

### GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (RS) E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE INTENSIDADE DE CARBONO DE RS PARA O BRASIL 2030

*Solid waste (sw) management and climate change: evolution of the sw carbon intensity index to Brazil 2030*

Wender Freitas Reis<sup>1</sup>  
Gilmar dos Santos Marques<sup>2</sup>

#### RESUMO:

O objetivo deste estudo é analisar as alternativas de mitigação de emissões de CO<sub>2</sub> e de Resíduos Sólidos (RS), bem como definir indicadores para acompanhar a evolução das emissões de GEE no Brasil até 2030, de acordo com a NDC Brasil e o Acordo de Paris. A metodologia utilizada contemplou a descrição, análise e projeção de dados considerando dois elementos chaves: a Lei 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e as metas de redução de emissões de GEE e o cálculo do IIC referente às emissões Líquidas Totais de RS (eLTRS). Os resultados obtidos são pífios em relação a PNRS e uma das principais metas que era a coleta de 100% dos RS urbanos, que deveria ser atingida em 2014, encontra-se muito aquém da meta, pois somente 60% dos municípios possuem ações parciais. A evolução da relação eLTRS/PIB em tCO<sub>2</sub>e/mil R\$ de PIB, apresentou resultados excelentes, com 0,053 em 2005, chegando a 0,014 em 2015, com previsão de redução de emissões de GEE para 0,012 em 2025 e 0,009 para 2030. O mesmo não pode ser dito com relação ao IIC eLTRS/POP em tCO<sub>2</sub>e/hab/ano, de 0,370 em 2005, que subiu para 0,412 em 2015, com previsão de aumento para 0,590 em 2025 e 0,622 para 2030, o que representa um aumento da ordem de 59,46% em 2025 e 68,11% em 2030, em relação a 2005, frente a uma meta de redução de 37% e 43%, para os mesmos períodos, respectivamente. Diante disso, conclui-se que a PNRS precisa avançar rapidamente nos municípios, na forma da legislação vigente, com o apoio dos estados e da União, pois os compromissos firmados na NDC Brasil requer um modelo de gestão de RS, alinhado com as políticas públicas de mudanças climáticas.

**Palavras-chave:** Clima; RS; Indicadores; Intensidade Carbono.

#### ABSTRACT:

This study's aim is to analyze the alternatives of mitigation of CO<sub>2</sub>e emissions of Solid Waste (SW), as well as to define indicators to follow the evolution of GHG emissions in Brazil until 2030, according to NDC Brazil and the Paris Agreement. The methodology used included the description, analysis and projection of data, considering two key elements: Law 12,305 / 2010, which instituted the National Solid Waste Policy (PNRS) and the GHG emission reduction targets, and the calculation of the IIC referring to Total Net Emissions of RS (eLTRS). The results obtained show that PNRS have poor results, and one of the main goals of the collection of 100% of the urban SWs, which was to be reached in 2014, finds a lot of the target, since only 60% of the municipalities have partial actions. The evolution of the ratio eLTRS/GDP in tCO<sub>2</sub>e/thousand R\$ of GDP, presented excellent results, with 0.053 in 2005, reaching 0.014 in 2015, with a forecast of reduction of GHG emissions to 0.012 in 2025 and 0.009 in 2030. The same can not be said for the IIC eLTRS/POP in tCO<sub>2</sub>e/hab/year, from 0.370 in 2005, which increased to 0.412 in 2015, with an expected increase to 0.590 in 2025 and 0.622 in 2030, An increase of 59.46% in 2025 and 68.11% in 2030, compared to 2005, compared to a reduction target of 37% and 43% for the same periods, respectively. Therefore, it is concluded that the PNRS needs to move quickly in the municipalities, in the form of current legislation, with the support of the states and the Union, since the commitments made in NDC Brazil require a management model of SW, in line with public policies Climate change.

**Keywords:** Climate. SW. Indicators. Carbon Intensity.

<sup>1</sup>Universidade de Brasília (UnB). [reiswender@gmail.com](mailto:reiswender@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade de Brasília (UnB). [gilmar.marx@gmail.com](mailto:gilmar.marx@gmail.com)

REIS, W. F.; MARQUES, G. dos S.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Contexto

O período compreendido entre o final do século XIX e o início do século XXI foi marcado por profundas transformações em todo o mundo, principalmente no que se refere ao meio ambiente. Essas mudanças puderam ser identificadas enfaticamente a partir da segunda metade do século XX, notadamente no pós Segunda Guerra Mundial.

Isto se deve, em grande parte, ao elevado crescimento e desenvolvimento tecnológico experimentado pela nova sociedade que, inicialmente, se fazia valer de estruturas pesadas de produção de bens duráveis e não duráveis para abastecer uma crescente sociedade consumista. A posteriori, a forma com a qual as empresas e organizações passaram a se relacionar com seus clientes e fornecedores mudou sobremaneira, sendo agora, um modelo altamente tecnológico e praticamente sem fronteiras físicas, definindo uma nova ordem mundial: a chamada globalização.

De acordo com Brown (2003, apud Marques, 2006) a urbanização foi uma tendência demográfica dominante no século XX e ainda será também ao longo do século XXI. A concentração em centros urbanos fez com que a população que habitava as cidades em 1900, composta por 150 milhões de pessoas, chegasse no ano 2000 a 2,9 bilhões e, hoje, próxima a 7,5 bilhões de pessoas (INED, 2017).

Porém, no decorrer das últimas décadas, importantes mudanças nos aspectos políticos, econômicos, sociais e tecnológicos têm trazido profundas alterações no *modus vivendi* de diferentes países. O aumento dos níveis de consumo, aliado ao processo de exploração dos recursos naturais, tem sido um marco relevante para a adoção de políticas públicas no Brasil voltadas para a conservação do meio ambiente, em especial, a Lei 12.305/2010 que instituiu a PNRS.

Por estar ligado diretamente ao conceito de felicidade (Baudrillard, 2000), o consumismo constitui hoje a base de parte dos problemas de cunho socioambiental, trazendo consequências como concentração de riqueza, má distribuição de renda e depleção dos recursos naturais contribuindo para altas taxas de geração de lixo, tecnicamente conhecido como Resíduo Sólido (RS).

Com o “inchaço” das áreas urbanas e o aumento desenfreado da população, a problemática dos RS tem chamado a atenção dos gestores, da academia e da sociedade como um todo, tendo em vista que seus prejuízos são vistos claramente por todos (Reis, 2006).

Sendo assim, a Organização das Nações Unidas (ONU), diante da incidência desses fenômenos físicos, iniciou nos anos 70 do século XX, uma série de reuniões para discutir temas importantes para a humanidade, destacando-se entre eles o meio ambiente (May e Pereira, 2003 apud Marques, 2006).

No que se refere aos resíduos sólidos, atualmente, o aterramento responde por 98% da destinação final, seguido da reciclagem com pouco mais de 1% e dos tratamentos térmicos (incineração) e biológicos (compostagem) que juntos não respondem por 0,1% do total (Loureiro, Zveibil e Dubeux, 2016).

Ainda, segundo os autores, o aterramento, seja a céu aberto, controlado, sanitário ou não categorizado, provoca a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), principalmente, os que estão demonstrados na Tabela 1, a seguir.

GEE (10 <sup>3</sup> t)	1990	2000	2005	2010	Variação (%) 1990/2010
CH <sub>4</sub>	1.173,6	1.754,1	2.117,3	2.651,9	126,0
CO <sub>2</sub>	19,0	96,0	130,0	178,0	836,8
N <sub>2</sub> O	4,3	5,7	6,6	7,2	66,7
CO <sub>2</sub> e	25.997,6	38.699,1	46.639,3	58.100,0	139,9

**Tabela 1:** Evolução das emissões de GEE pelo tratamento de resíduos no Brasil (103t) – 1990-2010.

Fonte: Loureiro, Zveibil e Dubeux (2016).

REIS, W. F.; MARQUES, G. dos S.

Observa-se que a elevada quantidade de gás metano (CH<sub>4</sub>) registrada na Tabela 1, é decorrente da má gestão dos RS.

A preocupação com o meio ambiente trouxe outra temática ao debate, as mudanças climáticas geradas pelo aumento do efeito estufa, cujas discussões redundaram no Protocolo de Quioto e mais recentemente no Acordo de Paris (COP-21), cujo compromisso dos 195 países signatários é reduzir as emissões de GEE no contexto do desenvolvimento sustentável, mantendo o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C, tendo como base o período pré-industrial.

Para o alcance do objetivo final do acordo, os governos se envolveram na construção de seus próprios compromissos em que cada nação apresentou sua contribuição para redução das emissões de GEE, seguindo o que cada uma considera viável a partir dos cenários social e econômico locais (MMA, 2017).

No caso brasileiro, um dos grandes responsáveis pelas emissões de GEE são os RS. Isso porque de acordo com a última PNSB (2008), a situação da destinação dos RS urbanos era preocupante, pois cerca de 50% das 240 mil toneladas/dia desses resíduos, eram lançados a céu aberto, em corpos d'água ou áreas de proteção ambiental.

Assim sendo, torna-se imprescindível que estratégias voltadas para o correto destino dos RS sejam implementadas, de forma que o Brasil possa contribuir para atender ao Acordo do Paris, por meio da redução de emissões de GEE.

### ***1.2. Problema de pesquisa***

Este estudo pretende responder a seguinte questão: como reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) gerados por Resíduos Sólidos (RS) no Brasil, para atender as metas comprometidas no Acordo de Paris - COP21, para os anos de 2025 e 2030?

### ***1.3. Objetivos: geral e específicos***

O objetivo geral deste artigo é analisar as alternativas de mitigação de emissões de CO<sub>2</sub> e de RS, bem como definir indicadores para acompanhar a evolução das emissões de GEE no Brasil até 2030.

Para atender o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- i) analisar o estágio atual da Política Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos (PNRS) em âmbito municipal;
- ii) verificar se a execução da PNRS está alinhada com a proposta de redução de emissão feita pelo Brasil junto ao Acordo de Paris - COP21, conforme NDC Brasil - 3º Inventário;
- iii) efetuar o cálculo do Índice de Intensidade de Carbono (IIC), a partir das emissões Líquidas Totais (eLT), emissões Líquidas Totais (eLT) de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), com relação a PIB e População, considerando três cenários: iNDC Brasil 2º inventário; a NDC Brasil e o 3º Inventário e IES-Brasil.

### ***1.4. Referencial Teórico***

No que tange às mudanças climáticas, o Brasil deu um passo importante para dar a sua contribuição, uma vez que, em 2015, o país ratificou o Acordo de Paris para reduzir suas emissões de GEE.

De acordo com CEBDS (2017) a COP17, realizada em 2011, marcou o início de proposições práticas entre as partes para discussão de um acordo global para o clima. Naquele encontro, ficou definido que todos os membros deveriam chegar a um consenso até o final de 2015, na COP21, sediada em Paris e apresentar à (United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) a Intended Nationally Determined Contributions (iNDC).

Uma vez ratificada pela UNFCCC e pela presidência do país, a iNDC passa a ser Nationally Determined Contributions ou Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC), o que ocorreu em 05/06/2017, com a rati-

REIS, W. F; MARQUES, G. dos S.

ficção do acordo e promulgação da NDC, em ato assinado pelo Presidente do Brasil (Aguiar, 2017).

A NDC brasileira prevê reduzir em 37% as emissões até 2025 e 43% até 2030, em relação ao ano de 2005. Para isso, foram estabelecidas as seguintes metas: a) zerar o desmatamento ilegal na Amazônia e restaurar 12 milhões de ha de florestas; b) restaurar 15 milhões de ha de pastagens; c) elevar a participação de bioenergia para 18% e renováveis para 33% da matriz energética; d) melhorar a infraestrutura das rodovias e trazer mais inovações para os modais urbanos de transporte público; e) ampliar a eficiência energética no uso de tecnologia limpa na indústria.

A Tabela 2 apresenta os dados das projeções para a iNDC brasileira, baseadas nas Emissões Líquidas do 2º (tCO<sub>2</sub>e GWP-100 AR5) e 3º Inventário (GWP AR5), para os anos de 2005, 2015, 2025 e 2030 de acordo com o MMA (2016, apud Azevedo, 2016), bem como dados da publicação IES-Brasil (2016).

ITENS	2005 (MtCO <sub>2</sub> e)	2015 (MtCO <sub>2</sub> e)	2025 (MtCO <sub>2</sub> e)	2030 (MtCO <sub>2</sub> e)
PIB brasileiro em milhões de reais (R\$)	1.303.107	5.904.000	10.568.460	14.822.813
População brasileira em milhões de habitantes	186	205	219	223
eLT em (MtCO <sub>2</sub> e GWP AR5) NDC Brasil ajustada 3º Inventário	2.837	1.499	1.787	1.617
eLT de RS em (MtCO <sub>2</sub> e GWP-100 AR5) iNDC Brasil 2º Inventário	54	84	61	63
eLT de RS em (MtCO <sub>2</sub> e GWP AR5) NDC Brasil ajustada 3º Inventário 2016	69	84	129	139
eLT de RS em (MtCO <sub>2</sub> e GWP AR5) IES-Brasil 3º Inventário 2015	47	84	85	86
<b>Meta para redução em relação a 2005</b>	-	-	<b>37%</b>	<b>43%</b>

Tabela 2: PIB, Pop. eLT e eLT de RS, cenários da iNDC brasileira e IES-Brasil: 2005-15-25 e 2030.

Fonte: MMA (2016) apud Azevedo (2016); IES-Brasil (2016); IBGE (2017); Ipeadata (2017); Projeções de PIB para 2025 e 2030 elaborada pelos autores (2017); Emissões de CO<sub>2</sub>e SEEGBrasil (2017) e MCTI (2016), elaborado pelos autores.

O setor de RS é um dos itens que faz parte da NDC brasileira, pois se trata do grande emissor de GEE, dentre eles o gás metano (CH<sub>4</sub>) que é altamente prejudicial para o meio ambiente e, de acordo com o SEEGBrasil (2017), os RS responderam com 84,5 MtCO<sub>2</sub>e GWP-AR5 em 2015. Este montante representa um crescimento de 550% desde 1970 e 150% entre 2000-2015 conforme pode ser visto no Gráfico 1, a seguir.

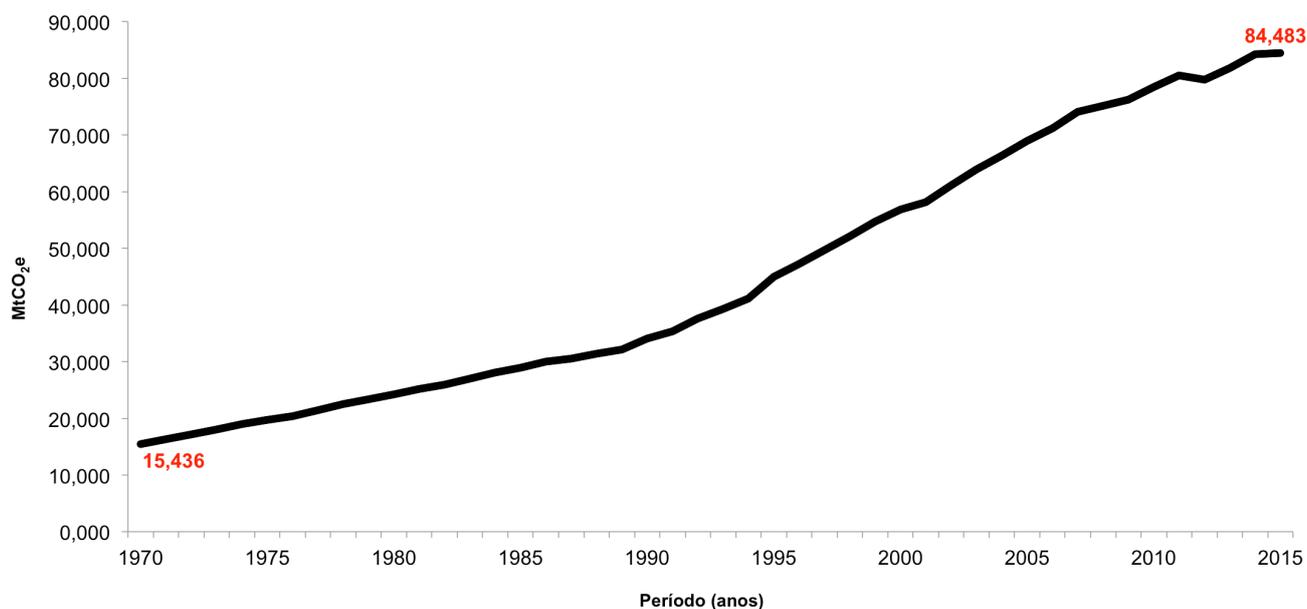


Gráfico 1: de GEE por tratamento de resíduos entre 1970 e 2015 (MtCO<sub>2</sub>e).

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do SEEGBrasil (2017).

REIS, W. F.; MARQUES, G. dos S.

Em relação ao tratamento dos RS, estabelecido na PNSB (2008), apenas 3% dos resíduos gerados são reciclados, o que é insignificante diante da meta para 2015 que era de 43%.

De acordo com a PNSB (2008), a disposição final dos RS por unidade de destino nos 5.565 municípios brasileiros ocorre em 51% deles na forma de lixões (a céu aberto), 22% em aterros controlados e 27% em aterros sanitários. A Tabela 3 apresenta a evolução do destino final dos resíduos no Brasil, referentes às últimas pesquisas realizadas pelo IBGE em 1989, 2000 e 2008.

Ano	Destino final dos resíduos sólidos, por unidade de destino dos resíduos (%)		
	Lixão	Aterro Controlado	Aterro Sanitário
1989	88,2	9,6	1,1
2000	72,3	22,3	17,3
2008	50,8	22,5	27,7

Tabela 3: Fração dos municípios por tipo de destino de resíduos sólidos (%) – 1989-2008.

Fonte: PNSB, 2008 apud Loureiro, Zveibil e Dubeux (2016)

Complementando o raciocínio acima, a Tabela 3 evidencia a composição gravimétrica dos RS no Brasil a partir do último levantamento feito pelo Ibge por meio da PNSB (2008).

Resíduos	Participação (%)	Quantidade diária (t/dia)
Material reciclável	31,9	58.527,40
Matéria orgânica	51,4	94.335,10
Outros	16,7	30.618,90
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>183.481,50</b>

Tabela 4: Estimativa da composição gravimétrica dos RSU coletados no Brasil em 2008.

Fonte: PNSB (2008).

Ao observar os dados disponibilizados na Tabela 4, é possível concluir que o quantitativo de material orgânico no país é bastante elevado (51,4%), mostrando o alto potencial de geração de GEE. Os materiais recicláveis (31,9%) são compostos por: 2,9% de metais; 2,3% de aço; 0,6% de alumínio; 13,1% de papel, papelão e tetrapak; 2,4% de vidro e 13,5% de plástico total, sendo que deste 8,9% corresponde a plástico filme e 4,6% a plástico rígido. Com base no 3º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE não Controlados pelo Protocolo de Montreal (MCTI, 2015 apud Loureiro, Zveibil e Dubeux, 2016), nos anos de 2005 e 2010, o setor de resíduos foi a segunda maior fonte das emissões totais de CH<sub>4</sub> no Brasil, correspondendo a 11,4% e 15% respectivamente do total de cada ano.

Segundo este documento, em 2010 o subsetor de tratamento de resíduos sólidos respondeu por 1,516 MtCH<sub>4</sub> ou 31,8 MtCO<sub>2e</sub>, representando 7% do total das emissões de metano no país. De 1990 a 2010, as emissões de CH<sub>4</sub> do setor de resíduos aumentaram 45,8%, passando de 5,5 para 13,9 kgCH<sub>4</sub>/hab/ano, que correspondia a 0,29tCO<sub>2e</sub>/hab/ano e atingiu 0,41tCO<sub>2e</sub>/hab/ano.

Os serviços de incineração e tratamento de efluentes geraram emissões de CO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>, devido aos resíduos contendo carbono não renovável, sendo estimadas em 178 e 23,8 toneladas, respectivamente, em 2010 (MCTI, 2015).

Para Loureiro, Zveibil e Dubeux (2016, p. 14):

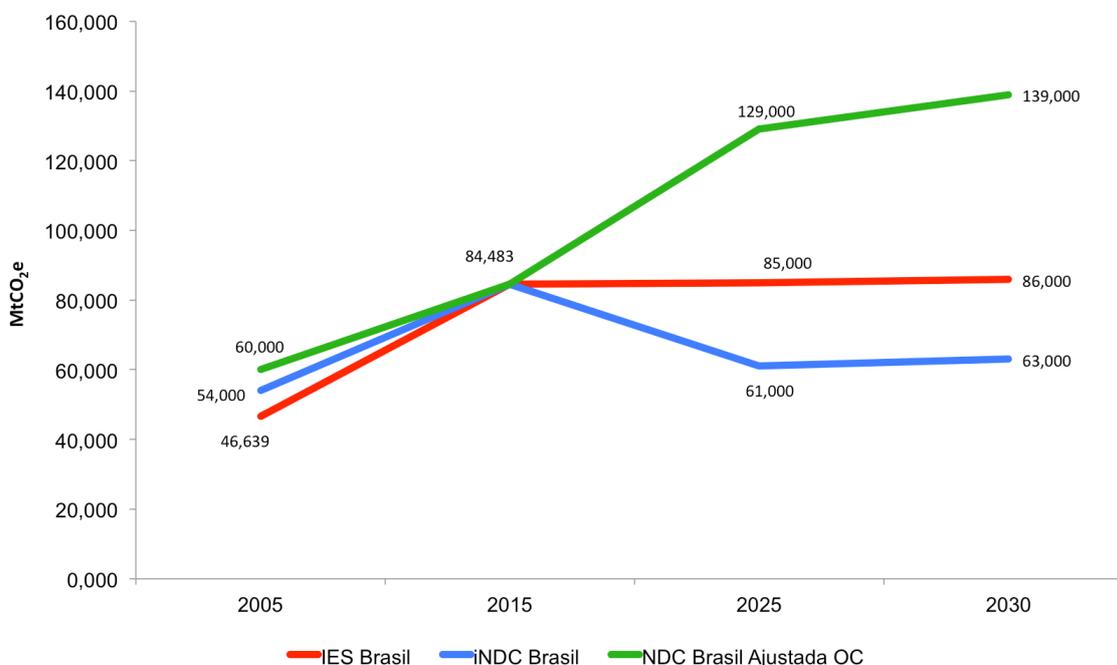
No caso do Brasil, é possível afirmar que o aumento das emissões per capita se deve fundamentalmente a dois fatores: a ampliação dos serviços de saneamento básico nas cidades e a diminuição das taxas de crescimento populacional nas últimas décadas, tomando-se como premissa que o incremento da coleta tem como principal consequência o maior acúmulo de resíduos nos aterros sanitários que, portanto, irão produzir mais metano pela decomposição anaeróbica desses resíduos.

REIS, W. F.; MARQUES, G. dos S.

De acordo com PWC, SELUR e ABPL (2014), a fim de proteger o meio ambiente de falhas no processo de gestão de RS, o Brasil possui dois marcos legais relacionados a isso: a Lei 11.445/2007, denominada Política Nacional de Saneamento (PNS) e a Lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A segunda, objetos de análise deste artigo, foi amplamente discutida e aprovada em agosto de 2010, sancionou conceitos que anteriormente eram pouco conhecidos e praticados e instituiu novas ferramentas à legislação de RS.

Como objetivos principais da PNRS, podem ser destacados: a) não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento de resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada aos rejeitos; b) racionalização dos recursos naturais no processo produtivo de novos itens; c) intensificação de ações de educação ambiental; d) incentivo à indústria da reciclagem; e) articulação entre as diferentes esferas do poder público e entre estas e o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira; f) promoção da inclusão social; e g) capacitação técnica (Brasil, 2010a).

O Gráfico 2, a seguir, mostra o tamanho do desafio a ser enfrentado para o cumprimento das metas estabelecidas no Acordo de Paris. Com relação aos dados de 2015 optou-se por usar os dados consolidados do 3º inventário, para os 3 (três) cenários, para que se tenha este ano como referência, entre 2005 e os anos de 2025 e 2030 que são os marcos estabelecidos para as metas propostas.



**Gráfico 2:** Comparativo entre as previsões de emissões com base em três cenários (MtCO<sub>2</sub>e).

**Fonte:** Elaborado pelos autores a partir de Loureiro, Zveibil e Dubeux (2016); Azevedo (2016) e SEEGBrasil (2017)

## 2. METODOLOGIA

O estudo da problemática do presente artigo pressupõe uma abordagem metodológica que contemple elementos de descrição, análise e projeção, levando em consideração dois elementos chaves: a Lei 12.305/2010 que instituiu a PNRS e as metas de redução de emissões de GEE alinhadas com o Acordo de Paris.

Para alcançar os objetivos propostos, adotou-se a pesquisa qualitativa como procedimento metodológico. A análise documental se fez por meio da leitura de artigos científicos, dissertações, teses, dados estatísticos, relatórios técnicos, documentos informativos, leis, regulamentos, documentários e outros documentos oficiais que tratam do tema investigado, necessários para compreender o sistema de gestão de RS em nível local, regional, nacional e internacional.

REIS, W. F.; MARQUES, G. dos S.

Dentro de um foco específico na pesquisa documental, a análise da Lei 12.305/2010 se fez de maneira a identificar os principais gargalos no que se refere à implementação da PNRS, o que faz com que boa parte dos problemas ainda persistam.

Em seguida, foi feito o estudo para identificar se esta lei encontra-se alinhada com as metas firmadas na iNDC/NDC Brasil, quanto à mitigação de emissões de GEE.

Para melhorar a compreensão da evolução de emissões de GEE, foram elaborados indicadores por meio do cálculo do Índice de Intensidade de Carbono (IIC) considerando emissões Líquidas Totais para PIB (equação 1), emissões Líquidas Totais para população (equação 2), emissões Líquidas Totais de RS para PIB (equação 3) e emissões Líquidas Totais de RS para população (equação 4).

$$IIC_{eLT.PIB} = \frac{eLT \text{ em MtCO}_2e}{PIB} \quad (1)$$

$$IIC_{eLT.POP} = \frac{eLT \text{ em MtCO}_2e}{POP} \quad (2)$$

$$IIC_{eLTRS.PIB} = \frac{eLT \text{ de RS em MtCO}_2e}{PIB} \quad (3)$$

$$IIC_{eLTRS.POP} = \frac{eLT \text{ de RS em MtCO}_2e}{POP} \quad (4)$$

Onde:

- IIC = Índice de Intensidade de Carbono
- eLT = Emissões Líquidas Totais
- MtCO<sub>2</sub>e = Mega tonelada de Carbono equivalente
- PIB = Produto Interno Bruto
- POP = População
- eLTRS = Emissões Líquidas Totais de Resíduos Sólidos

### 3. RESULTADOS E ANÁLISE

No cenário do plano governamental (CPG) da PNRS está previsto coletar 100% dos RS em todo o país em 2020, conforme Azevedo (2016). Ressalta-se que isto não é impossível, mas após sete anos da implementação da PNRS, muitos desafios têm se apresentado para empresas, municípios, estados e União, tendo em vista que no ano de 2014 expirou o prazo de uma das principais metas desta política: a disposição final ambientalmente correta dos rejeitos no país.

A PNRS estabelece como princípios a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

De acordo com PWC, SELUR e ABPL (2014), com relação à coleta seletiva de materiais recicláveis, no ano de 2012, 60% dos municípios demonstraram desenvolver algum tipo de iniciativa. Porém, elas se resumiram à disponibilização de pontos de entrega ou convênio com cooperativas que não abrangem todo o município.

Uma prática aparentemente viável, mas que não é expressamente prevista na PNRS e até o momento foi implementada em poucos municípios são os arranjos por meio de consórcios ou com base em Parceria Público-Privada (PPP). Percebe-se aí uma certa dificuldade de concatenação de ideias entre os gestores públicos para encontrar soluções em comum, que poderiam resolver a questão tanto sob o aspecto técnico quanto na otimização de custos.

Para se ter uma ideia do potencial existente para organizar consórcios com vistas à gestão de RS, direcionado principalmente a pequenos municípios, o MMA (2010) concluiu que há viabilidade da conversão do biogás proveniente dos aterros sanitários em energia elétrica, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, uma vez que se deixa de lançar na atmosfera uma quantidade significativa de CH<sub>4</sub>.

Dessa forma, o potencial energético entre os anos de 2010 e 2020 de acordo com MMA (2010), em uma amostra de 56 municípios brasileiros é de 283,27 MW em média, e ainda evitaria emissões da ordem de 121,472

REIS, W. F.; MARQUES, G. dos S.

MtCO<sub>2</sub>e no mesmo período.

O debate sobre os desafios e boas práticas para o funcionamento da PNRS inicia-se com a delimitação dos atores envolvidos no processo. Podem-se destacar os seguintes: prefeituras, agentes executores do tratamento e destinação final, consórcio, empresas de reciclagem, indústrias, governo federal e estadual, instituições financeiras e cooperativas de catadores (PWC; SELUR; ABPL, 2014).

Há outros importantes desafios a serem superados na implantação da coleta seletiva em um município, que são: a) a viabilidade econômica dos materiais que é prejudicada pelo baixo valor agregado dos RS e, b) a necessidade de investimentos em infraestrutura e logística.

As dificuldades enfrentadas na implementação da PNRS são confirmadas pelos maus resultados obtidos nas emissões Líquidas Totais (eLT) de Resíduos Sólidos, em 2015, assim como pelas projeções crescentes para os anos de 2025 e 2030. Dados estes que foram evidenciados no Gráfico 2, comparando os três cenários de emissões em MtCO<sub>2</sub>e.

Assim, as eLT que incluem todos os GEE e as eLTRS em MtCO<sub>2</sub>e, foram resumidas na Tabela 5, para efetuar o cálculo do Índice de Intensidade de Carbono (IIC) de acordo com Marques e Santos (2016), tanto em relação ao Produto Interno Bruto (PIB), quanto à População (POP).

	2005 <sup>(1)</sup>	2015 <sup>(2)</sup>	2025 <sup>(3)</sup>	2030
<b>Emissões Líquidas em (MtCO<sub>2</sub>e GWP AR5)</b>				
Emissões Líquidas Totais (MtCO <sub>2</sub> e GWP AR5) 3º Inv.	2.837,000	1.498,970	1.787,310	1.617,090
População em (milhões de habitantes)	186,058	205,157	218,769	223,495
IIC eLT (tCO <sub>2</sub> e GWP AR5/hab/ano) 3º Inv.	15,248	7,306	8,170	7,235
PIB em (milhões de R\$)	1.303.107,5	5.904.000,0	10.568.460,6	14.822.812,7
IIC eLT (tCO <sub>2</sub> e GWP AR5/mil R\$ em PIB) 3º Inv.	2,177	0,254	0,169	0,109
Emissões (eLTRS) em (MtCO <sub>2</sub> e GWP-100 AR5) iNDC Brasil 2º Inv.	54,000	84,483	61,000	63,000
IIC eLTRS (tCO <sub>2</sub> e GWP-100 AR5/hab/ano) iNDC Brasil 2º Inv.	0,290	0,412	0,279	0,282
IIC eLTRS (tCO <sub>2</sub> e GWP-100 AR5/ mil R\$ de PIB) iNDC Brasil 2º Inv.	0,041	0,014	0,006	0,004
Emissões (eLTRS) em (MtCO <sub>2</sub> e GWP AR5) NDC Brasil OC 3º Inv.	68,933	84,483	129,000	139,000
IIC eLTRS (tCO <sub>2</sub> e GWP AR5/ hab/ano) NDC Brasil OC 3º Inv.	0,370	0,412	0,590	0,622
IIC eLTRS (tCO <sub>2</sub> e GWP AR5/mil R\$ de PIB) NDC Brasil OC 3º Inv.	0,053	0,014	0,012	0,009
Emissões (eLTRS) em (MtCO <sub>2</sub> e GWP AR5) IES-Brasil 3º Inv. 2015	46,639	84,483	85,000	86,000
IIC eLTRS (tCO <sub>2</sub> e GWP AR5/ hab/ano) IES-Brasil 3º Inv. 2015	0,251	0,412	0,389	0,385
IIC eLTRS (tCO <sub>2</sub> e GWP AR5/mil R\$ em PIB) IES-Brasil 3º Inv. 2015	0,036	0,014	0,008	0,006

**Tabela 5:** – Índice de Intensidade de Carbono (IIC): POP, PIB Brasil – Anos: 2005, 2015, 2025 e 2030.

**Fonte:** População (IBGE, 2017); PIB 2005 e 2015 (Ipeadata, 2017); PIB 2025 e 2030 (projeções dos autores); Emissões de CO<sub>2</sub> e SEEGBrasil (2017) e MCTI (2016), elaborado pelos autores.

Conforme a Tabela 5 o IIC das eLT/POP de 2005 e 2015 foi de 15,247 tCO<sub>2</sub>e e 7,306 tCO<sub>2</sub>e/hab/ano, respectivamente. Se atingidas as metas para 2025 e 2030, será de 8,169 tCO<sub>2</sub>e no primeiro e 7,235 tCO<sub>2</sub>e no segundo. Em relação ao PIB, o IIC foi em 2005 e 2015, de 2,177 tCO<sub>2</sub>e por mil R\$ de PIB e de 0,254 tCO<sub>2</sub>e por mil R\$ de PIB, respectivamente; para 2025 será de 0,169 tCO<sub>2</sub>e por mil R\$ de PIB e em 2030 será de 0,109 tCO<sub>2</sub>e por mil R\$ de PIB, de acordo com o 3º inventário que é o compromisso na NDC Brasil e devidamente alinhado com o Acordo de Paris.

O cálculo de IIC foi elaborado a partir de 3 (três) cenários para eLT de RS, sendo: o primeiro - de acordo com o 2º inventário utilizado para elaboração da iNDC Brasil; o segundo - de acordo com o 3º inventário que é a base da NDC Brasil; e o último - de acordo com o 3º inventário de 2015, elaborado pelo IES-Brasil. O primeiro e o terceiro, foram apresentados com intuito meramente ilustrativo, para destacar a diferença entre os dados da iNDC Brasil, do IES-Brasil e do segundo que serviu de base para a NDC Brasil.

Assim, o IIC de RS, que demonstra a evolução da relação (eLTRS/PIB), apresentou resultados excelentes,

REIS, W. F.; MARQUES, G. dos S.

pois partiu de 0,053 tCO<sub>2</sub>e/mil R\$ de PIB, em 2005, chegando a 0,014 tCO<sub>2</sub>e/mil R\$ de PIB, em 2015, com previsão de redução de emissões de GEE para 0,012 tCO<sub>2</sub>e/mil R\$ de PIB em 2025 e 0,009 tCO<sub>2</sub>e/mil R\$ de PIB para 2030. O mesmo não pode ser dito com relação ao IIC (eLTRS/POP), de 0,370 tCO<sub>2</sub>e/hab/ano em 2005, que subiu para 0,412 tCO<sub>2</sub>e/hab/ano em 2015, com previsão de aumento para 0,590 tCO<sub>2</sub>e/hab/ano em 2025 e 0,622 tCO<sub>2</sub>e/hab/ano para 2030, o que representa um aumento da ordem de 59,46% em 2025 e 68,11% em 2030, em relação a 2005, frente a uma meta de redução de 37% e 43%, para os mesmos períodos, respectivamente.

Portanto, a gestão dos RS no Brasil necessita de um modelo de gestão baseado em projetos que inclua o pensamento sistêmico, pessoas qualificadas, processos alinhados e finanças equilibradas. Peter Drucker diz que o que pode ser medido, pode ser melhorado, e para tanto deve-se criar indicadores, que possibilite verificar e comparar a evolução dos resultados ao longo do tempo.

#### 4. CONCLUSÃO

A implementação de políticas voltadas para o enfrentamento das mudanças climáticas é fundamental para que o Brasil se adeque à nova realidade mundial, e isso exige pensar de maneira integrada e implementar estratégias para reforçar o desenvolvimento sustentável, considerando os aspectos e impactos ambientais de forma a reduzir os danos ambientais causados pelos seres humanos.

Assim, para que o Brasil avance em suas políticas públicas para o Clima, é necessário que a PNRS, alinhe-se com as metas estabelecidas na NDC brasileira. Para tanto, é necessário mudanças culturais, econômicas, sociais e político-institucionais, no que se refere à forma como o tema RS é tratado e gerido pelos gestores públicos, nos três níveis de gestão pública: municípios, estados e União.

Diante do exposto, conclui-se que a PNRS precisa avançar rapidamente nos municípios, na forma da legislação vigente, com apoio dos estados e da União.

Quanto ao gerenciamento dos RS, de forma que estes possam contribuir para a redução de emissões de GEE, conclui-se que é fundamental a criação de indicadores como IIC em tCO<sub>2</sub>e, inicialmente, relacionando eLT de RS com PIB e População, e em seguida por fontes de geração de RS. Os IIC de eLT de RS/PIB, quando projetados para 2025 e 2030, apresentam resultados alinhados com os compromissos firmados na NDC brasileira, enquanto que, os resultados verificados por meio do IIC de eLT/POP, demonstra uma situação bastante desconfortável em relação às metas estabelecidas na NDC brasileira, junto ao Acordo de Paris, uma vez que apresenta um aumento de 59,46% em 2025 e 68,11% em 2030, em relação a 2005, anti à meta de redução de 37% e 43%.

A implementação integral da PNRS não só contribui como uma oportunidade de elevar o patamar das cidades brasileiras no contexto da gestão dos RS, como também permite que as metas da NDC brasileira sejam atingidas, uma vez que funciona como um importante mecanismo de redução de emissões de GEE.

REIS, W. F.; MARQUES, G. dos S.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, G. **Temer promulga compromisso do Brasil no acordo de Paris**, 2017. Disponível em <[g1.globo.com/politica/noticia/temer-promulga-acordo-de-paris-e-amplia-parque-da-chapada-dos-veadeiros.ghtml](http://g1.globo.com/politica/noticia/temer-promulga-acordo-de-paris-e-amplia-parque-da-chapada-dos-veadeiros.ghtml)>. Acesso em 09/06/17.

AZEVEDO, T. R. DE. **Análise das emissões de GEE Brasil (1970-2014) e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o acordo de Paris**, 2017. Disponível em <<http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2016/09/WIP-16-09-02-RelatoriosSEEG-Sintese.pdf>>. Acesso em 09/05/17.

BAUDRILLARD, J. **A sociedade de consumo**. Lisboa: Edições 70, 2000.

BRASIL. **Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **III Inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa não controlados pelo protocolo de Montreal**. Brasília, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Estudo sobre o potencial de geração de energia a partir de resíduos de saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável**, 2017. Disponível em <[http://www.mma.gov.br/estruturas/164/\\_publicacao/164\\_publicacao10012011033201.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033201.pdf)>. Acesso em 18/06/17.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**, 2017. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em 02/05/17.

CEBDS. **Quais são as metas do Brasil para o acordo de Paris?** 2017. Disponível em <[cebds.org/blog/entenda-o-que-e-ndc-brasileira/#.WTqS2jsrLcd](http://cebds.org/blog/entenda-o-que-e-ndc-brasileira/#.WTqS2jsrLcd)>. Acesso em 09/06/17.

IBGE. **Produto interno bruto**, 2017. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/pesquisa/pesquisa\\_google.shtm?cx=009791019813784313549%3Aonz63jzsr68&cof=FORID%3A9&ie=ISO-8859-1&q=pib&sa=Pesquisar&siteurl=www.ibge.gov.br%2Fhome%2F&ref=www.ibge.gov.br%2F&ss=498j139844j3](http://www.ibge.gov.br/home/pesquisa/pesquisa_google.shtm?cx=009791019813784313549%3Aonz63jzsr68&cof=FORID%3A9&ie=ISO-8859-1&q=pib&sa=Pesquisar&siteurl=www.ibge.gov.br%2Fhome%2F&ref=www.ibge.gov.br%2F&ss=498j139844j3)>. Acesso em 07/07/17.

INED. Institut National D'Études Démographiques. **La population mondiale**, 2017. Disponível em <<http://www.ined.fr>>. Acesso em 23/05/17.

IPEADATA. **Indicadores Ipea**, 2017. Disponível em <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em 07/07/17.

LOUREIRO, S. M.; ZVEIBIL, V.; DUBEUX, C. B. S. Cenários do setor de resíduos. In: La Rovere, E. L. et al. **Implicações econômicas e sociais de cenários de mitigação de gases de efeito estufa no Brasil até 2030**: Projeto IES-Brasil, Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – FBMC. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

MARQUES, G. S. **Alternativas de financiamento de projetos de biogás e geração de energia elétrica em aterros sanitários: estudo de caso**. Dissertação de mestrado. Universidade Católica de Brasília. Brasília, 2006.

REIS, W. F.; MARQUES, G. dos S.

MARQUES, G. S.; SANTOS, M. L. M. **Emissões de CO<sup>2</sup> e o setor de transporte rodoviário: análise comparativa do índice de intensidade de carbono do Distrito Federal e Amazonas.** Manaus: UFAM/ANPPAS/IVSICASA, 2016.

PNSB. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** 2008. Disponível em <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>>. Acesso em 05/05/17.

PWC; SELUR; ABLP. **Três anos após a regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS): seus gargalos e superações,** 2017. Disponível em <<http://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria-negocios/estudo-selur-14.pdf>>. Acesso em 07/05/17.

REIS, W. F. **Análise do modelo de gestão de resíduos sólidos do município de Formosa-GO e a atuação dos atores envolvidos.** Dissertação de mestrado. Universidade Católica de Brasília. Brasília, 2006.

SEEGBRASIL. **Emissão CO<sub>2</sub>e (t) GWP-AR5 (1970 a 2015): Brasil, 2017.** Disponível em <[http://plataforma.seeg.eco.br/total\\_emission](http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission)>. Acesso em 19/06/17.