

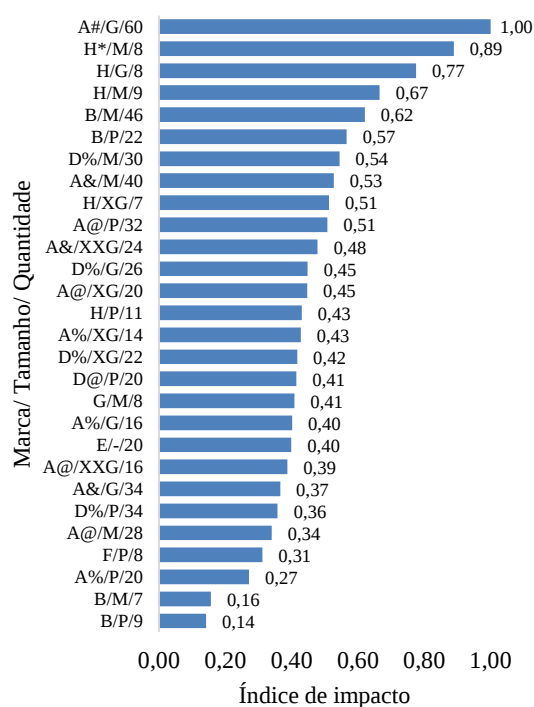


Figura 4. Índice de impacto das fraldas conformes analisadas

Esses resultados indicam que tais produtos possuem elevada capacidade de geração de valor econômico quando comercializados. Consequentemente, mesmo nos casos em que a reciclagem apresenta resultados financeiros positivos, a perda da oportunidade de venda continua representando um impacto relevante para a empresa. Ou seja, a recuperação de materiais pode reduzir perdas, mas não substitui completamente o valor econômico associado ao produto acabado.

Embora tenha figurado entre os produtos com maiores percentuais de desperdício, o impacto econômico do produto B/M/7 (II = 0,57) mostrou-se relativamente moderado quando comparado aos demais itens avaliados. Esse resultado sugere que a magnitude do desperdício e o impacto econômico não apresentam uma relação direta, sendo fortemente influenciados pelas características econômicas individuais de cada produto.

Embora a reciclagem não tenha demonstrado capacidade de compensar integralmente as perdas econômicas observadas, ela continua desempenhando papel relevante sob a perspectiva ambiental. A recuperação de materiais reduz a necessidade de destinação final em aterros sanitários e contribui para a diminuição da demanda por matérias-primas virgens, gerando benefícios que extrapolam os limites econômicos da organização.

Nesse contexto, a teoria das externalidades proposta por Pigou e posteriormente desenvolvida por Coase oferece uma importante fundamentação teórica para interpretação dos resultados. Parte dos benefícios gerados pela reciclagem ocorre na forma de ganhos ambientais e sociais, os quais frequentemente não são capturados diretamente pelos indicadores financeiros empresariais (Salles e Matias, 2022).

Para avaliar essa dimensão, foi estimado o Impacto Ambiental Evitável (IAE), expresso em quilogramas de CO₂ equivalente (Figura 5).

Os maiores valores observados, superiores a 100 kg CO₂e, corresponderam principalmente aos produtos destinados ao público adulto, especialmente das marcas E, F, G e H.

Esse comportamento era esperado, uma vez que fraldas para adultos apresentam massa significativamente superior à das fraldas infantis. Enquanto uma fralda infantil possui massa média próxima de 45 g, as fraldas destinadas ao público adulto apresentam massa média aproximada de 160 g por unidade. Consequentemente, o descarte desses produtos implica maiores quantidades de material processado e, portanto, maior potencial de emissões associadas ao ciclo de vida dos materiais.

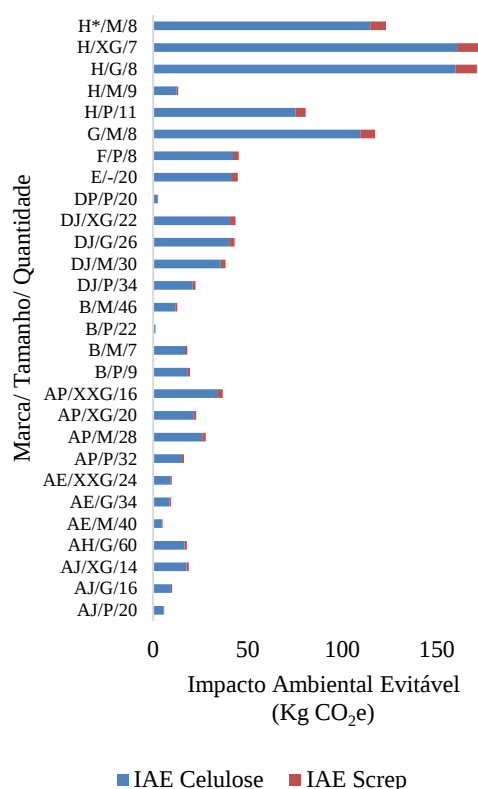


Figura 5. Impacto ambiental evitável dos produtos conformes analisados

Os resultados também indicam que o impacto ambiental é influenciado simultaneamente pela massa unitária dos produtos e pelo volume de desperdício observado. Assim, produtos de maior porte e produtos com elevados percentuais de descarte tendem a apresentar maiores valores de IAE.

O maior impacto ambiental evitável foi observado para o produto H/XG/7, com valor de 172,797 kg CO₂e. Esse mesmo produto apresentou impacto econômico negativo de R\$ -438,14, indicando que sua redução ou reaproveitamento possui potencial para gerar benefícios simultaneamente econômicos e ambientais.

Por outro lado, os produtos H*/M/8 e G/M/8 apresentaram elevados valores de IAE, superiores a 117 kg CO₂e, mas registraram impactos econômicos positivos. Esses resultados demonstram que a relação entre desempenho econômico e desempenho ambiental não é necessariamente linear. Produtos com elevada capacidade de recuperação econômica podem continuar apresentando elevado potencial de redução de emissões caso o desperdício seja evitado.

Em sentido oposto, o produto B/P/22 apresentou o menor impacto ambiental evitável (1,184 kg CO₂e), associado também a baixos níveis de desperdício e reduzido impacto econômico negativo. Considerando conjuntamente os indicadores avaliados, esse produto

apresentou um dos desempenhos mais favoráveis dentre as categorias analisadas.

Como o IAE representa um impacto potencialmente evitável, os resultados indicam a quantidade de emissões que poderia deixar de ocorrer caso os produtos conformes fossem reaproveitados ou reinseridos em ciclos produtivos de maior valor agregado. Dessa forma, os resultados reforçam o potencial das estratégias de economia circular para redução da pressão ambiental associada à produção de fraldas descartáveis.

A integração das dimensões econômica e ambiental foi realizada por meio do Índice Integrado de Perda (IIP), cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Análise econômico ambiental do descarte de fraldas conformes

Cenário	α	β	Índice integrado de perda (R\$)
foco financeiro	0,7	0,3	-5815,10
equilíbrio ESG	0,5	0,5	-4135,67
foco sustentabilidade	0,3	0,7	-2456,23
Custo social do carbono			-8271,34

Os três cenários avaliados apresentaram valores negativos, indicando predominância das perdas econômicas sobre os benefícios ambientais monetizados. O cenário com foco financeiro apresentou o maior impacto negativo (R\$ -5815,10), enquanto o cenário com foco em sustentabilidade apresentou o menor valor absoluto (R\$ -2456,23).

Comparando-se os cenários, observa-se que o aumento da importância atribuída à dimensão ambiental reduz substancialmente as perdas totais calculadas. No cenário de sustentabilidade, a redução atingiu aproximadamente 70,5% em relação ao impacto econômico isolado. Esse resultado demonstra que a incorporação dos benefícios ambientais modifica significativamente a percepção dos impactos associados ao descarte de produtos conformes.

Entretanto, mesmo após a monetização dos benefícios ambientais, os resultados permanecem negativos. Isso sugere que o modelo atualmente adotado para destinação dos produtos conformes não é capaz de recuperar integralmente o valor econômico destruído pelo descarte. Dessa forma, os ganhos ambientais obtidos pela reciclagem coexistem com perdas econômicas expressivas para a organização.

Resultado semelhante foi observado na análise baseada exclusivamente no custo social do carbono. A monetização das emissões evitáveis reduziu o



impacto econômico total em apenas 0,75%, indicando que, nas condições avaliadas, os benefícios climáticos associados à reciclagem possuem capacidade limitada de compensar as perdas econômicas decorrentes da não comercialização dos produtos.

Em conjunto, os resultados evidenciam que o principal problema não está na eficiência da reciclagem em si, mas no fato de que produtos plenamente conformes e aptos ao consumo estão sendo retirados de sua função original e direcionados para rotas de menor agregação de valor. Sob a ótica da economia circular, trata-se de uma destruição prematura de valor que reduz simultaneamente a eficiência econômica e o potencial de aproveitamento dos recursos empregados na produção.

Diante desse cenário, alternativas baseadas nos níveis superiores da hierarquia da economia circular mostram-se potencialmente mais adequadas do que a reciclagem convencional. Entre elas destacam-se a reinserção dos produtos conformes na linha de comercialização mediante procedimentos de inspeção e reembalagem, programas internos de disponibilização aos colaboradores, doações para instituições sociais e o aprimoramento dos processos de reaproveitamento de materiais. Tais estratégias apresentam potencial para reduzir o desperdício observado, aumentar a retenção de valor econômico e ampliar os benefícios ambientais associados ao sistema produtivo.

CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que o descarte das fraldas descartáveis, embora decorrente de uma atividade essencial para a garantia da qualidade, representa uma importante fonte de destruição de valor econômico e geração de impactos ambientais evitáveis. Foi estimado um impacto econômico negativo de R\$ 8.334,26 por mês associado ao descarte de produtos conformes. Mantidas as mesmas condições operacionais ao longo do ano, esse valor pode ultrapassar R\$ 100 mil anuais, evidenciando a relevância financeira do problema.

A análise econômica demonstrou que a reciclagem atualmente empregada recupera apenas uma parcela limitada do valor originalmente agregado ao produto, uma vez que 25 dos 28 itens avaliados apresentaram impacto econômico negativo após o descarte. Embora alguns produtos destinados ao público adulto tenham apresentado resultados positivos, indicando maior potencial de recuperação de valor, a venda do produto acabado permaneceu economicamente superior à alternativa de descarte com reciclagem na maior parte dos casos analisados.

Sob a perspectiva ambiental, os resultados evidenciaram que o desperdício de produtos

conformes também representa uma fonte relevante de emissões evitáveis de gases de efeito estufa. A integração das dimensões econômica e ambiental mostrou que, embora os benefícios ambientais da reciclagem sejam relevantes, eles não são suficientes para compensar integralmente as perdas econômicas decorrentes do descarte de produtos conformes. Os cenários ponderados indicaram redução das perdas quando maior peso foi atribuído aos aspectos ambientais, porém a monetização por meio do custo social do carbono revelou que os custos econômicos permanecem predominantes no contexto analisado.

Como implicação prática, os resultados indicam que estratégias de economia circular mais avançadas, como a reinserção dos produtos conformes no processo produtivo, programas de reaproveitamento controlado, doação institucional e aprimoramento das rotas de recuperação de materiais, apresentam potencial para reduzir simultaneamente os impactos econômicos e ambientais observados. Tais alternativas tendem a preservar maior valor agregado do produto em comparação com a reciclagem convencional.

Por fim, destaca-se que os dados analisados correspondem a um período de apenas 30 dias e a uma única unidade industrial. Assim, estudos futuros podem ampliar a avaliação para períodos mais longos, diferentes plantas produtivas e outras categorias de produtos de higiene descartáveis, permitindo uma compreensão mais abrangente dos efeitos do desperdício de produtos conformes e das oportunidades de circularidade na indústria de bens de consumo.

AGRADECIMENTOS

A empresa parceira do segmento de higiene pessoal pela colaboração e pelo suporte fornecido durante a execução desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- CORDELLA, Mauro et al. Evolution of disposable baby diapers in Europe: Life cycle assessment of environmental impacts and identification of key areas of improvement. *Journal of cleaner production*, v. 95, p. 322-331, 2015.
- DO NASCIMENTO, Katia Cardoso; FRANCA BARROS, Denise. O Consumo de Fraldas Descartáveis Infantis - os impactos socioambientais oriundos das práticas de mercado sob a perspectiva do Macromarketing. *Diálogo com a Economia Criativa*, v. 5, n. 14, 2020.
- ISKANDAR SHAH, Darween Rozehan Shah et al. Towards a greener future of sustainable and circular practices in resource recovery from discarded disposable diaper (D3): a systematic review and meta-analysis. *Journal of Material*



- Cycles and Waste Management, v. 27, n. 5, p. 3033-3054, 2025.
- ISO 2859-1:2026. Sampling procedures for inspection by attributes — Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection. Disponível em: < <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:85464:en> > . Acesso em 26 mai 2026.
- KÜHLECHNER, Ramona. Object detection survey for industrial applications with focus on quality control. *Production Engineering*, v. 19, n. 6, p. 1271-1291, 2025.
- MENDOZA, Joan Manuel F. et al. Improving resource efficiency and environmental impacts through novel design and manufacturing of disposable baby diapers. *Journal of Cleaner Production*, v. 210, p. 916-928, 2019.
- NTEKPE, Mfon Emmanuel et al. Disposable diapers: impact of disposal methods on public health and the environment. *Am J Med Public Health*. 2020; 1 (2), v. 1009, 2020.
- RAJPUT, Shubhangini; SINGH, Surya Prakash. Industry 4.0– challenges to implement circular economy. *Benchmarking: An International Journal*, v. 28, n. 5, p. 1717-1739, 2021.
- RYABCHIK, Tatiana A. et al. Manufacturing processes quality control as a main factor of performance enhancement in industrial management. In: 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). IEEE, 2019. p. 1463-1466.
- SALLES, Alexandre Ottoni Teatini; MATIAS, Ariella Lopes. Uma análise da teoria das externalidades de Pigou e Coase e suas aplicações na abordagem teórica da Economia Ambiental. *Informe Econômico (UFPI)*, v. 44, n. 1, 2022.
- SELLITTO, Miguel Afonso. Reverse logistics activities in three companies of the process industry. *Journal of Cleaner Production*, v. 187, p. 923-931, 2018.
- SELLITTO, Miguel Afonso; ALMEIDA, Francieli Aparecida de. Strategies for value recovery from industrial waste: case studies of six industries from Brazil. *Benchmarking: An International Journal*, v. 27, n. 2, p. 867-885, 2020.
- STAHEL, Walter R. *The circular economy: A user's guide*. Routledge, 2019.
- TAVERA ROMERO, Carlos Andrés et al. Synergy between circular economy and industry 4.0: A literature review. *Sustainability*, v. 13, n. 8, p. 4331, 2021.
- TURNER, David A.; WILLIAMS, Ian D.; KEMP, Simon. Greenhouse gas emission factors for recycling of source-segregated waste materials. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 105, p. 186-197, 2015.
- WANG, Pei et al. Estimates of the social cost of carbon: A review based on meta-analysis. *Journal of cleaner production*, v. 209, p. 1494-1507, 2019.