

IMPACTOS AMBIENTAIS REGIONAIS DECORRENTES DA MUDANÇA DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PARA COPROCESSAMENTO DE AGROTÓXICOS

David Barreto de Aguiar

david.aguiar@ifrj.edu.br

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Ubirajara Aluizio

ubirajaraaluizio@yahoo.com.br

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Victor Paulo

victoresteves@poli.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RESUMO

A promulgação da nova Resolução CONAMA nº 499/2020 passou a autorizar o coprocessamento de embalagens e sobras pós-consumo de agrotóxicos, que antes eram proibidos. Devido a essa questão, a logística reversa dessas embalagens, consolidada no Brasil há quase duas décadas, sofrerá sérias ameaças. O objetivo geral deste trabalho é investigar os potenciais impactos ambientais gerados pela recente regulamentação, identificando os estados, regiões imediatas e intermediárias e municípios que serão mais afetados por essas mudanças legais. Para isso, realizou-se um comparativo dos impactos entre o Sistema Campo Limpo e o coprocessamento pela Avaliação do Ciclo de Vida, considerando como unidade funcional a destinação final de 45 mil toneladas de embalagens e 100 toneladas de sobras no período de um ano, utilizando o método ReCiPe. Os resultados comprovaram que os potenciais impactos são menores em 12% na categoria mudanças climáticas, 7% na ecotoxicidade marinha, 2% na ecotoxicidade da água e 1% para formação de material particulado, formação de oxidantes fotoquímicos e toxicidade humana, no sistema Campo Limpo. Conclui-se que a nova resolução do CONAMA incentivará retrocessos ambientais e não contribuirá para a mitigação de nenhum impacto na destinação. A Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte e o município de Cantagalo-RJ serão os lugares que mais sofrerão com esses impactos por terem a maior concentração de fornos de clínquer para coprocessamento no território nacional. Recomenda-se a continuidade do programa Campo Limpo como melhor opção para destinação final destes resíduos de alto risco ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Coprocessamento; Agrotóxicos; Embalagens; Logística Reversa; Impactos Ambientais.

1. INTRODUÇÃO

Com a promulgação da Lei Federal nº 12305 de 2010 (Brasil, 2010), que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil, diversos setores da indústria, como os de pneus, pilhas e baterias, eletroeletrônicos, têm buscado avançar na implantação da logística reversa de seus resíduos com base nos acordos setoriais, mas não com tanto êxito quanto o setor das embalagens de agrotóxicos e seus resíduos, que, por força da Lei nº 7802 de 11 de julho de 1989, posteriormente alterada pela Lei nº 9974 de 6 de junho de 2000 e pelo Decreto nº 4074 de 04 de janeiro 2002 (MMA, 2014), já tinha implantado um sistema.

A partir do ano de 2002, foi criado o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV 2019a) que iniciou a operacionalização deste sistema de coleta e reprocessamento, chamado de Campo Limpo (CL). Após quase duas décadas, o sistema CL se tornou uma referência mundial, atingindo 94% de reciclagem dessas referidas embalagens em todo o Brasil (INPEV, 2020).

O sistema CL como um todo é composto das seguintes etapas: lavagem, armazenamento, agendamento eletrônico, unidades de recebimento e destinação final. A estrutura do sistema conta com 411 postos e centrais de recebimento em todo o Brasil (INPEV, 2020).

Desde o início do programa, já foram investidos pelo setor de agrotóxicos que forma o INPEV, aproximadamente, 1,4 bilhão para o custeio das atividades de todos os elos da cadeia, com a coleta de 550 mil toneladas de agrotóxicos, sendo 45.000 toneladas no ano de 2019. Em 2018, também foram recolhidas 100 toneladas de sobras pós-consumo de defensivos. As sobras, que são entregues nas unidades de recebimento do sistema, são devidamente acondicionadas em barricas e seguem o mesmo destino das embalagens não-lavadas, a incineração (INPEV, 2019^a).

Além da logística reversa, o sistema CL possibilita também a economia circular, fabricando novas embalagens a partir da resina pós-consumo, abastecendo o próprio setor. Além disso, essa resina também é utilizada na fabricação de outros materiais, como artefatos para a indústria da construção civil, dos transportes e de energia, gerando economia de recursos naturais e evitando a emissão de 752.658 toneladas de CO₂ no período entre 2002 e 2019 (INPEV, 2019a).

No entanto, a promulgação da nova Resolução CONAMA nº 499 de 6 de outubro de 2020 (CONAMA, 2020), que revogou a Resolução nº 264 de 06 de agosto de 1999 (CONAMA, 2000), dispõe sobre o licenciamento da atividade de coprocessamento (CP) de resíduos em fornos rotativos de produção de clínquer, e ameaça os ganhos ambientais conquistados, ao longo dos anos, pela implantação do sistema

CL, uma vez que a antiga resolução vetava o CP de agrotóxicos e de lixo tóxico.

A técnica do CP tem sido empregada mundialmente com a finalidade de reduzir o consumo de combustíveis fósseis e matérias-primas na fabricação de cimento, o que tem possibilitado a redução das emissões de CO₂. Trata-se da utilização, por exemplo, de pneus rejeitados de atividades industriais, óleos e graxas, solventes, resíduos de tinta, outros resíduos com características combustíveis e até mesmo resíduos sólidos urbanos, como combustíveis alternativos e matérias-primas (Lamas *et al.*, 2013, p. 201; Dias *et al.* 1999, p. 155).

No escopo desta nova resolução, no parágrafo único do artigo 2º, menciona-se que o órgão ambiental poderá autorizar o CP de resíduos com concentrações de poluentes orgânicos superiores àqueles estabelecidos pela própria resolução, desde que se comprovem ganhos ambientais, como:

I - a redução de emissão de substâncias poluentes, gases de efeito estufa, entre outros; II - a eliminação ou a redução da necessidade de disposição final de resíduos; III - a despoluição de áreas ou cursos hídricos; IV - do CP se apresentar como uma tecnologia ambientalmente mais adequada e segura para a destinação final do resíduo; dentre outros (CONAMA 2020).

O anexo I da referida resolução apresenta uma lista de Poluentes Orgânicos Persistentes (POP) que poderão ser coprocessados (CONAMA 2020).

Os POP possuem características físicas e químicas orgânicas sintéticas diferenciadas como semivolatilidade, persistência, bioacumulação e toxicidade. Esses compostos estão presentes nos agrotóxicos (CETESB 2020a).

Cabe ressaltar que a atividade de produção de cimento em si já é detentora de muitos impactos, como a contribuição para escassez de recursos abióticos provenientes da extração mineral de gesso e outros componentes, bem como consumo de fontes de combustíveis fósseis, necessários na produção de clínquer, que acarretam em emissões atmosféricas que contribuem para as mudanças climáticas.

A utilização dos fornos de cimento para o CP requer instalações secundárias para armazenamento e manuseio de resíduos que garantam a segurança tanto para os trabalhadores como para o meio ambiente, tal qual uma planta de processamento de resíduos perigosos (Dias *et al.*, 1999). O estudo realizado por Aguiar *et al.*, (2020) relata os potenciais impactos sobre a saúde e o meio ambiente do preparo de mais de cento e setenta tipos de resíduos, oriundos dos

mais diversos setores da indústria nacional, em instalações conhecidas como blendeiras, situadas em Magé-RJ. No Brasil, existem dezenove blendeiras (Abetre, 2013). Pinto Jr. e Braga (2009) constataram um processo de adoecimento entre os trabalhadores de fábricas de cimento que manipulavam os resíduos antes de serem incinerados nos fornos de cimento. Destacam sintomas como desconforto ao odor desagradável, cefaleia, enjoos, ardência ocular, problemas respiratórios, contaminação cutânea, prurido, vertigens e desmaios.

Entende-se que planos, projetos e políticas de desenvolvimento regional devem levar em consideração diversos critérios de sustentabilidade. Dentre eles está a promoção e a utilização da gestão ambiental de substâncias perigosas e resíduos (MMA, 2002). Portanto, as justificativas empregadas pela referida resolução do CONAMA são extremamente frágeis e devem ser objeto de análise no que diz respeito às consequências ao meio ambiente, com desdobramentos sociais e econômicos que este novo marco pode trazer para as regiões brasileiras.

“O objetivo geral deste trabalho é comparar os potenciais impactos ambientais gerados na destinação das embalagens e sobras de agrotóxicos pelo tradicional sistema Campo Limpo com o coprocessamento proposto pela recente regulamentação da nova resolução CONAMA, identificando os estados, as regiões imediatas e intermediárias e os municípios que serão mais afetados por essas mudanças legais.

Contextos geográficos dos sistemas CL e CP”

As unidades de destinação final do sistema CL são ao todo catorze, especificamente dez unidades de reciclagem e quatro incineradoras. Essas unidades estão situadas em três regiões do Brasil: Sudeste, Sul e Centro-Oeste (Tabela 1).

O Estado de São Paulo é o que abriga mais unidades, sete recicladoras e duas de incineração (INPEV, 2019b). As regiões imediatas de São Paulo – representadas pelos municípios – de Guarulhos, Taboão da Serra e Suzano e a de Taubaté-Pindamonhangaba são as que concentram um maior número de unidades de destinação, três para cada uma.

Já as fábricas de cimento com fornos rotativos licenciados para CP no Brasil são trinta e oito e pertencem a nove grupos empresariais. Essas cimenteiras estão localizadas em trinta e seis municípios, sendo 45% situadas na Região Sudeste (Tabela 2). O município com o maior número de plantas é Cantagalo-RJ, que apresenta um polo cimenteiro, com três fábricas (ABCP, 2020), num raio de apenas 5km.

O Estado de Minas Gerais apresenta a maior concentração de cimenteiras com fornos para coprocessamento no Brasil, tendo oito unidades situadas num raio aproximado de 200 km, somente na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte (MMBH). O setor de minerais não-metálicos, onde está incluído o setor cimenteiro, é considerado uma das atividades econômicas mais desenvolvidas desta região (AMM, 2014).

Tabela 1. Unidades de destinação final do sistema CL

N	Localização	Região do país	Unidade	%
1	Guarulhos (SP)	Sudeste	Vasitex Vasilhames LTDA.	79%
2	Taboão da Serra (SP)		Essencis Soluções Ambientais S.A.*	
3	Suzano (SP)		Clariant S.A./PCN Suzano SPE S.A.*	
4	Taubaté (SP)		Campo Limpo Tampas e Resinas plásticas LTDA.	
5	Taubaté (SP)		Campo Limpo Reciclagem e Transformação de plásticos LTDA.	
6	Pindamonhangaba (SP)		Eco Paper Produtos em Papel LTDA.	
7	Tietê (SP)		Tubolix Embalagens LTDA.	
8	Piracicaba (SP)		Global Steel Transporte e Comércio de Ferro e Aço EIRELI	
9	Louveira (SP)		Dinoplast Indústria e Comércio de Plásticos LTDA.	
10	Sarzedo (MG)		Ecovital Central de Gerenciamento Ambiental S.A.	
11	Uberaba (MG)		Neotech Soluções Ambientais LTDA.*	
12	Cuiabá (MT)	Centro-Oeste	Plastibrás Indústria e Comércio LTDA.	7%
13	Tangará (SC)	Sul	Valpasa Indústria de Papel LTDA.	14%
14	Maringá (PR)		Neotech Soluções Ambientais LTDA.*	

Fonte: INPEV 2019b (*) Incineradoras

Tabela 2. Plantas de CP do Brasil

N	Localidade	Região do país	Grupo	%
1.	Cachoeiro de Itapemirim (ES)	Sudeste	Nassau	45%
	Arcos (MG)		CRH	
	Barroso (MG)		Holcim	
	Carandaí (MG)		Tupi	
	Ijaci (MG)		Intercement	
	Itaú de Minas (MG)		Votorantim	
	Montes Claros (MG)		Holcim	
	Matozinhos (MG)		CRH	
	Pedro Leopoldo (MG)		Holcim	
	Pedro Leopoldo (MG)		Intercement	
	Vespasiano (MG)		Liz	
	Cantagalo (RJ)		CRH	
	Cantagalo (RJ)		Holcim	
	Cantagalo (RJ)		Votorantim	
	Apiáí (SP)		Intercement	
	Cajati (SP)		Intercement	
	Salto Pirapora (SP)		Votorantim	
	São Miguel Campos (AL)	Nordeste	Intercement	21%
	Campo Formoso (BA)		Intercement	
	Quixerê (CE)		Apodi	
	Sobral (CE)		Votorantim	
	Caaporã (PB)		Holcim	
	João Pessoa (PB)		Intercement	
	Goiana (PE)		Nassau	
	Laranjeiras (SE)		Votorantim	
	Sobradinho (DF)	Centro-Oeste	Votorantim	16%
	Cezarina (GO)		Intercement	
	Bodoquena (MS)		Intercement	
	Itaú de Corumbá (MS)		Votorantim	
	Nobres (MT)		Votorantim	
	Cuiabá (MT)		Votorantim	
	Rio Branco do Sul (PR)	Sul	Votorantim	10%
	Balsa Nova (PR)		Itambé	
	Candiota (RS)		Intercement	
	Pinheiro Machado (RS)		Votorantim	
	Manaus (AM)	Norte	Nassau	8%
	Capanema (PA)		Nassau	
	Xambioá (TO)		Votorantim	

Fonte: ABCP, 2020

A figura 1 apresenta a distribuição geográfica das unidades de CP e também das recicladoras e incineradoras do sistema CL pelo território nacional.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, o método que será utilizado para comparação entre os dois sistemas é o da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Esse método tem como principais referências as normas técnicas NBR ISO 14040:2006 e 14044:2009 (ABNT 2009). Esta metodologia é dividida em quatro etapas: definição de objetivo e escopo, análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV), Avaliação do Impacto de Ciclo de Vida (AICV), e interpretação, que neste estudo, será substituída pela seção de conclusões.

Escopo

O escopo deste estudo abrange um comparativo entre o processo de destinação do sistema CL com o CP.

A unidade funcional para a realização deste comparativo será o tratamento de 45 mil toneladas de embalagens e 100 toneladas de sobras pós-consumo de agrotóxicos destinadas em um ano. Esses valores estão baseados nos dados de destinação do sistema CL em 2019.

Para fins de delimitação da fronteira de sistema, considerou-se apenas a etapa de destinação final, pela abordagem do “portão ao túmulo” (*gate-to-grave*). Esse estudo não computou o impacto da geração dos resíduos, dos transportes, do armazenamento de resíduos em etapas anteriores, nem o novo ciclo de vida das embalagens surgidas da reciclagem, no caso específico do CL.

Foi escolhida a substância polietileno de alta densidade (PEAD) para as embalagens de agrotóxicos, que representam o maior quantitativo dentre os tipos de embalagens. Para as sobras de agrotóxico foi escolhido o glifosato, defensivo agrícola mais utilizado no Brasil.

No sistema de produto do CL, o percentual de embalagens recicladas é de 94% do total das embalagens recolhidas, e

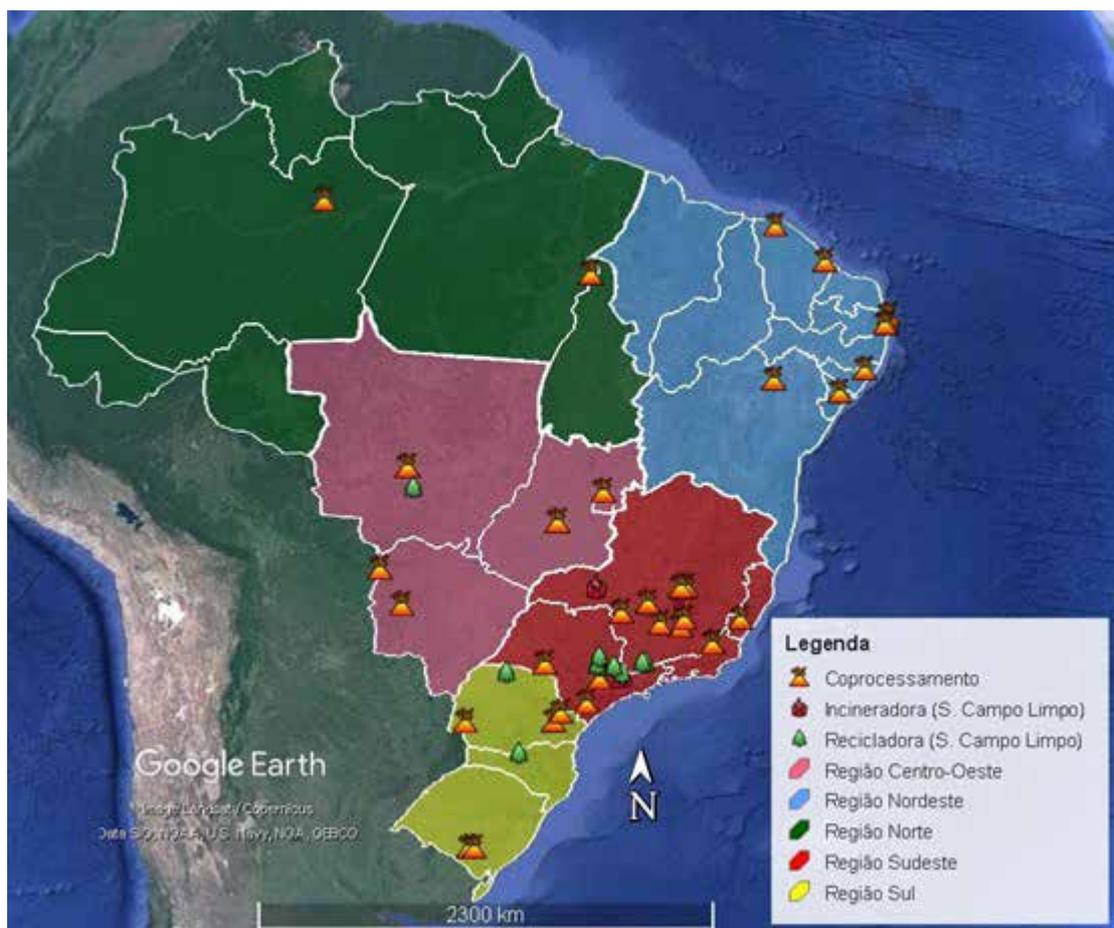


Figura 1. Distribuição geográfica de CP e CL

Fontes: INPEV 2019b; ABCP 2020 (adaptado)

o restante (6%) é incinerado juntamente com as sobras de agrotóxicos (INPEV, 2019b). Já no sistema de produto do CP, foi considerada a destinação de 100% desses mesmos resíduos no forno de cimento. No CP não foram considerados os recursos naturais para a fabricação de cimento e outros resíduos coprocessados, ou seja, apenas as embalagens e as sobras foram consideradas. Foi utilizada a porcentagem de 5% como critério de corte de massa, ou seja, qualquer massa que entrar no processo e corresponder a menos de 5% da massa total do produto foi eliminada. Na figura 2 há uma representação esquemática das fronteiras dos sistemas.

O método de AICV escolhido foi o ReCiPe V.1.04 Midpoint (H), que considera um balanço dos efeitos entre o curto e o longo prazo (Rocha, 2017). O conjunto de normalização foi o ReCiPe World H. O método ReCiPe é recomendado para AICV no Brasil (Mendes *et al.*, 2016, p. 165; IBICT, 2019), pois apresentam os fatores de caracterização dos impactos, criado por Huijbregts *et al.* (2016) para as categorias Formação de Oxidantes Fotoquímicos (FOF), Formação de Material Particulado (FMP), Acidificação Terrestre (AT), Eutrofização da Água Doce (EA) e Depleção da Água (DA), específicos para o país.

Inventário de Ciclo de Vida (ICV)

A partir dos dados coletados baseados no balanço do ano de 2019 do sistema CL (INPEV 2019b), foi obtido o ICV com base nos fluxos elementares providos ou destinados para o meio ambiente (recursos, emissões, efluentes e deposições)

com auxílio do software *SimaPro Data Server* (2006) com *ecoinvent*, resultando em muitos fluxos no inventário, que foram posteriormente reduzidos, pelos critérios de corte.

Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

Foi utilizado o software *SimaPro v.7.2* (2010) para o estudo das categorias de impacto ambiental. Foram adotadas todas as categorias do método ReCiPe, visando uma investigação ampla dos impactos. Na tabela 3 é feita uma sucinta definição das categorias de impacto.

Com vistas à redução das incertezas, a AICV delimitou-se apenas à caracterização, ou seja, à contribuição de cada impacto, estipulado através dos fluxos de matérias-primas e emissões que são estimados utilizando os fatores de caracterização (H) do método ReCiPe – 2016 (Huijbregts *et al.*, 2016).

A interpretação dos resultados da AICV buscou correlacionar os impactos encontrados no comparativo com prognóstico ambiental das regiões e municípios que sofrerão as maiores pressões ambientais em decorrência da mudança da legislação.

Apesar dos métodos classificarem os impactos pelo critério espacial, neste trabalho, levou-se em consideração que os mecanismos de impactos globais, como Mudanças Climáticas e a Depleção da Camada de Ozônio, trarão possíveis consequências na escala regional e local, tanto no ambiente natural como na saúde humana (JRC-IES 2010).

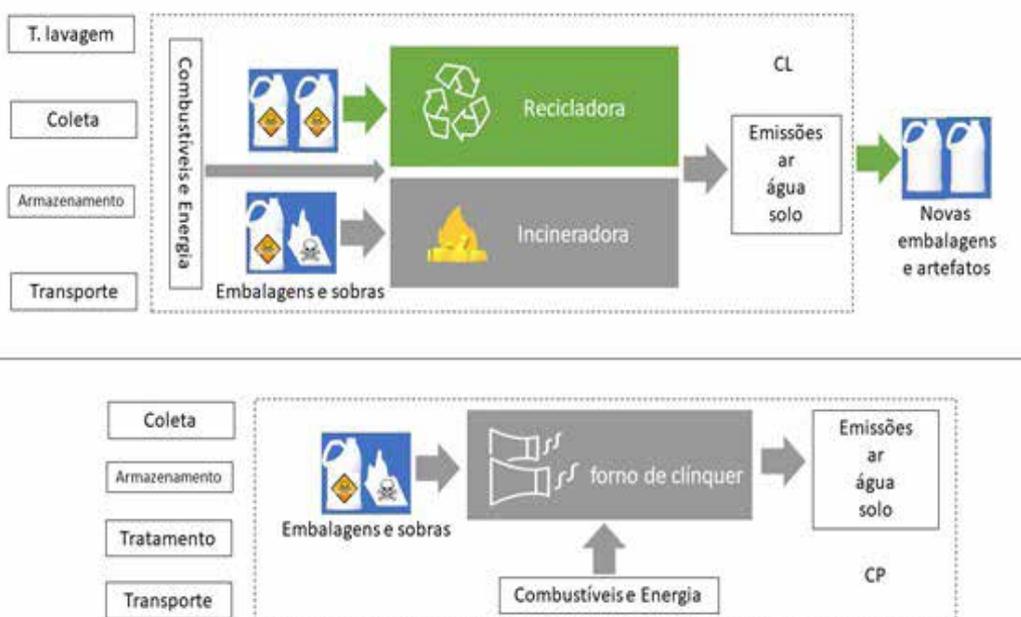


Figura 2. Delimitação das fronteiras dos sistemas do CL e do CP

Fonte: elaboração própria

Tabela 3. Categorias de impacto utilizadas no artigo

Categoria de impacto/Sigla	Efeito
Mudança Climática (MC)	Resulta em efeitos adversos sobre os biomas, os ecossistemas, as cidades e a saúde humana. Este impacto está relacionado às emissões de gases do efeito estufa para a atmosfera. A unidade é o kg CO ₂ eq.
Depleção do Ozônio (DO)	Explica a destruição da camada de ozônio por substâncias destrutivas, como os clorofluorcarbonos (CF). A unidade é kg CFC-11 eq.
Acidificação Terrestre (AT)	Aumento do teor de acidez no solo, provocado pela disposição de rejeitos ácidos, como a emissão de óxidos de nitrogênio (NOx) e enxofre (SOx), que se combinam com a água na atmosfera, precipitando como chuva ácida e, conseqüentemente, ocasionando efeitos sobre a fauna e a flora. A unidade é o kg SO ₂ eq.
Eutrofização da Água Doce (EA)	Resultante do aumento das concentrações de nutrientes na água ou no solo (fósforo) provocado pela disposição de rejeitos e ocasionando, conseqüentemente, potencial aumento no número de espécies no ecossistema. A unidade é o kg de P eq.
Eutrofização Marinha (EM)	Lixiviação de nutrientes descarregados em rios ou sistemas marinhos e o aumento de nutrientes. Assume-se o nitrogênio como nutriente limitante em águas. A unidade é o kg N eq.
Depleção Fóssil (DF)	Diminuição da quantidade de combustíveis fósseis pela extração e consumo. A unidade é o kg oil eq.
Depleção da Água (DA)	Aumento do consumo de água, afetando a demanda e a disponibilidade. A unidade é o m ³ eq.
Depleção de Metais (DM)	A extração de minerais e minérios destinado aos diversos usos pelo ser humano. A unidade é o kg Fe eq.
Ocupação da Terra Agrícola (OTA)	A quantidade de terras agrícolas ocupadas por um certo tempo. A unidade é m ² por ano (m ² a).
Ocupação da Terra Urbana (OTU)	Idem para as terras urbanas.
Transformação da Terra Natural (TTN)	A quantidade de terreno natural transformado e ocupado por um certo tempo. A unidade é o m ² .
Ecotoxicidade da Água (ETA)	Resulta da concentração do aumento de agentes tóxicos, provocada pelo aumento da disposição de rejeitos, ocasionando, conseqüentemente, potenciais danos à hidrosfera. A unidade é o kg 1,4 DB eq.
Ecotoxicidade Marinha (ETM)	Idem no bioma marinho.
Ecotoxicidade Terrestre (ETT)	Idem na litosfera.
Toxicidade Humana (TH)	Idem na saúde humana.
Radiação Ionizante (RI)	Contaminação por radiação nuclear e conseqüentes efeitos sobre a saúde. A unidade é o U235 eq.
Formação de Material Particulado (FMP)	Particulados e compostos gerados em processo de combustão, os quais podem ficar retidos na parte superior do sistema respiratório, podendo atingir os alvéolos pulmonares, principalmente as partículas menores. A unidade é o PM _{2,5} eq.
Formação de Oxidantes Fotoquímicos (FOF)	Impactos negativos gerados pelos poluentes gerados fotoquimicamente (ozônio troposférico) devido a sua natureza reativa que permite oxidar moléculas orgânicas, gerando impactos ao sistema respiratório humano e danos à vegetação. A unidade é o kg NOx eq.

Fonte: IBICT 2019; Rocha 2017; Huijbregts *et al.*, 2016; Silva e Oliveira 2014; JRC-IES 2010.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

Na tabela 4 é apresentado o ICV, contendo os principais fluxos de entradas e saídas dos sistemas de destinação final dos sistemas estudados.

Tabela 4. ICV para destinação final de 45 mil t de embalagens

	Substância	Compartimento	Unidade	CL	CP
ENTRADAS	Ocupação, floresta, intensivo, normal	Matéria-prima	m ² a	0,5007771	0,5008944
	Ocupação, floresta, intensivo, ciclo curto		cm ² a	303,13221	303,13274
	Ocupação, área industrial		cm ² a	400,18	400,60
	Ocupação, área de construção		cm ² a	249,01522	249,14358
	Ocupação, local de despejo		cm ² a	271,50919	272,10811
	Ocupação, área de extração mineral		m ² a	0,12432259	0,12433244
	Transformação florestal		cm ²	121,12	121,17
	Transformação do mar e oceano		cm ²	12,772997	12,780767
	Transformação para floresta		cm ²	56,73	56,76
	Carvão mineral		kg	8,28	8,28
	Gás natural		m ³	4,0843801	4,0867965
	Óleo cru		kg	1,8015561	1,8028133
	Manganês		g	1,287808	1,2881352
	Cobre		g	11,82	11,82
	Níquel		g	23,904071	23,925301
	Ferro		g	193,08584	193,9162
	Cromo		g	9,9129901	9,9197817
	Água doce		dm ³	208,85	209,9
SAÍDAS	Nitrato	Água	g	13,889529	13,951891
	Amônia, íon		g	6,4990996	6,4991735
	Fosfato		g	42,978332	42,988935
	Fósforo		g	24,002934	24,002937
	Manganês		g	11,184724	11,21228
	Nickel, íon		g	1,1988614	1,2002209
	Vanadium, íon		mg	135,01133	491,56714
	Ácido cloroacético	Ar	g	2,7363736	2,7363736
	Óxidos de nitrogênio		g	38,791303	39,156762
	Particulados, < 2.5 um		g	6,3874731	6,3959776
	Particulados, > 2.5 um e < 10um		g	5,9916847	5,9958587
	Dióxido de enxofre		g	55,84447	55,863317
	Bromoclorodifluorometano		µg	159,73645	159,85249
	Bromotrifluorometano		µg	57,188847	57,241617
	Tetracloro metano (CFC-10)		mg	6,5784934	6,578619
	COVNM		g	5,8128675	5,8775323
	Dióxido de carbono, fóssil		kg	20,756207	23,567109
	Carbono-14		Bq	377,1928	377,26506
	Radônio-222		kBq	6,76E+03	6,76E+03
	Metano, fóssil		g	54,541699	54,572852
Mercúrio	mg	3,9671912	3,9692094		
Fósforo	mg	942,14011	942,14044		

Fonte: elaboração própria

Avaliação do Impacto Ambiental do Ciclo de Vida (AICV)

Após submissão dos dados do inventário à caracterização, os resultados apontaram que o CP de embalagens e sobras de agrotóxicos apresentou aumento dos impactos nas categorias: MC, ETM, ETA, TH, FOF, FMP e DA. Os resultados da caracterização podem ser visualizados na tabela 5.

Tabela 5. Caracterização dos impactos ambientais.

Categoria de impacto	Unidade	CL	CP
MC	kg CO ₂ eq	22,37	25,19
ETM	kg 1,4-DB eq	0,43	0,46
ETA	kg 1,4-DB eq	2,88	2,92
TH	kg 1,4-DB eq	32,36	32,65
FOF	kg NO _x eq	0,0323	0,0326
FMP	kg PM _{2,5} eq	1,17E-02	1,18E-02
DA	m ³	7,80E-09	7,83E-09
DF	kg oileq	8,517	8,522
RI	kg U235 eq	11,65	11,66
AT	kg SO ₂ eq	0,0816	0,0817
EA	kg P eq	4,62E-02	4,62E-02
EM	kg N eq	0,0236	0,0238
ETT	kg 1,4-DB eq	0,0577	0,0577
DO	kg CFC-11 eq	6,64E-06	6,64E-06
OTA	m ² a	0,539	0,539
OTU	m ² a	0,263	0,263
TTN	m ²	0,0054	0,0054
DM	kg Fe eq	1,65	1,65

Fonte: elaboração própria

Sendo assim, as consequências dos impactos trazidos pela mudança dos critérios para licenciamento das atividades de CP serão agravadas nas regiões que sediam essas atividades e, pelo critério geográfico apresentado na seção “Contextos geográficos dos sistemas CL e CP”, destacam-se a MMBH no contexto regional e o município de Cantagalo-RJ no contexto local.

Na categoria MC, o impacto será agravado em 12% no CP. A principal substância que contribui para o impacto é o dióxido de carbono, fóssil emitido para o ar, oriundo da queima de resíduos nos fornos (Figura 3). As mudanças climáticas provocam eventos extremos, como inundações em áreas urbanas e incêndios florestais pela seca, redução e migração da biodiversidade, além dos efeitos na saúde humana, como desconforto térmico, estresse e doenças infecciosas (JRC-IES, 2010). Estudos sobre a mudança do clima na MMBH apontam para as seguintes sensibilidades: condições precárias da infraestrutura rodoviária, população concentrada nas

zonas urbanas, alta urbanização (ilhas de calor), risco ambiental relevante e riscos de chuvas intensas (FEAM, 2014).

Quanto aos impactos nos ecossistemas, verificou-se um crescimento de 7% e 2% pelo CP, nas categorias de impacto ETM e ETA, respectivamente (Figura 3). Em ambas, a principal substância responsável foi o fósforo emitido para a água. Na água, o fósforo reage com o oxigênio e, num ambiente com pouco oxigênio, pode gerar substâncias mais tóxicas, como a fosfina (COFIC, 2020).

O agravamento do impacto ETM se aplica diretamente ao contexto de CP situados em localidades do litoral brasileiro, no caso específico, os municípios de João Pessoa (PB) e Laranjeiras (SE).

Quanto ao impacto da ETA, este tem incidência direta na qualidade dos recursos hídricos em todas as localidades. A maior concentração de fornos de CP no Estado de Minas Gerais está sobreposta a duas regiões hidrográficas nacionais, a do Rio São Francisco e do Paraná, com destaque para as Bacias Vertentes do Rio Grande (GD2) e Alto do Rio São Francisco, tendo o Rio das Velhas como principal afluente, nos limites da Área de Proteção Ambiental Estadual da Cachoeira das Andorinhas (CBHSF 2018; IGAM, 2020), abrigando nascentes que dão origem ao corpo hídrico, de mesmo nome, que é ponto de captação de águas e abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (ISA, 2010). No município de Cantagalo, as bacias mais vulneráveis são as do Rio Negro e do Rio Macuco, onde está localizado o polo cimenteiro.

Já o fósforo emitido para a atmosfera foi a principal substância responsável pela TH, a qual apresentou um aumento de 1% no CP (Figura 3). Provavelmente, o fósforo é emitido em primeiro lugar para a atmosfera, após o CP do glifosato e, posteriormente, deposita-se no solo e na água. O glifosato é um composto do grupo dos agrotóxicos organofosforados, que são os mais perigosos e tóxicos, embora menos persistentes no solo (Matos, 2010). A exposição crônica ao fósforo geralmente em ambiente de trabalho pode gerar necroses ósseas, fraturas espontâneas, anemias e perda ponderal (COFIC, 2020).

A Formação de Oxidantes Fotoquímicos e a Formação de Material Particulado também tiveram o aumento de 1% pelo CP. A principal substância emitida foi o óxido de nitrogênio (NO_x). Os NO_x são irritantes para os olhos e venenosos, se inalados (CETESB, 2020b).

O CP também se mostrou mais impactante em 0,5% na categoria DA e 0,2% para DF (Figura 3). O maior consumo de água no CP pode estar ligado à umectação das vias para a redução de poeiras e, principalmente, para o sistema de resfriamento da planta (Matos, 2010). Já a depleção fóssil se dá pelo emprego de fontes fósseis, como o coque de petróleo, que são combustíveis tradicionais para os fornos de cimento.

Cabe lembrar que todos os percentuais de elevação do impacto constatados são de extrema relevância, mesmo os menores, uma vez que o CP já possui grande potencial poluidor (COPAM, 2017), conforme registrado na seção “Escopo”, e serão ainda mais acentuados pela inserção de embalagens e sobras de agrotóxicos.

4. CONCLUSÕES

Considerando os resultados obtidos, pode-se concluir que o novo escopo de modificações contidas na Resolução nº 499/2020 do CONAMA é prejudicial ao desenvolvimento sustentável, com retrocessos ambientais também aos setores agrícolas e cimenteiros por vários motivos. Primeiramente, pela maior contribuição da indústria cimenteira para o agravamento das mudanças climáticas, devido à elevação das emissões de CO₂ eq. Esse fato se mostra uma contradição nas diretrizes ambientais do setor que tem buscado a redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE).

Na questão espacial, os impactos ambientais agravados pelo CP acarretarão maiores pressões ambientais em todos os municípios que possuem fornos equipados para CP, com exceção do impacto ETM, o qual se aplica apenas ao contexto dos municípios litorâneos.

O município Cantagalo-RJ sofrerá agravamento direto das pressões ambientais, já existentes pelo CP com a entrada desses novos resíduos, pois a Região Serrana fluminense é também um importante setor agrícola do estado que poderá optar pela destinação dos agrotóxicos pela via do CP. Além de agravo à saúde da população pela TH, as bacias hi-

drográficas do Rio Negro e Macuco estarão ainda mais vulneráveis aos impactos ETA e DA.

Regionalmente, destaca-se a MMBH, podendo ser a região do território nacional que mais absorverá os efeitos sinérgicos dos impactos nos ecossistemas, por fenômenos como secas e estiagens, as quais já afetam os recursos hídricos da Bacia do Alto São Francisco e parte da Bacia do Paraná. Além disso, os impactos ETA e DA trarão efeitos negativos na qualidade e na disponibilidade dos recursos hídricos.

Cabe ressaltar que os mecanismos desses impactos proporcionarão danos à saúde da população residente em todas as localidades, com aumentos dos casos de infecções, desconforto térmico, doenças do aparelho respiratório, culminando em internações e mortalidades, com prejuízos sociais e econômicos, principalmente ao sistema público de saúde.

Os trabalhadores das cimenteiras são a classe mais vulnerável, pois já são submetidos a diversos riscos de saúde, pela constante exposição às substâncias tóxicas de centenas de tipos de resíduos perigosos coprocessados, e, futuramente, também aos resíduos de agrotóxicos.

Cabe ressaltar a iminente possibilidade de desestabilização da logística reversa do sistema CL, que vem, ao longo dos anos, realizando investimentos e apresentando mitigação dos impactos ambientais, que podem ser comprovadas através de relatórios de sustentabilidade do programa, originada de uma extensa cadeia de logística reversa e economia circular nos últimos vinte anos.

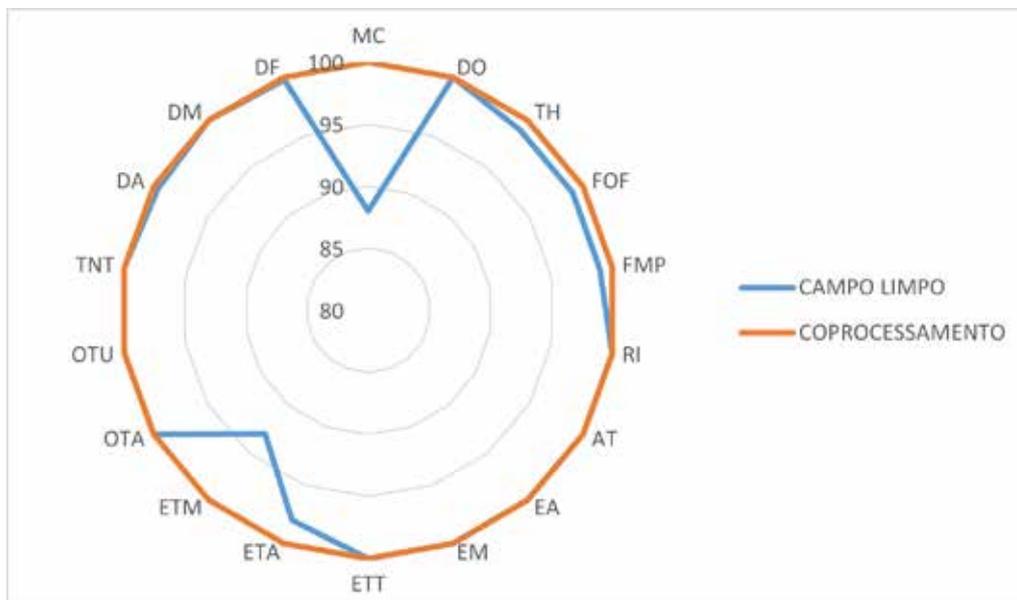


Figura 3. Contribuição percentual das categorias de impacto para CL e CP

Fonte: elaboração própria

Por isso, recomenda-se ao setor agrícola brasileiro a manutenção, priorização e ampliação do sistema CL em outras cidades brasileiras para exercer competição no mercado de gerenciamento de resíduos com o CP com base em critérios de sustentabilidade do produto (agrotóxico) que já possui um risco ambiental elevado.

Recomenda-se também aos setores produtores de cimento que utilizam o CP, aos órgãos municipais e estaduais de meio ambiente e às instituições de pesquisa maior vigilância no acompanhamento dos parâmetros de qualidade ambiental, em virtude da mudança do marco legal, considerando, principalmente, o monitoramento contínuo da poluição e seus consequentes impactos regionais e locais.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, D.B. Mattos, U.A.O., Esteves, V.P.P. (2020). Identificação de impactos à saúde humana e ao meio ambiente nos processos de blendagem de resíduos para coprocessamento [Relatório de Pesquisa]. Rio de Janeiro. No prelo.
- Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). (2020). *Coprocessamento: Unidades de Coprocessamento no Brasil*. São Paulo.: <https://coprocessamento.org.br/quem-coprocessa-no-brasil/>.
- Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (ABETRE), (2013). *Perfil do setor de tratamento de resíduos*. São Paulo. abetre.org.br
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (2009). NBR ISO 14044:2009 – Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro. 46 pp.
- Associação Mineira De Município (AMM). (2014). *Caracterização Econômica das Regiões de Planejamento: Área de Desenvolvimento Econômico*. Belo Horizonte. <https://portalamm.org.br/caracterizacao-economica-das-regioes-de-planejamento/>
- Braga, B. (2017). *Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do Desenvolvimento Sustentável*. 2ª ed. Editora Pearson, São Paulo.
- Brasil. (2010). Lei nº 12305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, p. 2, 03 ago 2010.
- Comitê Da Bacia Hidrográfica Do Rio São Francisco (CBHSF). (2018). *Municípios da Bacia*. https://issuu.com/cbhsaofrancisco/docs/lista_de_munic_pios_bhsf_-_2018.xls
- Comitê De Fomento Industrial De Camaçari. (COFIC). 2020. *Portal COFIC SSMA 1.0*. <http://www.bameq.portalcoficcsm.com.br/ConsultarProdutos/Consultar/184>.
- Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo (CETESB). (2020a). *Ficha de Informação Toxicológica: Dioxinas e furanos*. São Paulo. <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/Dioxinas-e-furanos.pdf>
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (CETESB). (2020b). *Qualidade do Ar: Poluentes*. São Paulo. <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). (2020c). *Centro Regional: Poluentes Orgânicos Persistentes*. São Paulo. <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes>
- Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). (2017). Estabelece critérios para classificação segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais para serem utilizados para definição de modalidades de licenciamento ambiental e atividades utilizadoras de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. *Diário Executivo de Minas Gerais*, 08 dez. 2017.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). (2000). Resolução CONAMA nº 264 de 26 de agosto de 1999. Define procedimentos, critérios e aspectos técnicos específicos de licenciamento ambiental para o coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer para a fabricação de cimento. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, n. 54, p. 80-83, 20 mar. 2000. Seção 1.
- Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). (2020). Resolução CONAMA/MMA Nº 499 de 06 de outubro de 2020. Dispõe sobre o licenciamento da atividade de coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de produção de clínquer. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, ed. 194, p. 50, 08 out. 2020. Seção 1.
- Dias, M.C.O., Pereira, M.C.B., Dias, P.L.F. e Virgílio, J.F. (1999). *Manual dos Impactos Ambientais: Orientações Básicas dos Aspectos Ambientais das Unidades Produtivas*. Fortaleza: Banco do Nordeste.
- European Commission - Joint Research Centre - Institute For Environment And Sustainability (JRC-IES). (2010). International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook- Framework and Requirements for Life Cycle Impact Assessment Models and Indicators. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). (2014). *Estudo de Vulnerabilidade Regional às Mudanças Climáticas de Minas Gerais*. Agência Francesa de Meio Ambiente e Gestão de Energia, Conselho Regional de Nord-Pas-de-Calais. Belo Horizonte: FEAM.
- Huijbregts, M.A.J. et al., (2016). ReCiPe 2016, V.1.1: A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. Report 1: Characterization. The Netherlands: National Institute for Public Health and the Environment. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0104.pdf>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2017a). *Produto Interno Bruto dos Municípios: Taubaté*. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/taubate/pesquisa/38/0>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2017b). *Censo Agropecuário: Taubaté*. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/taubate/pesquisa/24/0>
- Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). (2019). *Recomendações de Modelos de Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida para o Contexto Brasileiro*. Rede de

- Avaliação do Impacto de Ciclo de Vida. Brasília-DF. Disponível em: <https://acv.ibict.br/wp-content/uploads/2019/07/Relat%C3%B3rio-de-Recomenda%C3%A7%C3%B5es-de-Modelos-de-Avalia%C3%A7%C3%A3o-de-Impacto-para-o-Contexto-Brasileiro.pdf>
- Instituto Mineiro De Gestão Das Águas (IGAM). (2020). *Mapa Unidades de Planejamento*. Portal dos Comitês. <http://comites.igam.mg.gov.br/mapa-unidades-de-planejamento>.
- Instituto Nacional De Processamento De Embalagens Vazias (INPEV). (2019a). *Informativo nº 81*. São Paulo: Acervo INPEV. <https://inpev.org.br/saiba-mais/informativo-inpev-virtual/81/index.html>
- Instituto Nacional De Processamento De Embalagens Vazias (INPEV). (2019b). *Relatório de Sustentabilidade de 2019*. São Paulo. <http://relatoriosustentabilidade.inpev.org.br/relatorio-sustentabilidade/2019/pt/>
- Instituto Nacional De Processamento De Embalagens Vazias (INPEV). (2020). *Passo-a-passo da destinação.*: <https://inpev.org.br/logistica-reversa/passa-a-passo-destinacao/>
- Instituto Socioambiental (ISA). (2010). *Área de Proteção Ambiental Cachoeira das Andorinhas*. Unidades de Conservação no Brasil. <https://uc.socioambiental.org/arp/2098>
- Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report* Geneva. pp. 151 https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf
- Lamas, W.Q., Palau, J.C.F., Camargo, J.R. (2013). Waste materials co-processing in cement industry: ecological efficiency of waste reuse. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Março 2013, 19, pp. 200-207. DOI:10.1016/j.rser.2012.11.015 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.015>
- Matos, A.T. (2010). *Poluição Ambiental: Impactos no Meio Físico*. Ed. UFV. Viçosa.
- Mendes, N.C., Bueno, C., Ometto, A.R. (2016). Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: Revisão dos Principais Métodos. *Production* 26, 1, pp. 160-175. DOI:10.1590/0103-6513.153213. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.153213>
- Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). (2014). *Brasil é referência na destinação correta de embalagens vazias de agrotóxicos*. <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/brasil-e-referencia-na-destinacao-correta-de-embalagens-vazias-de-agrotoxicos>
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). (2002). *Avaliação Ambiental Estratégica*. Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos (SQA). Projeto Instrumentos de Gestão (Progestão), Brasília. http://mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/aae.pdf
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). (2014). *Política Nacional de Resíduos Sólidos apresenta resultados em 4 anos*. Departamento de Ambiente Urbano - Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, Brasília – DF. <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/politica-de-residuos-solidos-apresenta-resultados-em-4-anos>
- Pinto JR., A.G. e Braga, A.M.C.B. (2009). “Trabalho e saúde: a atividade da queima de resíduos tóxicos em fornos de cimenteiras de Cantagalo, Rio de Janeiro”. *Ciênc. saúde coletiva*. Rio de Janeiro, dezembro 2009, Vol. 14, No. 6, pp. 2005-2014. DOI 10.1590/S1413-81232009000600008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232009000600008>
- Rocha, T.B. (2017). “Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida”. *ACV Brasil*. <https://acvbrasil.com.br/treinamentos/ead-acv>
- Silva, G.A., Oliveira, S.A. (2014). “Glossário de Avaliação do Ciclo de Vida”. Associação Brasileira de Análise do Ciclo de Vida (ABCV). <https://docplayer.com.br/5599160-Glossario-de-avaliacao-de-ciclo-de-vida.html>
- Simapro Data Server. (2006). *Version 2,0803*. Release - D11 (Software). Queensland: Nexus data base ptyltd.
- Simapro 7: Classroom (2010). *Version 7.2.3 Multi-user* (Software). Amersfoot: Pre-Consultantsbv.
- Sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos do Estado De São Paulo (SIGRH). (2010), Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul (PS) – Apresentação. *Portal SIGRH*. São Paulo. <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhrs/apresentacao>

Disponibilidade dos dados

Todo o conjunto de dados que suporta os resultados deste estudo foi disponibilizado no Mendeleydata e pode ser acessado em <http://dx.doi.org/10.17632/zgt3g2xyfb.1>

Recebido: 14 ago. 2021

Aprovado: 16 nov. 2021

DOI: 10.20985/1980-5160.2021.v16n3.1743

Como citar: Aguiar, D.B., Aluizio, U., Paulo, V. (2021). Impactos ambientais regionais decorrentes da mudança da legislação ambiental para coprocessamento de agrotóxicos. *Revista S&G* 16, 3. <https://revistasg.emnuvens.com.br/sg/article/view/1743>