

ABORDAGEM DO CICLO DE VIDA DE COPOS DESCARTÁVEIS E RETORNÁVEIS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO

ENFOQUE DEL CICLO DE VIDA DE VASOS DESECHABLES Y RETORNABLES EN UNA INSTITUCIÓN DOCENTE

LIFE CYCLE APPROACH OF DISPOSABLE AND RETURNABLE CUPS IN A TEACHING INSTITUTION

Kamilla Carvalho Santos*

kamilla.carvalhos13@gmail.com

Ângela Maria Ferreira Lima**

angela.lima@gmail.com

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Salvador/BA - Brasil

Resumo

O objetivo deste trabalho foi ampliar os estudos sobre o tema Avaliação do Ciclo de Vida com uma abordagem dos aspectos ambientais do uso de dois tipos de copos, descartável e reutilizável, em uma Instituição de Ensino Federal, com a identificação da abrangência do estudo e definição em termos espaciais, temporais e tecnológicos. O trabalho foi dividido em três etapas. A primeira foi uma revisão bibliográfica, com consulta as normas e publicações, sendo possível selecionar sete trabalhos publicados sobre a temática, que serviu de base para este estudo. A segunda foi a definição do objetivo e escopo, com a identificação de elementos importantes, como unidade funcional e fronteira. E por fim realizou-se um delineamento para o inventário sobre a cadeia produtiva de ambos os copos, quantificando entradas e saídas associadas aos seus ciclos de vida, como as quantidades de energia utilizadas para produção dos copos descartáveis e de água e detergente para o uso dos copos reutilizáveis. Com as informações descritas no presente trabalho, realizou-se uma abordagem do Ciclo de Vida das cadeias produtivas dos dois tipos de copos, que poderá subsidiar futuros estudos de Avaliação do Ciclo de Vida e seus impactos ambientais relevantes.

PALAVRAS CHAVE: Copos descartáveis. Copos reutilizáveis. Avaliação do Ciclo de Vida.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue ampliar los estudios sobre el tema Evaluación del Ciclo de Vida con una aproximación a los aspectos ambientales del uso de dos tipos de vasos, desechables y reutilizables, en una Institución de Educación Federal, con la identificación del alcance de la estudio y definición en términos espaciales, temporales y tecnológicos. El trabajo se dividió en tres etapas. La primera fue una revisión bibliográfica, con consulta de normas y publicaciones, y fue posible seleccionar siete trabajos publicados sobre el tema, que sirvieron de base para este estudio. El segundo fue la definición del objetivo y alcance, con la identificación de elementos importantes, como la unidad funcional y el límite.

Finalmente, se realizou un diseño de inventario enlacadenaproductiva de ambos vasos, cuantificando entradas y salidasasociadas a sus ciclos de vida, como lascantidades de energía utilizada para producir vasos desechables y agua y detergente para el uso de vasos reutilizables. Conlainformación descrita enel presente trabajo se realizóunacercamiento al Ciclo de Vida de lascadenasproductivas de los dos tipos de vasos, que podrá sustentar futuros estudios de Análisis de Ciclo de Vida y sus impactos ambientales relevantes.

PALABRAS CLAVE: Vasosdesechables.Vasosreutilizables.Evaluacióndel ciclo de vida.

Abstract

The objective of this work was to expand the studies on the topic Life Cycle Assessment with an approach to the environmental aspects of the use of two types of cups, disposable and reusable, in a Federal Education Institution, with the identification of the scope of the study and definition in spatial, temporal and technological terms. The work was divided into three stages. The first was a bibliographic review, with consultation of norms and publications, and it was possible to select seven published works on the subject, which served as the basis for this study. The second was the definition of the objective and scope, with the identification of important elements, such as functional unit and boundary. Finally, an inventory design was carried out on the production chain of both cups, quantifying inputs and outputs associated with their life cycles, such as the amounts of energy used to produce disposable cups and water and detergent for use. of reusable cups. With the information described in the present work, an approach to the Life Cycle of the production chains of the two types of cups was carried out, which may support future Life Cycle Assessment studies and their relevant environmental impacts.

KEYWORDS: Disposable cups. Reusable cups.Life Cycle Assessment.

1. Introdução

A Organização das Nações Unidas (ONU, 2020) definiu os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com 17 objetivos e 169 metas que devem ser trabalhados por todos os setores, como governo, academia e sociedade civil.Segundo a UNEP (2019), reduzir os impactos ambientais de sistemas de consumo e produção é uma prioridadeda Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Isso requer o desenvolvimento de produtos e serviçoscom impactos reduzidos à saúde humana e aomeio ambiente. Por conseguinte, é necessária orientação sobrequais indicadores baseados no ciclo de vida são maisadequados para medir e monitorar os impactos no ser humano,saúde, ecossistemas e recursos naturais.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta de gestão ambiental que abrange desde as etapas de retirada da matérias-primas até o seu destino final. O Programa Iniciativa do Ciclo de Vida¹, atualmente hospedado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente tem o objetivo de permitir o uso global do conhecimento do ciclo de vida por tomadores de decisão e fornecer um fórum global para garantir um processo científico e de construção de consenso para apoiar decisões e políticas

¹ Do inglês: Life Cycle Initiative

em direção à visão compartilhada da sustentabilidade, como um bem público (UNEP, 2020).

Pensar o Ciclo de Vida² é ir além do foco tradicional no local de produção e nos processos de fabricação para incluir impactos ambientais, sociais e econômicos de um produto ao longo de todo o seu ciclo de vida. Logo, as principais propostas são reduzir o uso de recursos e as emissões de um produto para o meio ambiente, além de melhorar seu desempenho socioeconômico. Isso pode facilitar os vínculos entre as dimensões econômica, social e ambiental dentro de uma organização e por toda a sua cadeia de valor (UNEP, 2020).

Foi criada pelo Governo Federal Brasileiro uma ferramenta de planejamento – o Plano de Gestão e Logística Sustentável (PLS), a qual deveria ser realizada pelas Instituições Públicas Federais como forma de estabelecer práticas de sustentabilidade e racionalização de gastos e processos (BRASIL, 2012), sendo a Universidade Federal de Santa Catarina a primeira universidade brasileira a publicar em 2013 seu relatório (UFSC, 2017). A partir disso, a universidade ampliou suas ações sustentáveis, como por exemplo, através da substituição de copos descartáveis por retornáveis.

Segundo Potting & Harst (2015), os copos descartáveis foram introduzidos na primeira metade do século passado e penetraram em todos os setores da sociedade. Muitos restaurantes e quiosques vendem bebidas em copos descartáveis para consumo. São também utilizados na ausência de instalações adequadas para limpeza e em locais com grande número de clientes em intervalos de tempo curtos, tornando praticamente impossível o serviço de copos reutilizáveis. Isso acontece em grandes eventos públicos, como festivais e manifestações, e também em organizações de médio a grande porte como escolas e universidades. Os copos descartáveis também são cada vez mais usados em organizações como escritórios, geralmente em combinação com máquinas de venda automática, economizando tempo e dinheiro e agilizando suas instalações de bebidas quentes.

Há muitas vantagens associadas ao copo plástico descartável, o que explica sua priorização em relação aos demais: possui baixo custo e praticidade, não sendo necessário gastar tempo e produtos lavando-o. No entanto, esse copo dificilmente é reciclado, já que o processo não é economicamente viável, sendo pago cerca de centavos por quilo de copo. Como a matéria-prima de produção dos descartáveis é de baixo custo, a reciclagem é um processo mais custoso do que a produção de copos novos (ECYCLE, 2017).

Santos & Lima (2018) realizaram análise abordando os aspectos econômicos entre descartáveis e recicláveis. No estudo encontraram que são comprados, aproximadamente, 144.000 copos plásticos descartáveis, com capacidade de 200 mL e 50 mL, por ano, no Instituto Federal da Bahia (IFBA), *Campus Salvador*.

Ainda de acordo com as autoras, foram selecionados dois tipos de copos que deveriam substituir os descartáveis, levando em consideração o tipo de material, preço, vida útil e melhor aplicabilidade no ambiente de trabalho. Optou-se por caneca plástica, considerando uma vida útil de um ano para os estudantes que utilizavam o refeitório da instituição, e caneca de Inox, com vida útil de três anos destinadas aos docentes e técnicos administrativos. Foi realizada a viabilidade econômica comparando os descartáveis pelos retornáveis (plástico e inox). No primeiro ano, o custo de investimento da caneca de inox é menor que o custo de aquisição dos copos descartáveis. Em um período de três anos, é possível economizar R\$ 7.397,00, o que significa uma economia de 67,5% nesse período de tempo.

De acordo com Santos & Lima (2019), um novo trabalho foi iniciado, denominado “Adote um Copo Retornável”, no *Campus Salvador*, que contemplou uma campanha de sensibilização, recursos para aquisição e distribuição de copos retornáveis para os servidores técnicos administrativos e docentes, bem como para os alunos beneficiados pelo auxílio alimentação no refeitório da Instituição.

² Do inglês: Life Cycle Thinking

Este estudo aqui proposto, procura ampliar a discussão e fomentar o Pensamento do Ciclo de Vida das cadeias produtivas dos copos retornáveis e descartáveis em uma Instituição de Ensino Federal e para a comunidade em geral.

Logo, o objetivo deste trabalho é analisar e ampliar os estudos sobre o tema Avaliação do Ciclo de Vida com uma abordagem dos aspectos ambientais do uso de dois tipos de copos, descartável e reutilizável, em uma Instituição de Ensino Federal, com a identificação da abrangência do estudo e definição em termos espaciais, temporais e tecnológicos.

2. Bases Teóricas

3.1. Avaliação do Ciclo de Vida: Principais conceitos

Durante a década de 60, a sociedade passou por uma grande crise mundial conhecida como “crise do petróleo” e começou a se questionar sobre os limites de extração de recursos naturais, minerais e geração de combustíveis fósseis. Havia surgido o interesse de entender os impactos ambientais relacionados à determinado produto ou processo. Naquela época foram iniciados estudos relacionados a análise de energia de processos, com consequentemente contabilização de matérias primas utilizadas e resíduos gerados. Mas foi apenas nos anos 1990, com o crescente interesse pela preservação do meio ambiente, que surgiu uma ferramenta de estudo mais completa para avaliar os impactos ambientais de um processo, sendo denominada de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (COLTRO, 2007).

A ACV é uma metodologia a partir da qual é possível avaliar os potenciais impactos ambientais relacionados a um produto, processo ou serviço. Um dos diferenciais da ACV, quando comparado à outras ferramentas de estudo ambientais, é que com ela pode-se analisar todo o ciclo de vida do que se pretende estudar, desde a extração de matérias primas até o uso e sua disposição final, seja ela reuso, reciclagem ou fim de vida. É o que se chama popularmente no meio acadêmico de uma análise “do berço ao túmulo”. Com isso, é possível identificar quais etapas do ciclo de vida analisado oferecem maior potencial de impacto ao meio ambiente (COLTRO, 2007).

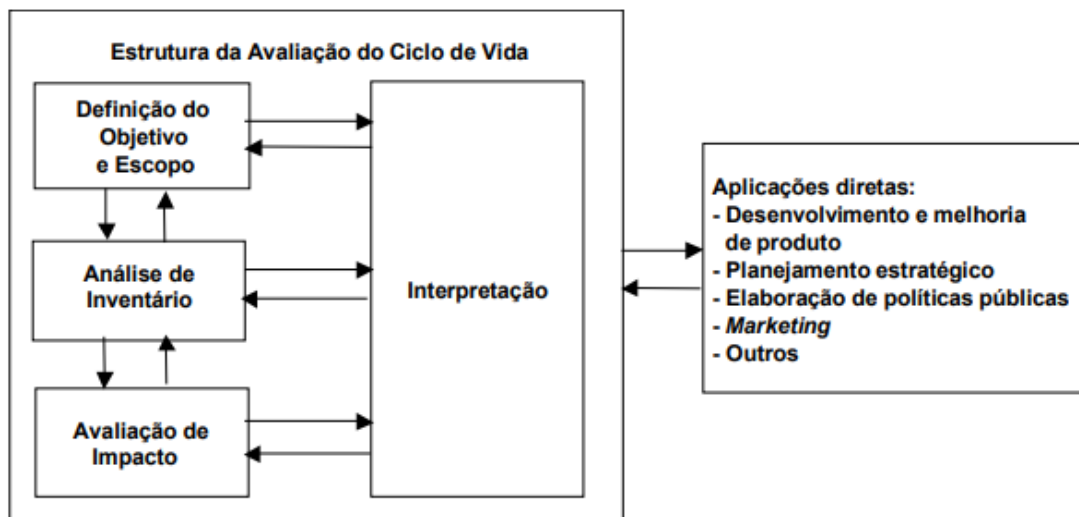
Com os estudos de ACV é possível propor melhorias para processos ou serviços e alternativas ou outros modos de uso para produtos. Esses estudos podem ser a base para declarações ambientais, desenvolvimento de produtos, estratégias de marketing, auxílio no planejamento estratégico, entre outros (ABNT ISO 14040, 2009).

Com o crescimento de trabalhos utilizando ACV, surgiu a necessidade de normalizar a metodologia a fim de evitar uma disparidade muito grande entre estudos iguais. Dessa forma, em 1997, foi realizado um trabalho de normalização da *International Organization for Standardization* (ISO) envolvendo mais de 300 especialistas na área, gerando uma série de normas relativas à ACV (COLTRO, 2007).

A norma ISO 14040 foi publicada em 1997, contendo os princípios e a estrutura de uma ACV, incluindo uma explicação geral das fases do estudo. Em seguida foram publicadas mais três normas, cada uma explicando sobre uma fase: ISO 14041:1998 (definição de objetivo e escopo e análise de inventário), ISO 14042:2000 (avaliação de impacto do ciclo de vida) e ISO 14043:2000 (interpretação do ciclo de vida). Após uma revisão no âmbito da ISO, atualmente, apenas duas normas relativas à ACV estão em vigor: a ABNT NBR ISO 14040:2009 (princípios e estrutura) e a 14044:2009 (requisitos e diretrizes). Elas foram publicadas em substituição às anteriores, com uma reorganização e melhor estruturação do conteúdo. No Brasil, as normas foram publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) no ano de 2009 (FREESE, 2015).

Segundo a ABNT NBR ISO 14040 (2009), um estudo de Avaliação do Ciclo de Vida é dividido em quatro fases, como mostra a Figura 1: Definição do objetivo e escopo, Análise de Inventário, Avaliação de Impacto e Interpretação.

Figura 1: Fases, estrutura e aplicações da ACV



Fonte: ABNT NBR ISO 14040, 2009

A primeira etapa de um estudo de ACV é a Definição do Objetivo e Escopo. No objetivo, deve-se definir o contexto do estudo e a quem se destina, assim como aplicações e razões pelas quais esse estudo é importante. Já o escopo deve conter a unidade funcional utilizada, a função e fronteiras do sistema, o fluxo de referência, estimativas e considerações, assim como as categorias de impacto a serem analisadas (NBR ISO, 2009). Para que dois ou mais sistemas sejam comparados de forma equivalente, é necessário definir os aspectos citados, como por exemplo, a unidade funcional, que consiste na unidade de referência a qual todos os fluxos da ACV estão relacionados (COLTRO, 2007).

A segunda etapa, de Análise de Inventário, é considerada por estudiosos como a mais complexa e trabalhosa da ACV, pois nela é realizado um levantamento de dados e quantificação de todas as entradas e saídas dos sistemas incluídas no escopo do estudo. São contabilizados, portanto, fluxos de matéria prima, energia, emissões, efluentes, resíduos sólidos etc. Os dados são compilados e relacionados à unidade funcional (ABNTNBR ISO, 2009).

A etapa seguinte é a de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV), na qual as informações obtidas na etapa anterior de inventário são associadas a impactos ambientais específicos, como por exemplo, aquecimento global, eutrofização, acidificação de solos, entre outros, a fim de compreender esses impactos. Essa fase, em geral, é realizada com o auxílio de um software, que ajuda na manipulação dos dados do inventário e em sua relação com as categorias de impacto (ABNT NBR ISO, 2009).

Por último tem-se a Interpretação de resultados, que trata de combinar a avaliação de impactos da fase anterior com o objetivo e escopo do estudo, de forma a ter conclusões a respeito daquelas análises. Essas conclusões dizem respeito tanto a possíveis limitações do estudo, quanto a avaliar quais fases do ciclo de vida geram maiores impactos e em quais categorias. Dessa forma, é possível fornecer recomendações e verificar sensibilidade e robustez de todo o trabalho (FREESE, 2015).

3. Metodologia

A metodologia consistiu nas seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica qualitativa: estudos a respeito da avaliação do ciclo de vida aplicada aos copos descartáveis e reutilizáveis e de acordo com as normas ABNT NBR ISO 14.040 (Princípios Gerais, 2009) e 14.044 (Requerimentos e Diretrizes, 2009) sobre ACV, além de artigos da área. Para o levantamento bibliográfico atualizado a respeito dessa temática, foram realizadas consultas a bancos de dados confiáveis, como o Portal de Periódicos da Capes e o Google Acadêmico, utilizando como termos de busca as palavras: “Avaliação do Ciclo de Vida”, “ACV” (bem como, em inglês, “*Life Cycle Assessment*”, “*LCA*”) e “copos” (“*cups*”). Foi dada prioridade à artigos publicados em periódicos internacionais e nacionais, teses e dissertações e estudos de empresas renomadas.
- Definição do objetivo e escopo do estudo: foram definidos objetivo, função do sistema, fluxos de referência, unidade funcional, fronteira do sistema e categorias de impacto.
- Levantamento de entradas e saídas dos sistemas: foram realizadas pesquisas em bancos de dados a respeito de quantidade de água, energia, emissões, efluentes ou resíduos relacionados aos sistemas de copo descartável e de INOX.

4. Resultados e Discussão

4.1 ACV aplicada aos copos

O estudo em questão teve como objetivo realizar uma abordagem do ciclo de vida do copo descartável de poliestireno (PS) e do copo de aço INOX. O primeiro é o descartável adotado pela instituição para ser utilizado para beber água ou café nos setores acadêmicos e administrativos do *Campus*, enquanto o segundo foi o reutilizável escolhido para substituir os descartáveis nessa mesma função. Dessa forma, foi procurado na literatura estudos com o tema ACV como ferramenta para avaliar os impactos ambientais ocasionados pelo processo de produção, uso e disposição final dos copos descartáveis e reutilizáveis de diversas naturezas. A finalidade era que esses trabalhos servissem como base, trouxesse o conhecimento do que já foi realizado na área e oferecessem referências a respeito do escopo, em geral, utilizado.

O critério para a seleção dos trabalhos do levantamento bibliográfico a serem estudados foram:

- Recorte temporal: foram selecionados trabalhos publicados a partir de 2009;
- Idiomas: inglês ou português;
- Critérios de inclusão e exclusão: foram incluídos somente trabalhos que utilizam a ACV como ferramenta de avaliação de impacto em copos descartáveis de poliestireno (PS) ou polipropileno (PP) e reutilizáveis feitos de qualquer plástico ou de INOX. Foram excluídos estudos de ACV de copos descartáveis de outra natureza, como papelão, isopor e biodegradáveis.

O Quadro 1 apresenta um compilado dos 7 principais trabalhos analisados para compor o estudo em questão e contém as informações mais importantes, como o tipo de recipiente utilizado, a unidade funcional, fronteiras do sistema, categorias de impacto e principais resultados obtidos.

Quadro 1. Levantamento bibliográfico atualizado sobre a ACV em copos

Título do Trabalho	Autor e ano de publicação	Recipientes utilizados	Unidade funcional	Fronteiras do sistema	Categorias de impacto	Resultados obtidos
Análise do ciclo de vida de copos plásticos de poliestireno e canecas de cerâmica utilizados para servir café em um ambiente de trabalho	Juliana Thaisa Freese, 2013	Copo descartável de poliestireno (PS) e caneca de cerâmica	Servir 2000 doses de café em um ambiente de trabalho em Porto Alegre	Desde a produção das matérias primas até o uso e disposição final em aterro	Potencial de aquecimento global, eutrofização de água doce, de acidificação terrestre e depleção de água	Não foi possível definir qual recipiente apresenta o melhor resultado
Life cycle assessment and eco-efficiency analysis of drinking cups used at public events	An Vercauteren; Carolin Spirinckx; Theo Geerken. 2010	Copos descartáveis de polipropileno (PP), polietileno (PE) e polilactide (PLA) e reutilizável de policarbonato	Servir 100 litros de cerveja ou refrigerante em eventos de pequena escala e larga escala	Todos os estágios do ciclo de vida, desde a extração das matérias-primas até o tratamento do resíduo final	Acidificação, eutrofização, ecotoxicidade, camada de ozônio, extração de minerais, entre outros	Para ambos os tipos de evento, não foi possível concluir qual dos quatro copos tem maior impacto ambiental
A critical comparison of ten disposable cup LCAs	Eugenie Van der Harst; José Potting. 2013.	PP, PET, PLA e PS	Quantidade de copos necessária para servir uma quantidade de líquido (100 ou 1000L)	Não informado	Potencial de aquecimento global	Nenhum estudo conseguiu indicar se um copo era melhor que o outro, assim como nenhum copo foi considerado o mais ambientalmente correto
Reusable Coffee Cups Life Cycle Assessment and Benchmark	Lou Dyer; Jonas Bengtsson. 2018	Comparação entre os copos da KeepCup, um de plástico, um de vidro com silicone e um de vidro com cortiça; e dois reutilizáveis, um de bambu e outro de PP	1 ano bebendo café. Foi dividido em 3 intensidades de uso: leve, médio e pesado que correspondem, respectivamente, a 1, 2 ou 3 cafés por dia ou 250, 500 ou 750 cafés por ano.	Matéria prima e energia requerida para a produção dos copos, transportes, lavagens (se reutilizável) e disposição no final da vida.	Potencial de aquecimento global, eutrofização de água doce, de acidificação terrestre e depleção de água, demanda de energia acumulada, entre outros	De modo geral, o impacto do KeepCup é mais baixo que dos copos de PP e mais baixo que o copo de bambu
Facility Arrangements and the Environmental Performance	José Potting; Eugenie van der Harst. 2015	O descartável PS com um reutilizável que é lavado	Servir uma bebida quente no recipiente	Não informado	Potencial de aquecimento global, eutrofização de água doce,	Os resultados não permitem dizer nenhuma preferência entre

Título do Trabalho	Autor e ano de publicação	Recipientes utilizados	Unidade funcional	Fronteiras do sistema	Categorias de impacto	Resultados obtidos
of Disposable and Reusable Cups		na mão e na máquina			de acidificação terrestre e depleção de água, depleção abiótica, etc	descartáveis e reutilizáveis
Avaliação do ciclo de vida comparativa entre copos descartáveis e reutilizáveis	Comissionado por Braskem, realizado pela ACV Brasil e revisado pela KPMG	Copo PP descartável, copos reutilizáveis de cerâmica, PP e vidro	Servir 25 mil litros de água para 100 pessoas	Não informado	Esgotamento abiótico, uso do solo, acidificação, depleção de aquecimento global, entre outros	O Indicador Único confirma o maior impacto ambiental no uso de copos reutilizáveis com lavagem manual frente ao uso dos copos descartáveis
Avaliação do ciclo de vida do copo plástico reutilizável adotado na UTFPR Campus Ponta Grossa	Oksana Kuczynski, 2018	Copo reutilizável de PP	800 utilizações do copo reutilizável por um aluno	Desde a produção das matérias primas até o uso e destinação final em aterro	Esgotamento de recursos, potencial de aquecimento global e de eutrofização	Para as 3 categorias de impacto avaliadas, a etapa de maior impacto é a de produção de matérias primas

Fonte: Elaborado a partir de FREESE, 2013; VERCALSTERENet *al*, 2010; POTTING& VAN DER HARST, 2013; DYER& BENGTTSSON, 2018; POTTING& VAN DER HARST, 2015; BRASKEM, [20-]; KUCZYNSKI, 2018.

A partir das informações do Quadro 1, pode-se concluir que a unidade funcional nos sete estudos, em geral, está relacionada a quantidade de copos necessária para servir certa quantidade de uma bebida. Em todos os estudos a categoria de impacto potencial de aquecimento global está presente, sendo comuns também as categorias eutrofização de água doce, acidificação terrestre e depleção de água. Em alguns casos pode-se destacar também: esgotamento de recursos, uso do solo, depleção abiótica, ecotoxicidade, camada de ozônio, extração de minerais e demanda de energia acumulada.

Apenas dois estudos apresentaram resultados conclusivos. DYER & BENGTTSSON (2018) em seu estudo de comparação dos copos da marca KeepCup com outros dois copos reutilizáveis de bambu e polipropileno, concluíram que os copos KeepCup de plástico e de vidro causam menos impacto. A Braskem, por sua vez, concluiu que há maior impacto ambiental associado aos copos reutilizáveis com lavagem manual comparado aos copos descartáveis de polipropileno. Nos demais estudos, não foi possível apontar nenhuma preferência entre os reutilizáveis e descartáveis.

4.2. Definição do Objetivo e Escopo da ACV

O objetivo desse estudo foi realizar uma comparação do desempenho ambiental entre copos plásticos descartáveis de poliestireno (PS) e copos reutilizáveis de INOX (Figura 2) no IFBA, Campus Salvador,

através de uma abordagem do ciclo de vida de ambos os copos. O público alvo são os tomadores de decisão da instituição e toda a comunidade acadêmica: estudantes, professores e técnicos, bem como o público externo.

Figura 2. Caneca de INOX adquirida através do edital interno institucional, 2018



Fonte: Autoria própria, 2019

Os elementos principais que compõem o escopo desse estudo são: função do sistema, unidade funcional, fluxo de referência, fronteira do sistema e categorias de impacto avaliadas. Segue abaixo a descrição de cada um:

- Função do sistema.

A função pretendida tanto do copo descartável quanto do copo de INOX é servir água ou café ao longo do dia nos setores acadêmicos e administrativos do Campus Salvador do IFBA. Os principais usufruidores desses copos são os professores e técnicos presentes na instituição.

- Unidade funcional.

Para a definição da unidade funcional, considerou-se que uma caneca de INOX foi distribuída para cada professor e técnico do *campus*, totalizando 607 canecas entregues, e que esta possui uma vida útil de 3 anos. Além disso, sabe-se que eram utilizados, em média, 144.000 copos descartáveis por ano na instituição, e, em um período de 3 anos, eram utilizados 710 copos por professor/técnico. Conclui-se, portanto, que nesse intervalo de tempo, cada pessoa consumiu 710 doses de água ou café (SANTOS & LIMA, 2018, 2019).

Logo, foi possível definir a unidade funcional desse estudo como sendo: servir 710 doses de água ou café nos setores acadêmicos e administrativos da instituição, considerando um período de 3 anos.

Com a unidade funcional é possível que ambos os recipientes sejam analisados de forma equivalente.

Uma consideração foi assumida que em todas as doses foram servidas as mesmas quantidades de água ou café e que a caneca de INOX foi lavada todas as vezes após servir café.

- Fluxo de referência.

Considerando a unidade funcional citada acima, e sabendo que uma caneca consegue servir 710 doses de água ou café, pode-se considerar o fluxo de referência como sendo 1 (uma) caneca de INOX para 710 copos plásticos descartáveis.

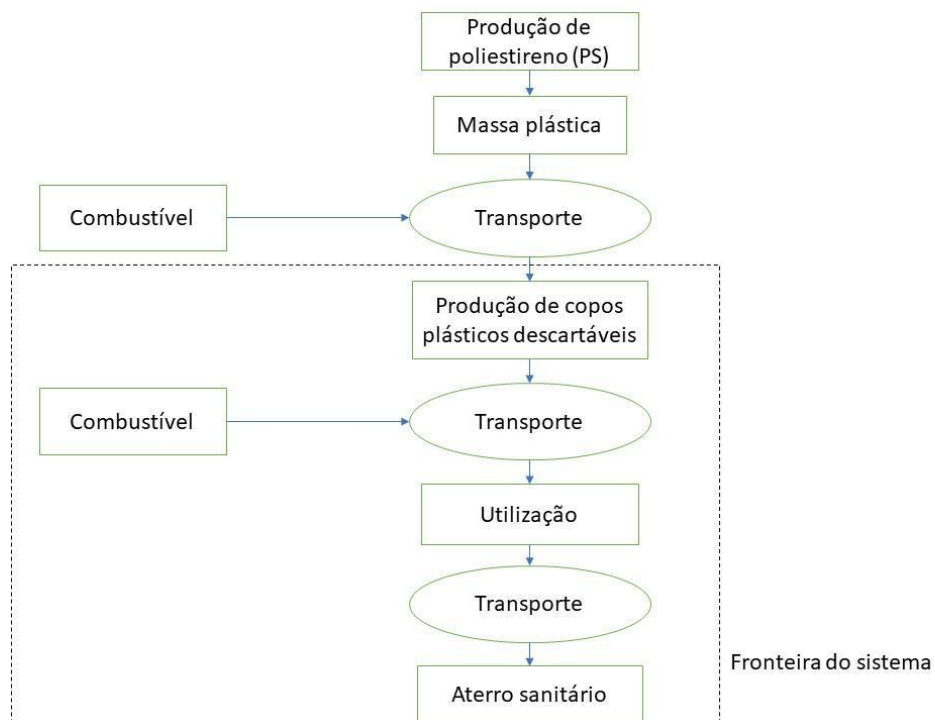
Também é possível analisar o fluxo de referência em termos de massa, sabendo que a massa da caneca

INOX é 80,32 g, de um copo descartável de 200 mL é igual a 2,26 g e de um de 50 mL, 0,5 g. Em um período de 3 anos, caso utilizasse apenas os descartáveis, cada professor e técnico descartaria um total de, aproximadamente, 1,3 kg de copos como resíduo. Logo, o fluxo mássico fica: 1,3 kg de copos descartáveis descartados para 80,32 g da caneca INOX descartada durante 3 anos.

- Fronteira do sistema.

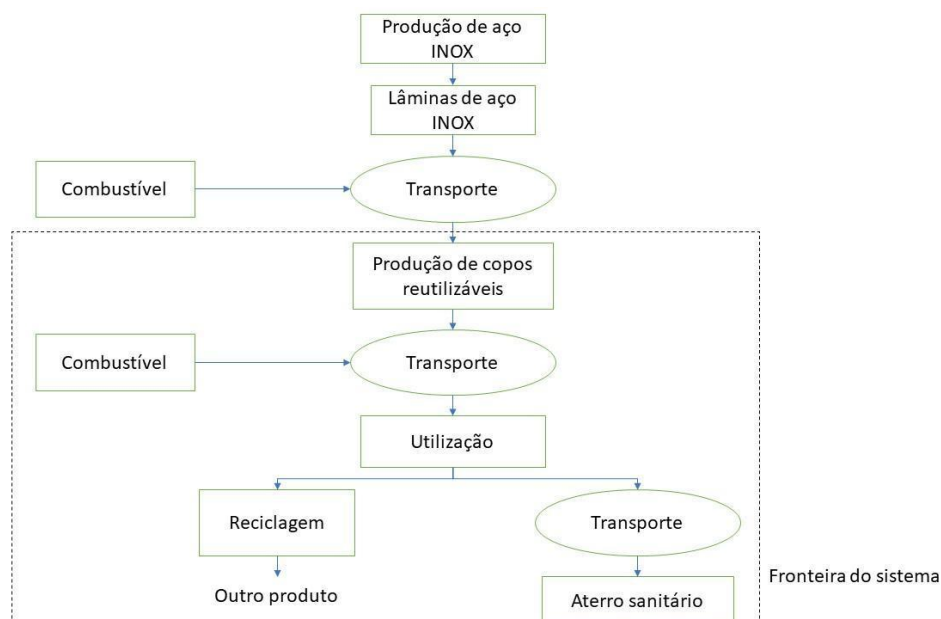
As fronteiras dos sistemas em questão foram definidas considerando a limitação de tempo para o estudo. Logo, algumas etapas do ciclo de vida não foram consideradas. As Figuras 3 e 4 representam, respectivamente, a fronteira dos sistemas do copo plástico descartável e da caneca de INOX.

Figura 3. Fronteira do sistema para o copo descartável de poliestireno



Fonte: Adaptado de FREESE, 2013

Figura 4. Fronteira do sistema para a caneca de aço INOX



Fonte: Autoria própria, 2019

De acordo com as Figuras 4 e 5, as etapas incluídas na análise foram: produção dos copos descartáveis e da caneca de INOX, utilização do copo descartável e o seu descarte em aterro e a utilização da caneca (incluindo lavagem) e a sua reciclagem. Ficam excluídas etapas de produção da matéria prima, de embalagens, de insumos para lavagem e transporte da matéria prima.

- Categorias de impacto.

A seleção das categorias de impacto a serem utilizadas levou em consideração as etapas críticas do ciclo de vida dos dois tipos de copo. As escolhidas foram (SANTOS & LIMA, 2019):

- ✓ Potencial de aquecimento global - Avalia a contribuição de uma substância para a absorção de calor irradiado pela superfície - É expresso em quantidade de CO₂ equivalente.
- ✓ Potencial de eutrofização - Avalia a presença de nutrientes na água ou no solo, principalmente compostos de fósforo e nitrogênio, capazes de alterar o ecossistema devido à diminuição na taxa de oxigênio disponível. Expresso em termo de fósforo (P) equivalente.
- ✓ Potencial de acidificação terrestre - Determina o teor de acidez no solo através da quantificação de SO₂ que, em grandes quantidades, é prejudicial à fauna e flora.
- ✓ Depleção de água - Determina o volume de água consumido durante todo o ciclo de vida de um produto ou processo. Expresso em m³ de água.

4.3. Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

Para realização do inventário é necessário realizar o levantamento de dados de entradas e saídas do sistema, considerando a fronteira estipulada anteriormente no escopo do estudo. Nesse caso, deve ser levado em consideração para futuros trabalhos todas as entradas e saídas, para ambos os recipientes, desde a produção dos copos até a sua disposição final, seja em aterro ou reciclado. Para melhor entendimento, os dois sistemas devem ser analisados separadamente.

4.3.1. Copo plástico descartável de poliestireno (PS)

- Produção dos copos.

Copos de poliestireno, em geral, são produzidos por um processo denominado termoformagem, que nada mais é do que um método de moldagem de uma massa de material em uma forma. Inicialmente, uma chapa de plástico é aquecida a altas temperaturas até adquirir uma aparência mais fluida. Em seguida, o plástico é sugado por meio de vácuo ou de pressão na direção de um molde, onde é formado os contornos da peça. Ao mesmo tempo esse molde é resfriado. Após retirar do molde, já frio, os copos seguem para uma área de molde, na qual são cortadas sobras e pontas. Essas sobras podem retornar ao processo, sendo feita uma reciclagem interna (FREESE, 2015).

Trata-se de um processo que utiliza quantidades consideráveis de energia. Segundo Lighthart (2007), que utiliza dados referentes ao oeste europeu, para cada quilograma de copo descartável de poliestireno produzido na termoformagem são gastos 0,9322 kWh. Não foram encontrados dados confiáveis de energia para esse processo acontecendo no Brasil.

- Uso.

Na etapa de uso não há nenhuma utilização de água ou energia, já que o copo descartável, em geral, é descartado logo após o uso, gerando como saída o resíduo do plástico, classificado como resíduo sólido.

- Destinação final.

Os copos descartáveis de poliestireno dificilmente são reciclados após o uso, devido a alguns fatores, como baixo custo e dificuldade de limpeza e descontaminação. Sendo assim, a grande maioria desse resíduo é encaminhado para aterros sanitários. Esse tipo de destinação é considerada como final de vida, pois a decomposição do plástico demora centenas de anos para acontecer (FREESE, 2015).

4.3.2. Copo reutilizável de aço INOX

- Produção das canecas de INOX

Até o presente momento não foi encontrado nos bancos de dados pesquisados informações na literatura referentes ao processo de produção de copos de aço INOX.

- Uso dos copos

Como trata-se de um copo reutilizável, para manter sua integridade e garantir a vida útil e higiene, são realizadas lavagens periódicas. No caso da caneca em questão considerou-se que a lavagem ocorre todas as vezes em que for consumido café.

Segundo estudo realizado por BAUER (2014), em uma lavagem manual, o consumo médio de água por copo é de 1,73 L. Em relação ao detergente, o mesmo estudo indica que, considerando um fabricante do produto que promete 1375 pratos lavados por cada embalagem de detergente de 500 mL, o consumo é de 0,36 mL por copo lavado.

- Reciclagem e disposição final

Até o presente momento não foram encontrados dados relacionados à reciclagem ou disposição final das canecas de INOX.

5. Conclusões

No trabalho em questão foi possível realizar um levantamento bibliográfico atualizado sobre Avaliação

do Ciclo de Vida (ACV) relacionada aos copos plásticos descartáveis e reutilizáveis, a identificação da abrangência do estudo e uma abordagem do ciclo de vida. Logo, foi possível atingir seu objetivo.

No levantamento bibliográfico realizou-se o estudo da metodologia de ACV, base para o trabalho em questão, desde seus conceitos básicos até as fases da ferramenta, baseado nas normas ABNT NBR ISO 14.040:2009. Além disso, analisou-se bancos de dados a fim de encontrar publicações relevantes com o tema de ACV voltada aos copos. Foram encontrados sete trabalhos relevantes na área que serviram como base para a elaboração do estudo, sendo que apenas dois apresentaram resultados conclusivos. Nos demais não foi possível determinar qual tipo de corpo apresenta menor impacto ambiental associado.

Feita a revisão bibliográfica, o objetivo e escopo do estudo foram determinados. No objetivo foi alinhado a finalidade e o público alvo, enquanto no escopo determinou-se função dos sistemas, unidade funcional, fluxos de referência, fronteiras dos sistemas e quatro categorias de impacto relevantes para o estudo (potencial de aquecimento global, de eutrofização, de acidificação terrestre e depleção de água).

Foi possível também delinear as fronteiras dos dois sistemas e começou-se o levantamento de entradas e saídas dos processos, considerando dados de energia, água, efluentes e resíduos sólidos, como parte da etapa de Inventário de Ciclo de Vida (ICV). Em relação ao copo plástico descartável, foram apresentados os dados de energia para sua produção; a constatação de que não há utilização de água ou energia durante o seu uso; e o seu final de vida nos aterros sanitários, sem reciclagem associada. Já sobre os copos de INOX, não foram encontrados dados na literatura a respeito de sua produção, reciclagem ou disposição final, mas foi possível quantificar as quantidades de água e detergentes necessárias para sua utilização.

É importante ressaltar que o presente trabalho não teve como objetivo determinar qual dos dois copos avaliados apresenta menor impacto ambiental, mas sim realizar uma abordagem do Ciclo de Vida das cadeias produtivas dos copos descartáveis e retornáveis utilizando a ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida. Para avaliar qual copo apresenta menor impacto seria necessário seguir para a próxima etapa da metodologia da ACV, que é a etapa de Avaliação de Impacto. Nessa etapa, as informações obtidas de entradas e saídas são associadas às categorias ambientais específicas por meio de um software, sendo possível compreender os impactos associados a cada copo. Assim, como recomendação para futuros trabalhos, seria interessante realizar as outras duas etapas da ACV que não foram abordadas pelo trabalho em questão: a de Avaliação de Impacto e a de Interpretação dos Resultados. Só a partir disso seria possível ter maiores conclusões para emitir recomendações a respeito do uso dos copos.

Esse tipo de estudo de abordagem do Ciclo de Vida é bastante relevante para análise dos possíveis impactos ambientais associados aos dois tipos de copos, de forma a estabelecer uma comparação entre eles, para assim avaliar qual gera menos impacto ao meio ambiente. Além disso, a ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida está intimamente ligada à Agenda 2030 das Nações Unidas através dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, já que um dos objetivos diz respeito à redução de impactos ambientais de sistemas de consumo e produção. Ainda, a ACV pode ser utilizada pelas Instituições Federais nos relatórios do Plano de Gestão Logística Sustentável (PLS) na elaboração de seus planos de sustentabilidade.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura.** Rio de Janeiro.2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044: Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações.** Rio de Janeiro. 2009.

- BAUER, F. **Relatório de ensaio N° QUI/L-240.944/2/A/14**. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://ptdocz.com/doc/33347/l-240944_2a-14qui---reckitt_finish_39188>. Acesso em 05 dez, 2019.
- BRASIL. Decreto N° 7.746, de 5 de junho de 2012. Regulamenta o art. 3° da Lei n° 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios e práticas para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública – CISAP. (Redação dada pelo Decreto n° 9.178, de 2017).
- BRASKEM. Site institucional. **Avaliação de ciclo de vida comparativa entre copos descartáveis e reutilizáveis**. [2019] Disponível em: <https://www.braskem.com.br/Portal/Principal/arquivos/Estudos/AF_Braskem_ACV_PT.pdf>. Acesso em 05 dez, 2019.
- COLTRO, L. **Avaliação do ciclo de vida como instrumento de gestão**. Campinas: CETEA/ITAL, 2007.
- DYER, L.; BENGTTSSON, J. **Report for KeepCup - Reusable coffe cups life cycle assessment and benchmark**. Australia, 2018.
- ECYCLE. **Copos descartáveis e reutilizáveis: vantagens e desvantagens para saúde e meio ambiente**. 2016. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/67-dia-a-dia/...a-problema-lixoresiduos-poluicao-i-impacto-saude-meio-ambien.html>>. Acesso em 05 dez. 2019.
- FREESE, J.T. **Análise do ciclo de vida de copos plásticos de poliestireno e canecas de cerâmica utilizados para servir café em um ambiente de trabalho**. Porto Alegre: UFRGS, 2015. 69 p.
- KUCZYNSKI, O. **Avaliação do Ciclo de Vida do copo plástico reutilizável adotado na UTFPR Campus Ponta Grossa**. Ponta Grossa: UTFPR, 2018. 84 p.
- LIGHTART, T.N; ANSEMS, A.M.M. **Single use cups or reusable (coffe) drinking systems: na environmental comparison**. TNO – Netherlands Organization for Applied Scientific Research, 2007.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Site institucional. **17 objetivos para transformar nosso mundo**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>. Acesso em: 28 mai. 2020.
- POTTING, J.; VAN DER HARST, E. A critical comparison of ten disposable cup LCAs. **Environmental Impact Assessment Review** 43, p. 86-96, jun, 2013.
- POTTING, J.; VAN DER HARST, E. Facility arrangements and the environmental performance of disposable and reusable cups. **Int J Life Cycle Assess**, Belgium, 20:1143 – 1154, p. 1143-1154, jun. 2015.
- SANTOS, K.; LIMA, A. **Relatório Técnico Final – Inventário do Ciclo de Vida dos Copos descartáveis e retornáveis**. Edital 01/2019/PRPGI/IFBA (PIBIC). 2019.
- SANTOS, K.; LIMA, A. Gestão Ambiental de Resíduos Químicos e Copos Plásticos em uma Instituição de Ensino. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 25584-25596, nov. 2019. Disponível em: <<http://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/4707>>. Acesso em 25 mai. 2020.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Global Guidance on Environmental Life Cycle Impact Assessment Indicators**. Volume 2, 202 págs. 2019.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Monitoramento e revisão do plano de logística sustentável da UFSC**. Relatório 2017.
- VERCALSTEREN, A.; SPIRINCKX, C.; GEERKEN, T. Life cycle assessment and eco-efficiency analysis of drinking cups used at public events. **Int J Life Cycle Assess**. Belgium, 15:221 – 230, p.

221-230, jan. 2010.

Recebido em: 01/08/2020
Aceito em: 24/01/2022

Endereço para correspondência:
Nome Kamilla Carvalho Santos
Email kamilla.carvalhos13@gmail.com



Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)