

I-034 – RESÍDUOS SÓLIDOS E CICLO DE VIDA: SUSTENTABILIDADE DA RECICLAGEM DE VIDRO NA COLETA SELETIVA, EM BELO HORIZONTE - MG

Nícia Beatriz Monteiro Mafra⁽¹⁾

Mestre (Profissional) em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável na Área de Biodiversidade no Instituto de Pesquisas Ecológicas – IPÊ, Mestre (Acadêmico) em Turismo e Gestão Ambiental na UNA-BH, Especialização em Gestão de Resíduos Sólidos na PUC-MG, MBA em Gerência de Projetos pela FGV-MG, Graduação em Belas Artes UFMG onde desenvolveu pesquisa sobre reciclagem artesanal de papel durante 30 anos e após se especializou em educação ambiental.

Endereço⁽¹⁾: Rua Santa Rita Durão, 699 Ap.1504 - Funcionários - Belo Horizonte - MG - CEP: 30140-111 - Brasil - Tel: (31) 99983-1510 - e-mail: niciamafra@lenumambiental.com.br

RESUMO

Os resíduos sólidos figuram como um dos maiores problemas ambientais, especialmente diante das dificuldades na aplicação de soluções para o incremento da cadeia produtiva da reciclagem e da logística reversa pós-consumo. O conceito de ciclo de vida aplicado à produção industrial depende de atores importantes, que são os elos da cadeia da reciclagem, sendo dos consumidores à administração municipal responsável pela coleta seletiva e a destinação dos resíduos para o processo de triagem separação e classificação dos recicláveis, realizada no Brasil, prioritariamente, conforme a PNRS, pelos catadores de materiais recicláveis. O vidro é um material de característica inerte, e sua reciclagem é considerada pela indústria vidreira como positiva no ciclo de vida em relação a economia de matéria-prima virgem e gastos energéticos. Entretanto, na prática, as embalagens dispostas no mercado possuem alto grau de complexidade no retorno às indústrias. Este estudo propõe uma análise crítica em relação aos aspectos práticos e resultados da coleta seletiva em relação a este material, que teve como foco a cidade de Belo Horizonte - MG, em duas cooperativas localizadas no bairro Barreiro. Foram verificadas as discrepâncias em relação aos dados de controles das quantidades e as dificuldades em relação a recuperação dos resíduos vítreos pós-consumo e o baixo valor agregado na venda dos cacos de vidro.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Ciclo de Vida, Reciclagem, Embalagens de vidro, Logística Reversa.

INTRODUÇÃO

Um conceito importante proposto pela Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Lei 12.305, promulgada ao final de 2010, é a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, quando todos os atores são elos importantes e imprescindíveis para a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos. Muitas dúvidas ainda não possuem soluções práticas, especialmente em relação à cadeia da reciclagem, ou à logística reversa dos materiais pós-consumo.

As prefeituras, principais responsáveis pela coleta seletiva, numa relação direta com os catadores de materiais recicláveis, estes que reconhecidamente ocupam o papel principal na separação e classificação desses materiais, ainda, em sua grande maioria, não possuem técnicos capacitados ou tecnologias adequadas para o manejo dos resíduos. No entanto, é preciso verificar que o país possui diversidade continental e um alto número de municípios. São 5.570, além da enorme extensão territorial e diferenças consideráveis nos níveis de desenvolvimento.

Nos últimos anos de pesquisa sobre o tema resíduos sólidos, iniciados durante um trabalho de acompanhamento dos grupos produtivos na Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável de Belo Horizonte - ASMARE, em 1999, em um estudo realizado sobre a reciclagem de embalagens longa vida no Estado de Minas Gerais, foram verificadas as dificuldades na gestão integrada e resultados econômicos da atividade de triagem e venda dos materiais, especialmente nos diversos elos da cadeia da reciclagem. Alguns materiais possuem características peculiares e o detalhamento de cada um destes permite verificar a complexidade do processo e o tamanho do desafio, a exemplo do presente trabalho realizado com um levantamento pormenorizado sobre a logística reversa e a reciclagem de vidro dentro da cadeia produtiva.

O tema principal deste trabalho está na relação dos Resíduos Sólidos e o Ciclo de Vida visando investigar, a partir da coleta seletiva na cidade de Belo Horizonte, a sustentabilidade da reciclagem de vidro, os problemas e possíveis soluções na gestão deste material, especialmente no bairro Barreiro onde estão localizadas as cooperativas COOPERSOLI Barreiro e a COPEMAR, usadas como referências para a coleta de dados.

A coleta seletiva em Belo Horizonte tem um histórico de experiências em gestão integrada, com apoio às cooperativas de catadores distribuídas em vários bairros da cidade. Ainda assim, a coleta é incipiente em relação ao potencial existente. Desde 1993, quando foi iniciada, até 2018, dos 487 bairros do município a coleta seletiva é adotada em 36, alcançando uma população aproximada de 384 mil pessoas, ou mais de 123 domicílios¹, em aproximadamente 15% da população residente.

A Superintendência de Limpeza Urbana- SLU disponibiliza, por meio de convênios, galpões públicos ou alugados, para as 8 associações de catadores, integrantes do Fórum Municipal Lixo e Cidadania, distribuídas em 5 regionais da Prefeitura, de acordo com o plano de gestão de resíduos que prevê uma organização de catadores por cada regional administrativa do município.

A geração de resíduos diária é estimada em 2.500 toneladas de sólidos, se considerada a faixa de geração média de 1,0 kg/hab/dia. Destes, aproximadamente 62% são resíduos orgânicos e o grupo de interesse para a coleta seletiva é de aproximadamente 25,33%, sendo o grupo de plástico com 10,88%, papel, papelão e embalagem longa vida com 9,53%, vidro com 2,63% e metais com 2,29%, segundo a última caracterização publicada em 2004 (SMLU, 2004).

Em relação à coleta de vidro, a cidade possui um histórico desde o início das atividades da ASMARE², quando havia um convênio, organizado pela Superintendência de Limpeza Urbana – SLU da Prefeitura de Belo Horizonte, com a Santa Casa de Misericórdia e uma empresa que recebia os resíduos de vidro e uma parte do resultado da venda ia como doação à instituição filantrópica de saúde. Este convênio também envolvia um banco estadual, que atuava como entidade parceira. Os catadores de rua não coletavam vidro e nem mesmo faziam sua comercialização em respeito ao convênio. Com a extinção do banco e também da empresa, o processo mudou no final de 2008, quando foram instalados alguns Pontos de Entrega Voluntária - PEV, específicos para a coleta de vidro, e os resíduos inicialmente foram encaminhados para uma cooperativa – a COPEMAR. Entretanto, devido a falta de estrutura física, muitos impactos ambientais decorreram desta prática. Assim, os resíduos de vidro passaram também a compor a coleta seletiva porta-a-porta. Em 2010, por falta de equipamentos adequados, a SLU passou a usar caminhões compactadores para a coleta seletiva, indicando menor compactação, mas causando a quebra dos resíduos de vidro dispostos em meio aos outros materiais e gerando risco para os catadores na manipulação para a triagem. Desta forma, o vidro possui características peculiares no processo de sua gestão no município.

A escolha do vidro como tema de estudo se dá principalmente pela justificativa da indústria vidreira que o apresenta em um “ciclo infinito” de reciclagem, verificando apenas esse aspecto nos estudos de sustentabilidade e do ciclo de vida do material. Entretanto, não aborda todas as dificuldades e impactos, riscos e benefícios deste processo de coleta seletiva e destinação dos cacos para a reciclagem.

Desta forma, a pergunta orientadora desta pesquisa é: “quais são os principais impactos ambientais e econômicos no processo da coleta seletiva de vidro, em Belo Horizonte, em relação ao ciclo de vida deste produto”?

OBJETIVO

Com base em dados sobre a coleta seletiva de vidro na cidade de Belo Horizonte, verificando os impactos do processo em duas diferentes cooperativas de catadores, elaborar uma análise crítica em relação ao ciclo de vida do produto apresentado pela indústria vidreira em comparação com a realidade do processo na cadeia da reciclagem.

¹ Disponível em:

http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=pbh&tax=53755&lang=pt_BR&pg=5120&taxp=0&

² Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável de Belo Horizonte – ASMARE, um dos primeiros grupos organizados de catadores em Minas Gerais, o segundo no Brasil.

METODOLOGIA UTILIZADA

A base teórica desta pesquisa teve como base a abordagem comparativa entre o ciclo de produção industrial, cunhada no século XIX, quando a visão produtiva era concebida de modo linear, sendo conhecida como “do berço ao túmulo” e, como contraponto, o conceito do ciclo de vida do produto relacionado à cadeia produtiva da reciclagem, percebido como um movimento circular, verificando-se à luz do pensamento sistêmico quais as dificuldades necessárias para a mudança de paradigma.

A prática adotada para disposição de “lixo”, apesar de algumas iniciativas de coleta seletiva implantadas, ainda é um sistema projetado em um modelo linear, a dos aterros sanitários, pautada no conceito “do berço ao túmulo”, criando montanhas de resíduos, que futuramente serão uma “mina” de diversos materiais. A maioria dos produtos lá enterrados foi produzida a partir de materiais valiosos, que exigiram esforço e dinheiro para serem extraídos e elaborados, sendo bilhões em recursos, ou bens materiais.

Como referencial teórico foi aplicada, em partes, a proposta dos arquitetos Michael Braungart e William McDonough, em “*Cradle to Cradle: criar e reciclar ilimitadamente*” (2013), que converte o conceito de “do berço ao túmulo” para “do berço ao berço”. Assim, os produtos seriam concebidos em uma visão sistêmica e interconectada, no respeito à diversidade, indo mais além, pois eles defendem que só respeitar é pouco: “é preciso apoiá-la ativamente, senão desaparecerá” (MACDONOUGH, 2013, p.146). Desta forma, é preciso conhecer todos os componentes do produto a fim de adequar seu ciclo de vida.

Dois pontos importantes abordados pela PNRS - a relação entre o ciclo de vida do produto e a logística reversa, consistem em considerar o modo como se dará o descarte ou o reaproveitamento de peças e partes componentes do produto ao final do ciclo, que deveriam ter sua abordagem relacionada desde o processo de desenvolvimento de todos os objetos produzidos (ROGES & TIBBEN-LEMBKE, 1998; BRITO & LEITE, 2000). Os aspectos logísticos influem no equilíbrio entre os fluxos reversos e diretos, ou seja, devem ser levadas em consideração as características peculiares do produto no pós-consumo, a localização de origens e destinos, a organização dos diversos tipos de coleta, as peculiaridades das consolidações dos diversos tipos de transporte, todos os detalhes que envolvem, contribuem, restringem e influenciam decisivamente nas quantidades dos fluxos reversos (LEITE, 2009 p. 171).

O mercado de materiais recicláveis no Brasil vem crescendo rapidamente, embora esteja aumentando também o nível de exigência sobre a qualidade dos materiais. As indústrias que trabalham com matéria-prima reciclada vêm exigindo pelo menos três condições básicas com relação à aquisição dos materiais que serão recicláveis como: escala de produção e estocagem, regularidade no fornecimento dos recicláveis e qualidade dos materiais (SILVA; SILVA; JOIA, 2010). A diferença entre os valores mínimo e máximo pagos pelos materiais recicláveis se deve, dentre outros fatores, à distância entre a cidade geradora de material reciclável e a indústria. A qualidade e o grau de impureza contidos nos materiais também influem no seu valor. Os preços dos materiais ainda variam sazonalmente, muitas vezes em função da política de importação de sucata e aparas. Devido à tradicional flutuação no mercado de recicláveis, é necessário evitarem-se acordos de venda a sucateiros por prazos longos, normalmente firmados nas épocas de “baixa” de preços (GRIMBERG; BLAUTH, 1998).

A metodologia da Análise do Ciclo de Vida – ACV, utilizada para verificar e estudar os impactos associados aos produtos, tanto na fabricação quanto no consumo, é pouco aplicada e explorada no Brasil. Entretanto, foi com base nesta ferramenta que a indústria de vidro compôs seus relatórios de sustentabilidade, em uma tentativa de justificar este material como o mais sustentável, pois em um ciclo infinito de reciclagem (VAN; LOX, 1999).

Foram visitadas duas indústrias de vidro, uma no Rio de Janeiro – a Owen-Illinois-OI, e a segunda em São Paulo na cidade de Porto Ferreira – a Vidro Porto. Todas as especificações para recebimento deste material nas indústrias foram fornecidas pela OI e usadas neste estudo para comparar os ganhos econômicos do processo. A indústria Vidro Porto possui uma unidade de beneficiamento dos cacos, utilizando metodologia espanhola que separa os contaminantes por meio de fibras óticas, e também produz embalagens para indústrias de envase de bebidas. A OI tem uma variedade maior de produtos e não possui beneficiamento, sendo este terceirizado.

Os dados relativos a produtividade e características das organizações de catadores foram coletados em visitas às mesmas, comparados com os informados pelo controle da SLU e com as caracterizações e gravimetrias da coleta seletiva para verificar a viabilidade e contribuição econômica deste material.

RESULTADOS OBTIDOS

1. SOBRE A RECICLAGEM DO VIDRO

O vidro é um material composto por óxidos de sílica e de sódio, embora alguns outros elementos tais como o sódio, cálcio, magnésio, alumínio e potássio possam fazer parte da composição final. Segundo a *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 2009), o vidro é um produto inorgânico de fusão, que foi resfriado até atingir condição de rigidez, sem sofrer cristalização (ASTM, 2009).

Vidros são constituídos por areia, calcário, barrilha, alumina, corantes e descorantes. Matérias-primas são os vitrificantes, fundentes e estabilizantes. Os fundentes têm a finalidade de facilitar a fusão da massa silícea e são compostos de óxido de sódio e óxido de potássio. Estabilizantes são usados para impedir que o vidro composto de silício e álcalis seja solúvel e são: óxido de cálcio, óxido de magnésio e óxido de zinco. A sílica, matéria-prima essencial, tem a forma de areia, de pedra cinzenta e é extraída dos leitos dos rios e das pedreiras. Após extraídas as pedras, da areia e da moenda do quartzo, passa por lavagens para eliminar as substâncias argilosas e orgânicas, após isso passa para o processo de fundição.

O principal fundente é a barrilha que é um carbonato de sódio (Na_2CO_3) produzido industrialmente a partir da salmoura ou pela purificação de um mineral chamado trona, conhecida também como barrilha natural. A principal característica da barrilha é que, embora presente em torno de 20% em peso na composição do vidro, seu custo é da ordem de 60% do total investido nas matérias-primas. O Brasil não é autossuficiente em barrilha, que é importada da Europa e dos Estados Unidos (AKERMAN, 2000).

Em temperaturas razoáveis, uma mistura de barrilha e areia é capaz de produzir vidro. No entanto são vidros solúveis, ou seja, se dissolvem em contato com a água. Para contornar esse problema, são acrescentados os óxidos estabilizantes (modificadores de rede). O principal é o óxido de cálcio (CaO), ou cal virgem, fornecido pelo calcário que, por sua vez, é extraído de pedreiras e moído até a granulometria adequada.

Na ausência de contaminantes, o vidro se apresenta de forma incolor. Para obter produtos coloridos, determinados óxidos ou elementos metálicos são acrescentados à composição, para que fiquem dissolvidos na massa vítrea. Os colorantes mais comuns são: cobalto (azul), selênio (rosa), manganês (vinho), ferro (verde).

Conforme Ruth & Dell'anno (1997), são necessárias 1,17 toneladas de matérias-primas virgens para cada tonelada de massa vítrea extraída do forno. O excedente, que corresponde a 0,17 (15%) toneladas, é liberado principalmente como CO_2 durante o processo de fusão através da reação dos componentes.

A indústria de vidro produz muitas variedades de produtos para fins industriais, assim como para uso comercial e doméstico. Quando as embalagens são produzidas a partir de ingredientes naturais (areia, barrilha, calcário) com a inclusão de vidro reciclado, tornam-se o único material aceito pelo *Food and Drug Administration* - FDA³ dos EUA como "GRAS" (*Generally Recognized as Safe*) ou "geralmente reconhecido como seguro" para contato com alimentos e bebidas.

Na composição que utiliza reciclagem, os componentes denominados "cacos" são provenientes de garrafas, lâmpadas descontaminadas, potes de alimentos e outros materiais de vidro permissíveis.

De acordo com Akerman (2000), o uso de caco como matéria-prima tem vantagens técnicas, pois este requer menos energia do que uma composição nova para fusão, uma vez que ele só necessita ser aquecido, não havendo as reações que ocorrem na transformação de composição em vidro, possibilitando aumento de extração e/ou redução de consumo energético. O caco tem também um papel estratégico, pois pode ser enforado em substituição às matérias-primas, quer seja na falta delas ou durante uma pane no sistema de produção da composição.

³ Órgão do Governo dos Estados Unidos responsável pelo controle dos alimentos, suplementos alimentares, medicamentos, cosméticos, equipamentos médicos, materiais biológicos e produtos derivados do sangue humano. Disponível em: <https://www.fda.gov>

A reciclagem de vidros poderá contribuir para a matriz energética nacional através da economia de enormes quantidades de energia, visto que para produzir 1 kg de vidro novo são necessários 4500 *kilojoules*⁴, enquanto que para produzir 1 kg de vidro reciclado necessita-se de 500 *kilojoules* (ALVES, et. al., 2001).

A reciclagem de embalagens de vidro prevê eficiências de produção incomparáveis e benefícios ambientais significativos: diminui a quantidade de matérias-primas utilizadas; diminui a demanda por energia; reduz as emissões de CO₂, prolonga a vida útil do forno, sem qualquer processamento de subprodutos; e, reduz os custos gerais de fabricação.

O uso do caco na produção pode promover economias significativas na utilização de energia para fusão, assim como a redução de matérias-primas para a produção. Como o caco possui menor ponto de fusão do que as composições que usam matérias-primas virgens, a necessidade de calor é menor para seu derretimento, promovendo redução do consumo energético e de custos na produção.

Mesmo a utilização de 20% de caco na produção diminui a demanda do forno de 1600 GJ, para extração líquida de 200 toneladas de massa vítrea, para 1280 GJ, assim como também reduz a demanda de gás natural quando o mesmo é utilizado no forno que utiliza esse tipo de alimentação.

As Figuras 1 e 2 apresentam exemplos dos tipos de cacos utilizados na indústria Vidro Porto, localizada em Porto Ferreira - SP, como matéria-prima para reciclagem, onde se verifica a grande presença de garrafas; e o tipo de calcário também utilizado na composição das garrafas de vidro.



Figura 1 - Cacos triturados e resíduos de garrafas a serem utilizados como matéria-prima para reciclagem
Fonte: da autora - Indústria VIDRO PORTO, Porto Ferreira, SP, 2016.



Figura 2- Calcário a ser utilizado como matéria-prima na composição de embalagens de vidro (garrafas)
Fonte: da autora - Indústria VIDRO PORTO, Porto Ferreira, SP, 2016.

O caco de vidro pode ser classificado em três grupos quanto à sua origem:

- a) material gerado na própria vidraria e no mesmo forno, portanto, com a mesma composição química do vidro em produção e podendo retomar à mistura sem qualquer correção;

⁴ O joule (J) é a unidade de energia e trabalho no SI, e é definida como $1 \text{ kg} \times \text{m}^2 \times \text{s}^{-2} = 1 \text{ N} \times \text{m} = 1 \text{ W} \times \text{s}$. Um joule é o trabalho necessário para exercer a força de um newton pela distância de um metro. Fonte: www.convertworld.com/pt/energia/kj.html

- b) material proveniente de outra fonte geradora como, por exemplo, um outro forno de fusão. Neste caso, o caco de vidro deve ser considerado no cálculo da composição do vidro à qual será incorporado;
- c) material de origem desconhecida, proveniente de um processo de reciclagem. Neste caso, deve ser considerado como uma matéria-prima qualquer, realizando-se análises químicas que assegurem a compatibilidade com a composição na qual será agregado.

O maior problema relativo à utilização de vidro reciclado é a presença de contaminantes, mais frequente no caco coletado fora da vidraria. Como exemplo, têm-se metais que atacam os refratários dos fornos e materiais que não fundem e podem constituir inclusões sólidas no produto final.

Dessa forma, a produção de embalagens de vidro branco, ou incolor, ainda é restrita aos limites da indústria com a reutilização de resíduos da produção industrial, pois os cacos provenientes da reciclagem ainda apresentam muitos contaminantes que promovem a desqualificação do produto.

As especificações técnicas foram informadas pela empresa Owens-Illinois, com a definição para caco de vidro reciclável para utilização na composição do vidro, conforme Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 - Especificação técnica para Caco de Vidro Empresa Owens-Illinois do Brasil – Sistema de Gestão Integrado da Qualidade - Owen Illinois

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS				
PARÂMETRO	CLASSE	DESCRIÇÃO		
Material adjunto ao caco (Física)	Aceitáveis	Material orgânico como madeira, papel, plástico, entre outros desde que dentro dos percentuais de tolerância permitidos nesta especificação (volatizam às altas temperaturas).		
	Inaceitáveis (conforme tolerância)	Pedras, concretos, louças, cerâmica, materiais metálicos como ferro alumínio ou outros tipos de vidros como lentes e espelhos acima dos percentuais de tolerância permitidos nesta especificação.		
	Inaceitáveis (sem tolerância)	Vidros de composição especial como boro silicato, vision, cristal, lâmpadas, vidros com banho de estanho, resíduos classe 1 (classificados como perigosos oriundos de hospitais, laboratórios).		
Análise de Amostra de 50 Kg				
Parâmetro	Classe	Caco limpo	Caco sujo	Caco reprovado
Material adjunto ao caco	Orgânicos (papel, madeira, resíduo alimento e plástico)	200 g	De 200,01g a 1420g	Acima de 1420g
	Ferroso (metais e estruturas similares)	5 g	De 5,01g a 15 g	Acima de 15g
	Não ferroso (alumínio, cobre, latão, outros)	3 g	De 3,01 a 10g	Acima de 10g
	Inorgânico (cerâmica, refratários, pedras, concretos)	2 g	De 2,01g a 3 g	Acima de 3g
	Vidro de diferente composição ao vidro sodo cálcico: lâmpadas fluorescentes ou incandescentes, vidro de	0 g	0g	0g

	televisores, vidro boro silicato ou qualquer outro tipo de vidro ou material que contenha metais pesados como chumbo, mercúrio, cádmio, cromo e arsênio.			
--	--	--	--	--

Fonte: Owen Illinois. Elaborado por Juliana Augusto Visnadi em 12/08/2011, com revisão prevista para 12/11/2017.

A inspeção para verificar as impurezas e cor do material por lotes recebidos é visual. Os critérios de aceitação quanto à qualidade e segurança de alimentos é por inspeção visual de impurezas que possam comprometer a qualidade do produto final. São feitas análises do material entregue segundo as características da especificação apresentadas na Tabela 1. No caso de o material apresentar impurezas inaceitáveis o lote é rejeitado.

Os cacos são transportados em caminhões basculantes com caçambas, geralmente denominados “roll-on roll-off”, como nas Figuras 3 e 4 a seguir.



Figura 3 - Tipo de caminhão roll-on e roll-off
Fonte: MODELAÇO.



Figura 4 - Tipo de caçamba estacionária usada para coleta de cacos de vidro
Fonte: MODELAÇO.

Conforme dados da Associação Técnica das Indústrias Automáticas de Vidro – ABIVIDRO (2009), em 2008, o Brasil obteve um índice de reciclagem de vidro de 47%, apesar de este material poder ser reciclado infinitas vezes sem sofrer degradação.

No que diz respeito às embalagens de vidro, das 47% recicladas por ano no Brasil, cerca de um quarto é reciclada na forma de cacos. Desse total, 40% é oriundo da indústria de envase, 40% do mercado difuso, 10% de bares, restaurantes e hotéis e 10% do refugo da indústria (CEMPRE, 2004).

2. BENEFICIAMENTO – DESTINAÇÃO INTERMEDIÁRIA

Uma forma de agregar valor na venda dos recicláveis é a separação por tipos e cores: âmbar, verde e incolor. Se os resíduos estiverem separados e triturados, o transporte também será mais rentável, visto que o espaço da caçamba será melhor utilizado.

Devido aos inúmeros componentes presentes nas embalagens, como tampas, lacres, roscas, entre outros, os resíduos vítreos precisam passar pelo processo de beneficiamento. Este pode ser feito de forma manual e depende muito do tipo de material proveniente da coleta seletiva, ou recebimento de material por parte de parceiros.

O processo semiautomático utiliza alguns equipamentos como um sistema de alimentação, lavagem, trituração, separação manual de contaminantes e estocagem, com uma produção estimada, conforme o manual da ABIVIDRO⁵, de 4 t/hora a 20 t/hora. Os equipamentos normalmente utilizados são: pá-carregadeira, tremonha ou funil de alimentação, moinho de trituração, tambor ou tanque de lavagem, imã permanente e esteira de triagem manual. O processo automatizado realiza a separação por sensores óticos e praticamente dispensa mão de obra, sendo possível processar grandes quantidades de vidro.

⁵ Disponível em: http://abividro.org.br/manual_abividro.pdf

Durante a entrevista com o técnico de produção da indústria Vidro Porto⁶, em Porto Ferreira - SP, algumas dificuldades foram levantadas, especialmente quanto à distância para receber os cacos, normalmente em um raio de 400 a 600 km. A planta tem capacidade para processar 600 toneladas/dia para produção de garrafas de diferentes formatos e cores. A mistura ideal para eles é com a proporção de 70% de caco, ou na proporção de 1 para 1, caco e matéria-prima virgem. A separação ótica processa 20 t/hora, em turno de 24 horas, parando apenas para manutenções que duram, em média, 4 horas. A usina trabalha com 5 pessoas, revezando nas 24 horas e um mecânico dedicado durante toda a semana.

3. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DA EMPRESA OWENS ILLINOIS – OI

Pela apresentação do programa “Glass is Good”⁷ ou “Glass is life”, a indústria de embalagens de vidro, as suas empresas e milhares de funcionários, reconhecem a importância crescente de proteger o meio ambiente e a conservação dos recursos de energia, valiosos hoje em dia.

A empresa realizou a análise do ciclo de vida (*Life Cycle Assessment - LCA*) da produção de vidro com base na justificativa das mudanças climáticas e a necessidade de redução dos gases de efeito estufa, com objetivo de definir o programa de sustentabilidade, tendo como público os seus clientes e consumidores.

O ciclo de vida foi baseado no cálculo da pegada de carbono e examinou desde a extração da matéria-prima e seu processamento, incluindo reciclagem de cacos; o transporte do material; o processo produtivo com uso de combustíveis e energia para derreter e formar as embalagens de vidro; transporte dos produtos para consumo; a gestão do “fim de vida” como reuso, reciclagem ou disposição final.

No estudo do ciclo de vida da empresa O-I, foi realizada a análise completa de “*cradle to cradle*” ou do berço-ao-berço, que possibilitou a comparação da pegada de carbono do vidro com diferentes produtos, especialmente aqueles que mais são utilizados em embalagens, como alumínio e PET.

O documento apresenta resultados e informa que a reciclagem de vidro e o reaproveitamento contribuem significativamente para reduzir a pegada de carbono das embalagens de vidro.

O uso de vidro reciclado, ou cacos beneficiados como matéria-prima, apresentam impactos positivos como para cada 1 kg de cacos substitui 1,2 kg de matéria-prima virgem. Para cada 10% de vidro reciclado ou cacos usados na produção resultam em aproximadamente 5% de redução nas emissões de carbono e a energia salva é algo como 3%.

As Figuras 5 e 6 apresentam gráficos representativos do uso de matéria-prima para a composição do vidro, em uma produção sem caco e a produção com a utilização de 60% de caco, que substitui em 65% o uso de areia, aumenta em 10% o uso de barrilha, 2% de calcário e 3% de outros componentes (diversos).

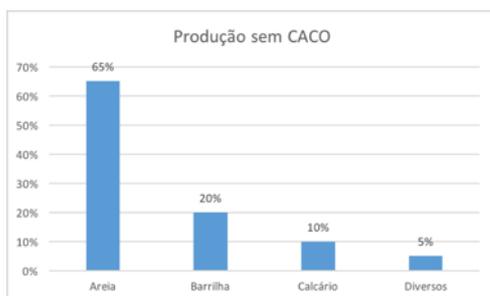


Figura 5 – Produção sem caco. Fonte: Relatório Glass is Good e Guia Abividro.

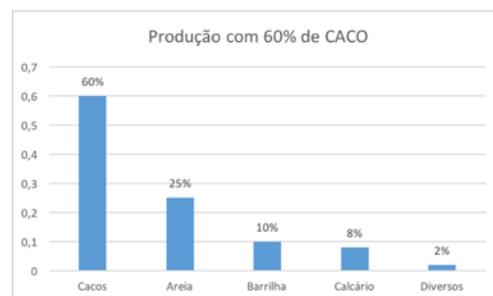


Figura 6 - Produção com 60% de caco. Fonte: Relatório Glass is Good e Guia Abividro.

Os objetivos definidos para o estudo do ciclo de vida pela O-I, segundo o estudo, são: reduzir o consumo de energia em 50%, reduzir o total de emissões de CO₂ equivalente em 65%, alcançar a porcentagem de 60% de reciclagem na produção global da empresa, alcançar zero acidentes.

⁶ Mais informações sobre a indústria podem ser encontradas no site. Disponível em: <http://www.vidroporto.com.br/usina-de-beneficiamento-de-caco.php>

⁷ Disponível em: <http://www.glassisgood.com.br>

A empresa Owens-Illinois compõe o grupo de parcerias no programa “Glass is Good”⁸, que é um projeto para reciclagem de embalagens de vidro desenvolvido pela DIAGEO, empresa do segmento de bebidas alcoólicas. Também participam as indústrias de bebidas Heineken e a Cia Müller.

Neste programa a logística reversa é feita de maneira colaborativa entre organizações de catadores, casas noturnas, restaurantes e bares, envolvendo a cadeia produtiva do vidro, segundo a Diageo.

4. SOBRE A ABIVIDRO

A ABIVIDRO divulga que o ciclo da reciclagem de vidro é infinito, o que conceitualmente pode ser considerado, mas este aspecto, visto pela ótica da reciclagem pós-consumo, é uma das questões abordadas neste trabalho, como apresentado na Figura 7.



Figura 7 – Ciclo infinito da Reciclagem de Vidro. Fonte: Guia Reciclagem de Vidro, ABIVIDRO.

Segundo a ABIVIDRO, a reciclagem de vidro é uma atividade econômica lucrativa e que “no Brasil, a reciclagem ainda é vista como uma atividade marginal, de subsistência e, como tal, necessita de uma perspectiva empreendedora, que molde o negócio em termos empresariais em todos os seus aspectos” (ABIVIDRO, s.d., p.5). Neste manual, a associação afirma que a reciclagem é um nicho de mercado ainda inexplorado e com grande potencial de lucratividade.

Quanto a uma usina de reciclagem de vidro, afirmam que é uma instalação que gera empregos e não demandam especialização, “beneficiando camadas geralmente mais carentes da população” (ABIVIDRO, s.d., p.5).

Em relação à “preservação do meio ambiente” afirmam que as “embalagens de vidro podem ser totalmente reaproveitadas no ciclo produtivo, sem nenhuma perda de material” (ABIVIDRO, s.d., p.5).

Ainda segundo a ABIVIDRO, a reciclagem de vidro contribui para o “menor descarte de lixo, reduzindo os custos de coleta urbana e aumentando a vida útil de aterros sanitários” (p.5).

A proposta de viabilidade econômica apresentada no Manual “Guia da Reciclagem de Vidro” verifica como fatores primordiais o volume a ser beneficiado, a distância a ser percorrida da captação à recicladora e os custos operacionais.

Como já foram apresentadas neste trabalho, as características do vidro e as peculiaridades relativas à qualidade do caco para reciclagem, a partir dos próximos tópicos será avaliada a coleta seletiva de vidro na cidade de Belo Horizonte, como o recorte do estudo deste trabalho, e sua relação com o ciclo de vida em uma visão crítica.

⁸ Disponível em: <http://www.glassisgood.com.br/#area-home>

5. REVELAÇÕES DO CAMPO

Belo Horizonte possui uma área de 331,401 km² e a população de 2010, pelo IBGE⁹, era de 2.375.151 milhões de habitantes e, estimada, em 2.513.451 em 2016. A cidade faz 120 anos em 2017. A história da limpeza urbana vem desde 1900, quando foi criada a Diretoria de Higiene, e organizada a coleta de lixo pelo então Prefeito Bernardo Monteiro, que já no início do século XX, tinha a preocupação de transformar a capital de Minas em um modelo de higiene inspirado nas cidades de Buenos Aires, Washington e Londres, especialmente com o sentido de mudar os hábitos da população com relação à higiene (PBH-SLU, 2000). Esses aspectos históricos aqui são citados pela relação com a memória da autora, bisneta do então prefeito que pioneiramente organizou a gestão de resíduos da cidade.

A Superintendência de Limpeza Urbana - SLU, criada em 1973, é uma autarquia municipal responsável pela elaboração, controle e execução de programas e atividades voltados para a limpeza urbana de Belo Horizonte. Em 1975, foi iniciada a construção do aterro sanitário da BR 040 (Km 531, Bairro Jardim Filadélfia). Desde 1983, ações de educação são realizadas nas escolas com o objetivo de criar uma nova cultura em relação à limpeza urbana. Em 1984, passou a discutir “a atuação dos catadores de papel com os proprietários de depósitos, objetivando encontrar formas de ação integrada que viabilizem a atividade desses trabalhadores e facilitem a manutenção da limpeza da cidade” (PBH-SLU, 2000, p.85).

A coleta seletiva é praticada em Belo Horizonte desde 1993, mas não incorporava a coleta porta-a-porta dos recicláveis, apenas contava com contêineres destinados a receber os materiais separados em: papel, metal, vidro e plástico, localizados em pontos de coleta denominados Locais de Entrega Voluntária - LEV. Os materiais eram entregues na Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável de Belo Horizonte - ASMARE e na Santa Casa de Misericórdia.

A parceria com os catadores vem desde essa época com apoio em infraestrutura de suporte à coleta e triagem do material reciclável, fornecimento de vale transporte e uniformes, participação em treinamentos, cursos e capacitação para o trabalho, além de outras parcerias com o setor público e privado para viabilizar os contêineres, ampliar os recursos para a limpeza urbana e medidas educativas.

A última caracterização dos resíduos sólidos de Belo Horizonte ocorreu no período de outubro de 2002 a setembro de 2003. Foram coletadas 100 amostras de lixo domiciliar nas 10 regiões administrativas do município à época, sendo: Barreiro, Centro, Leste, Oeste, Norte, Nordeste, Noroeste, Sul, Pampulha e Venda Nova. As amostras foram obtidas por trimestre, perfazendo quatro etapas, visando investigar a influência da sazonalidade climática na geração de resíduos. O grupo de interesse para a coleta seletiva correspondeu a aproximadamente 25,33% da composição, sendo os plásticos (PS, PP, PEAD, PEBD, PET) os principais representantes com 10,88% do peso total úmido. O papel (papelão, papel fino e embalagem longa vida) representou 9,53%. As menores contribuições foram do vidro, 2,63% e dos metais (ferroso e não ferroso), com 2,29%. Os resíduos perigosos somaram 0,44%, de saúde, 0,27%, outros (inertes), 4,92% e entulho, 2,85% (SMLU, 2004). Como a última caracterização ocorreu há mais de 12 anos, fica difícil afirmar que os índices se mantiveram, especialmente devido às inúmeras alterações socioeconômicas ocorridas no período.

Entretanto, como não há uma caracterização atualizada, os índices apontados, especialmente em relação ao material que importa para este estudo - o vidro - se aproximam muito do estudo realizado em Belo Horizonte, sendo 2,4% (IPEA, 2012), e até 5%, em média (Banco Mundial, 2012).

O SNIS (2014)¹⁰ aponta um crescimento na geração de resíduos de 4% a mais do que em 2013, com uma alta expressiva de 12,9%, de 2010 a 2014, no indicador geração per capita. A quantidade coletada de resíduos, quando relacionada à respectiva população urbana brasileira, calculada pelo SNIS/IBGE (2014), resultou em valores de massa *per capita* de 0,87 kg/hab./dia para a região Sul e de 1,30 para a Sudeste e Centro-Oeste, com um indicador médio de 1,05 kg/hab./dia. Esta média cresce a cada ano e não é proporcional ao crescimento populacional, o que representa aumento no consumo (e/ou no desperdício), especialmente porque significa um crescimento equivalente ao dobro do crescimento da população urbana do país no período.

⁹ Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=310620&search=minas-gerais|belo-horizonte|infograficos:-informacoes-completas>

¹⁰ Sistema Nacional de Resíduos Sólidos – SNIS, Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2014. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2014>

A coleta de vidro em Belo Horizonte ocorre principalmente nos Pontos de Entrega Voluntária - PEV, localizados em ambientes públicos e privados (igrejas, postos de gasolina, condomínios, supermercados). Os cacos são recolhidos por um caminhão adaptado com um sistema de Munck e uma caçamba, como demonstrado nas Figuras 8 e 9, a seguir.



Figura 8 – PEV para vidro. Fonte: SLU/PBH.



Figura 9 – Caminhão Munck para coleta dos resíduos de vidro em Belo Horizonte. Fonte: SLU/PBH.

Até 2007, a SLU coletava e encaminhava os cacos para uma garrafaria, mas a mesma foi fechada por falta de adaptação às normas ambientais. Após este período, como não haviam empresas especializadas neste resíduo, os cacos coletados passaram a ser enviados para a COOPEMAR, que não tinha estrutura física para recebimento comprometendo a qualidade dos mesmos com excesso de contaminantes.

Sem um plano de gerenciamento e com área também inadequada no espaço ocupado pela COOPEMAR, os resíduos de vidro se acumularam causando impactos ambientais, já que a área onde eram dispostos ficava próxima a um curso d'água. As Figuras 10 e 11, a seguir, foram feitas (pela autora) no início de 2009.



Figura 10 – Disposição dos cacos na COOPEMAR – Foto da autora, 2009.



Figura 11 – Presença de vidro no recebimento da coleta seletiva – Foto da autora, 2009.

O tipo de equipamento para os PEV que recebem vidro, por serem feitos de metal, sofrem muita degradação e muitos tiveram que ser eliminados. Assim, o vidro foi incorporado na coleta seletiva porta-a-porta, quando também ficou definido que os materiais recicláveis seriam coletados misturados, ou seja, sem separação por tipo, segundo a Norma ABNT 16182/2013.

Outro impacto causado pelo serviço de coleta seletiva foi a mudança do tipo de caminhão baú para o caminhão compactador, ocorrida em outubro de 2010 por determinação da SLU. Este é um tipo de caminhão projetado para coleta de lixo regular, com estrutura selada para evitar vazamento de líquidos e reduzindo o mecanicamente o volume transportado, aumentando a produtividade da coleta. Com a compactação do material e sendo os

resíduos recicláveis coletados misturados, a presença do vidro transformou-se em um problema de segurança e contaminação, além de ocorrerem alguns acidentes com os catadores que manuseiam o material, mesmo usando equipamentos de proteção individual - EPI. Além disso, aumentou muito o material considerado “rejeito”, aquele que é contaminado, ou não é passível de ser comercializado.

As áreas de triagem das duas organizações de catadores abordadas neste estudo são bem diferentes. Enquanto a COOPERSOLI possui um galpão menor, a COOPEMAR ocupa uma área maior sendo a parte externa bem extensa, porém sem estrutura de piso, ou cobertura. Os dois galpões ficam na mesma região de Belo Horizonte, no Barreiro. A COOPEMAR está localizada na Avenida Solferina Ricce Pace, 1250, bairro Vale do Jatobá. A COOPERSOLI está localizada na Rua Lacyr Maffia, 161, bairro Jatobá IV.

Segundo os dados informados pela Divisão de Gestão de Resíduos Especiais da SLU, até julho de 2016, Belo Horizonte tem distribuídos 77 PEV para coleta de vidro, nas Prefeituras Regionais: Barreiro (9), Centro-Sul (11), Leste (7), Nordeste (8), Noroeste (3), Norte (1), Oeste (8), Pampulha (27) e Venda Nova (3). O resíduo de vidro coletado nos PEV segue todo para a COOPEMAR, mas a mesma recebe também de três empresas localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados coletados pelo controle de vendas de resíduos de vidro na COOPEMAR, nos últimos seis meses, indicam uma média mensal de 120 toneladas/mês. Esta cooperativa recebe todos os resíduos coletados nos PEV específicos para vidro distribuídos nas nove (9) regionais de Belo Horizonte. Segundo os dados da SLU (2016), as quantidades recebidas de materiais recicláveis provenientes da coleta nos PEV de vidro entregues na COOPEMAR, mantém uma média de 79 toneladas/mês.

Como as informações coletadas na COOPEMAR sobre as fontes de proveniência dos resíduos de vidro não são detalhadas, depreende-se que existem mais parceiros, ou outras formas de coleta, própria, que não nos foram informadas. A diferença entre a média mensal informada pela cooperativa e o controle da SLU é de 38,49 t/mês, considerando os dados informados de 120 t/mês e o total proveniente dos PEV e da coleta seletiva que somam 81,51 t/mês. A venda é feita para as empresas MASSFIX ou MASETO, que atuam entre a cooperativa e a indústria, caracterizadas como intermediários, ou comércio atacadista de materiais recicláveis, e atuam também no beneficiamento dos cacos.

O caco, para esses intermediários, é vendido como misto, no valor de R\$ 0,07 (sete centavos) por quilo, ou R\$ 70,00 (setenta reais) a tonelada. Sendo assim, a renda média da comercialização deste resíduo é de R\$ 8.400,00 (oito mil e quatrocentos reais) mensais.

A área de armazenamento dos resíduos de vidro da COOPEMAR é inadequada para as especificações técnicas já avaliadas neste estudo. A maior quantidade fica depositada no piso, que não é asfaltado, portanto sujeita a contaminação. Entretanto, todo o caco é vendido como misto “sujo”. Na ocasião da visita para levantamento de dados, foi registrada apenas uma caçamba estacionária da empresa MASSFIX. Os detalhes relatados podem ser verificados na Figura 12.



Figura 12 – Área de armazenamento de resíduos de vidro na COOPEMAR, da autora, 2017.

Já a COOPERSOLI recebe materiais recicláveis provenientes da coleta seletiva realizada em 10 bairros, com periodicidade de 3 dias da semana e a entrega de um volume médio de 15 t/semana. Da mesma forma que na COOPEMAR, os resíduos recebidos da coleta seletiva no caminhão compactador causam problemas devido aos cacos quebrados em pequenos tamanhos, que tornam o material passível de causar fermentos nos catadores responsáveis pela triagem, além do rejeito ter aumentado em 20%. A área para armazenamento do vidro é reduzida, assim como o espaço destinado a uma melhor triagem deste material. Uma caçamba, da empresa MASSFIX, fica estacionada na área descoberta ao lado do silo, onde vão armazenando o vidro. Consideradas também as discrepâncias encontradas entre os dados levantados na cooperativa e os informados pela SLU, o resíduo de vidro representa uma média mensal de 17 t/mês, podendo gerar um resultado médio de R\$ 1.200,00 (mil e duzentos reais) mensais.

O Estado de Minas Gerais não possui nenhuma indústria vidreira instalada, nem mesmo alguma empresa com o processo de beneficiamento. Sendo assim, os resíduos são comercializados por intermediários de São Paulo, apesar de existir uma indústria no Rio de Janeiro, a Owen Illinois.

São denominados intermediários no processo de logística reversa aquelas empresas que representam o Comércio Atacadista de Materiais Recicláveis. Normalmente, adquirem das organizações de catadores e processam o material em grandes quantidades, que atingem os requisitos das maiores indústrias recicladoras.

As duas maiores empresas que estão comprando em Minas Gerais são a MASSFIX e a MAZZETO. A MASSFIX Comércio de Sucatas de Vidro está localizada no município de Mogi das Cruzes - SP, e atua no mercado de reciclagem de vidros planos, vidros laminados e vidros de embalagens, reciclando todo o tipo de vidro. A área de atuação abrange a região Sudeste e utilizam equipamentos *roll on - roll off*, distribuídos em um raio de 1.500 km da cidade de São Paulo. A Comércio de Cacos de Vidro MAZZETTO fica localizada na zona norte de São Paulo e não possui website.

Em média, o valor do caco misto e sujo coletado por estas empresas é de R\$ 0,07 (sete centavos) por quilo, ou R\$ 70,00 (setenta reais) a tonelada. A comercialização do caco de vidro branco é de R\$ 0,10 (10 centavos) por quilo, ou R\$ 100,00 (cem reais) a tonelada. Estes valores são considerados para o material retirado, ou seja, sem frete ou impostos. A diferença entre os valores do caco misto para o branco gira em torno de 30 a 40%, segundo a indústria.

Já os valores do caco entregue na indústria variam de R\$ 190,00 (cento e noventa reais) por tonelada do misto sujo, a R\$ 300,00 (trezentos reais) por tonelada do branco sujo. A diferença do caco beneficiado não é tão significativa, pelas informações coletadas nas indústrias e nas cooperativas, como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de venda dos resíduos para a indústria em 2016 (Reais)

Tipo de caco	OWEN - RJ	VIDRO PORTO - SP	MASSFIX
Misto sujo	R\$ 190,00	R\$ 190,00	R\$ 140,00
Branco sujo		R\$ 300,00	
Misto limpo	R\$ 210,00		
Por Cor limpo	R\$ 250,00		
Branco limpo	R\$ 350,00	R\$ 390,00	

O peso de cada caçamba é de aproximadamente 3,64 toneladas e é descontado do peso total ao sair para a venda, quando a cooperativa possui balança rodoviária, senão o intermediário é quem informa o peso da carga. Em média, uma carga sai da cooperativa com 15 toneladas no peso total. O frete pode significar 30% do valor total.

A diferença de 50% na comercialização se justifica talvez na venda do caco beneficiado. Segundo informações coletadas na indústria Vidro Porto, o valor do beneficiamento seria de R\$ 25,00 por tonelada, o que procede em relação aos valores apurados para compra e venda de cacos. Já a diferença na comercialização do caco branco pode ser devido ao fato da dificuldade na separação.

Considerando a localização da empresa MASSFIX, a distância percorrida de Belo Horizonte - MG para Mogi das Cruzes - SP é de 635 km. O peso da caçamba varia, em média, 15 toneladas. Ainda que um estudo para levantamento dos fatores de emissões dos gases de efeito estufa - GEE pudessem ser relevantes como complementares a esta pesquisa, não foram encontrados dados primários relevantes disponíveis e confiáveis.

CONCLUSÕES – ANÁLISES CRÍTICAS

Em relação ao sistema de logística reversa verificado a partir da coleta seletiva urbana no município de Belo Horizonte, ficam evidentes as discrepâncias em relação ao controle de quantidades coletadas (pela autarquia de limpeza urbana) e entregues nas organizações de catadores, tanto pelos dados levantados junto à SLU, quanto pelos das duas cooperativas pesquisadas.

Um dos exemplos é quanto à abrangência da coleta seletiva, que segundo os dados da SLU, atinge 354.000 habitantes, representando 14% do número de habitantes do município. Se considerada a geração média total de resíduos gerados pela população, de 1,05 kg/hab./dia, segundo a referência do SNIS (2014), o total seria de 11.151 t/mês¹¹. Considerada a parcela seca, 25,33%, com base na composição gravimétrica de Belo Horizonte, dos materiais recicláveis provenientes da coleta seletiva, resultaria em 2.824 t/mês.

Entretanto, segundo a SLU nas informações coletadas, a média de recicláveis recolhidos é de 607 t/mês, uma diferença de 21,5%, em relação ao potencial apontado pela geração média, o que pode demonstrar a baixa participação da população na coleta seletiva.

Aplicada a porcentagem correspondente à participação do vidro na composição gravimétrica de Belo Horizonte (2,63%), sobre o total de recicláveis recolhidos pela SLU, resultaria em 16 t/mês. Este resultado é mais discrepante ainda em relação ao apurado nas cooperativas, que corresponde a média de 120 t/mês na COOPEMAR e 17 t/mês na COOPERSOLI.

A opção de coleta nos PEV de vidro, como os utilizados em Belo Horizonte, seria interessante se o sistema de logística estivesse integrado a um processo de gestão produtiva da cooperativa onde os resíduos são entregues. É possível verificar que o valor agregado a este resíduo é baixo, se comparado a um processo sem a presença de contaminantes, ou se fosse possível a separação por cores, também integrada a um beneficiamento prévio simples, como a redução dos cacos por um triturador. O que neste tipo de equipamento não é possível, pois ao depositar as embalagens nos PEV as mesmas já se quebram.

Em relação à reciclagem de vidro no ciclo de vida, há que se ressaltar a informação relativa às embalagens de vidro - das 47% recicladas por ano no Brasil, cerca de um quarto é reciclada na forma de cacos. Desse total, 40% é oriundo da indústria de envase, 40% do mercado difuso, 10% de bares, restaurantes e hotéis e 10% do refugo da indústria. Esse mercado difuso é representado pelo comércio atacadista de materiais recicláveis, mas que também coleta de diferentes fontes, das cooperativas de catadores a pequenos comércios.

Desta forma, podemos aferir que a maior parte dos cacos usados na reciclagem de vidro é proveniente da indústria de envase, ou de refugo industrial, comprovado pelas visitas de campo realizadas nas indústrias Vidro Porto e Owen Illinois.

Deve-se lembrar que o vidro não é biodegradável e precisa ser separado por processos manuais ou automatizados, como exposto neste estudo. Assim, se o ciclo da reciclagem de vidro não fecha, com o retorno deste material até a indústria, o material ficará na natureza para sempre. Além disso, não é um material combustível, pois o ponto de fusão é a 1.500 graus, não sendo adequado ao processo de incineração. Por outro lado, o vidro é reintroduzido no mesmo ciclo para produção de novos materiais ou produtos.

Devido aos muitos aspectos relacionados ao processo em cadeia da reciclagem fica evidente que a expressão “ciclo infinito” do vidro é superficial e não denota a realidade se são consideradas as especificidades. Assim, os desafios da sustentabilidade são imensos e nos compelem a uma revisão profunda da relação cultura e comportamento sistêmico, na compreensão de que os fatores são muitos e todos seguem interconectados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABIVIDRO - ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO. Disponível em: <http://www.abividro.org.br> Acesso em: 02 Set. 2016.

¹¹ *Memória de cálculo: 354.000 (hab.) x 1,05 (kg/hab./dia) x 30 (dias) /1000 (t) = 11.151 (t)*

2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Embalagem e acondicionamento – Simbologia de descarte seletivo e de identificação de materiais. Rio de Janeiro, 2013.
3. AKERMAN, M. A. Elaboração do Vidro. Saint Gobain – Vidros Brasil. São Paulo: CETEV – Centro Técnico de Elaboração do Vidro, 2000. 25 p.
4. ALVES, O. L.; GIMENEZ, I. F.; MAZALI, I. O. Vidro. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Edição Especial. Maio, 2001. 24 p.
5. BRASIL. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a **Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera da Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>> Acesso em: 10 nov.2010.
6. BRITO, E. Z.; LEITE, P. R. Fatores que influenciam a reciclagem de materiais em canais de distribuição reversos. Brasília: Congresso Enanpad, 2000.
7. CEMPRES - Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em: < <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/6/vidro>> Acesso em 11 nov. 2016.
_____. Vidro. CEMPRES, Ficha Técnica 6, 2 p., 1999.
8. GRIMBERG, E. e BLAUTH, P. Coleta Seletiva. São Paulo: Polis, 1998. 104 p.
9. LEITE, P. R. Logística Reversa: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
10. MACDONOUGH, W. Cradle to Cradle: criar e reciclar ilimitadamente. Tradução Frederico Bonaldo. São Paulo: Editora G. Gili, 2013.
11. MAFRA, N. Gestão integrada de resíduos sólidos e a relação entre coleta seletiva e a logística reversa de embalagens longa vida no Estado de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. UNA, Belo Horizonte, MG. 2011.
12. MAFRA, N. Diretrizes para uma Economia Verde no Brasil II. Resíduos Sólidos: desafios e metas da Política Nacional de Resíduos. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS. Rio de Janeiro: FBDS, 2014.
13. MAGERA, M. Os caminhos do lixo: da obsolescência programada à logística reversa. Campinas, SP: Editora Átomo, 2013.
14. _____. Os empresários do lixo: um paradoxo da modernidade: análise interdisciplinar das Cooperativas de reciclagem de lixo. Campinas, SP: Editora Átomo, 2003.
15. MEADOWS, D. L. *The Limits to Growth: a report for the club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books, 1972. Disponível em: <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2017.
16. OURIQUES, E.V; MAFRA, N. Estratégia de Educação Ambiental e Comunicação Social para Gestão de Resíduos Sólidos. Ministério do Meio Ambiente, PNUD, Brasília: 2013. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80219/Produto%201_Estrategia%20de%20EA%20e%20CS.pdf> Acesso em abril 2013.
17. ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices. University of Nevada, Reno Center for Logistics Management. Reverse Logistics Executive Council. 1998.
18. RUTH, M.; DELL'ANNO, P. *An industrial ecology of the US glass industry*. *Resources Policy*. Vol. 23, No. 3, pp. 109-124. 1997.
19. SMLU - Secretaria Municipal de Limpeza Urbana. Caracterização dos resíduos sólidos de Belo Horizonte. Relatório Técnico. Prefeitura de Belo Horizonte, 2004.
20. SILVA, M. do S. F. da, SILVA, E. G. de, JOIA, P. R. Comercialização de materiais recicláveis em Aquidara - MS. *Mercator*, v.9, n.18, p. 171-181, jan./abr., 2010.
21. VAN D., K.; LOX, F. *Estimation of the energy needs in life cycle analysis of one-way and returnable glass packaging*. *Packaging Technology and Science*, West Sussex, v.12, p. 235-239, 1999.