

Nota Técnica 2: Emissões do setor Resíduos no formato IPCC e TRU68

Resumo

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) divulga periodicamente as emissões de gases de efeito estufa geradas pelo setor de Resíduos no Brasil. Este setor é categorizado em 4 subsetores que são subdivididos em 18 atividades. O MCTI segue a metodologia proposta pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), classificando esses subsetores e atividades conforme os critérios do IPCC para mensuração de emissões. No entanto, para integrar esses dados às demais informações econômicas do Brasil, é necessário adaptá-los ao padrão utilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Portanto, nosso objetivo é estabelecer um dicionário correlacionando as atividades definidas pelo IPCC e as atividades registradas pelo IBGE. Essa correlação será crucial para alinhar os dados de emissões (MCTI/IPCC) aos indicadores econômicos (IBGE) em modelos Computáveis de Equilíbrio Geral (CGE).

Se você não quiser ler toda essa nota técnica, consulte apenas as tabelas 1 e 8 que contém respectivamente: 1) o dicionário para fazer as conversões e 2) as emissões já no formato TRU68.

1) Dicionário IPCC para TRU68

Para o setor Resíduos, o MCTI estima as emissões antrópicas de três gases: CO₂, CH₄ e N₂O. Ele utiliza a metodologia de 2006 do Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e dados oficiais publicados por diversos órgãos¹ entre os anos 1990 e 2016.

O MCTI divide a emissão do setor Resíduo em 5 subsetores (disposição de resíduos sólidos, tratamento biológico de resíduos sólidos, incineração e queima de resíduos a céu aberto, tratamento e despejo de água residuária) e 18 atividades (ou sub-subsetores).

Devido à forma como as emissões dessas atividades são estimadas, podemos agrupá-las em 9 atividades da matriz TRU68. Por exemplo, as emissões da atividade “*5.C.1: incineração de resíduos*” só considera a incineração de resíduos dos serviços de saúde; portanto, ela pode ser atribuída apenas à atividade Saúde na tabela TRU68. A tabela a seguir mostra a correspondência entre atividades IPCC e atividades TRU68:

¹ Exemplos: IBGE, Pesquisa Nacional do Saneamento Básico – PNSB e Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS.

Tabela 1 - Dicionário IPCC para TRU68 (setor Resíduos)

Setor (MCTI)	Subsetor atividade ou	Atividade (IPCC)	Atividade (TRU68)	CH 4	N2O	CO2
Resíduos	Disposição de Resíduos Sólidos (5.A)	Disposição de resíduos em locais manejados (5.A.1)	Household	sim	não	não
		Disposição de resíduos em locais não manejados(5.A.2)	Household	não	não	não
		Disposição de resíduos em locais não categorizados (5.A.3)	Household	sim	não	não
	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos (5.B)	Compostagem (5.B.1)	Household	sim	sim	não
		Digestão anaeróbia de resíduos sólidos (5.B.2)	Household	sim	não	não
	Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto (5.C)	Incineração de resíduos (5.C.1)	Saúde pública (8691) + Saúde privada (8692)	não	sim	sim
		Queima de resíduos a céu aberto (5.C.2)	Household	sim	sim	sim
	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias (domésticas)(5.D.1)	Tratamento e despejo de águas residuárias domésticas (5.D.1)	Household	sim	sim	não
	Tratamento e despejo de águas residuárias (industriais)(5.D.2)	Açúcar	Fabricação e refino de açúcar (1092)	sim	não	não
		Álcool	Fabricação de biocombustíveis (1992)	sim	não	não
		Leite cru	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária (0192)	sim	não	não
		Leite pasteurizado	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca (1091)	sim	não	
		Celulose	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel (1700)	sim	não	não
		Cerveja	Fabricação de bebidas (1100)	sim	não	não
		Abate de aves	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca (1091)	sim	não	não
		Abate de bovinos	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca (1091)	sim	não	não
		Abate de suínos	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca (1091)	sim	não	não

Um detalhamento mais aprofundados sobre essas atividades IPCC ajudam a explicar a disposição desse dicionário.

Destino final de resíduos sólidos (5.A): Esse subsetor IPCC, da forma como foi tratado pelo MCTI, considera basicamente os resíduos sólidos municipais (MSW) depositados em: vazadouros, aterros controlados, aterros sanitários ou locais não categorizados. Para estimar MSW, são usadas duas variáveis principais: o tamanho da população dos municípios e dados sobre coleta de MSW (nem todos os municípios possuem essa informação, que é estimada com base na informação divulgada pelos outros municípios). Também foi considerado que não existe incineração de MSW no Brasil e que lodo de esgoto, quando tratado, é resíduo sólido. Dadas essas particularidades no cálculo das emissões para o setor 5.A, consideramos que toda emissão desse setor IPCC pode ser atribuída à atividade de Household da tabela TRU68.

Compostagem (5.B.1): O cálculo das emissões para essa atividade dependem principalmente dos dados: massa orgânica presente na massa de MSW coletada, que por sua vez depende do tamanho da população e de um estimativa do lixo diário gerado por uma pessoa. Portanto, as emissões dessa atividade também podem ser atribuídas à atividade de Household da tabela TRU68.

Digestão anaeróbia de resíduos sólidos (5.B.2): Não foi estimado por falta de dados consistentes.

Incineração de resíduos (5.C.1): deveria considerar 5 fontes diferentes: (resíduos sólidos municipais, MSW; resíduos sólidos industriais, ISW; lodos de águas residuárias, sludge; resíduos de serviços de saúde, CW; resíduos perigosos, HW). Porém, por falta de dados, considerou-se apenas a fonte (CW). Em outras palavras, podemos admitir que as emissões de 5.C.1 são todas atribuídas ao setor de saúde da TRU68.

Queima de resíduos a céu aberto (5.C.2): As emissões dessa atividade dependem basicamente da composição do MSW que é queimado a céu aberto, que é definida assim: “Dentro do escopo deste Inventário, foi considerada como massa de MSW queimada a céu aberto (MSWB) a fração de MSW gerado pela população que não é coletado pela municipalidade e que não é enterrado.”. Portanto, como essa estimacão depende basicamente do lixo doméstico (MSW) e a proporção de população atendida, consideramos que ela só pode ser atribuída às famílias.

Tratamento e despejo de águas residuárias (industriais) 5.D.2: As emissões dessa atividade consideram apenas setores industriais com alta contribuição de carga orgânica potencialmente geradora de GEE. Portanto, 5.D.2 é constituída por apenas 9 sub-atividades industriais (açúcar, álcool, leite cru, leite pasteurizado, celulose, cerveja, abate de aves, abate de bovinos, abate de suínos). O principal dado é a produção anual de cada indústria, e é a partir dele que se estima o material orgânico degradável em águas residuárias industriais. Vale ressaltar que, nesse caso, são consideradas apenas emissões de CH₄

2) Implementação do Dicionário

Existem algumas dificuldades em implementar o dicionário proposto (Tabela 1). Por exemplo, nem todos os dados setoriais divulgados pelo MCTI estão desagregados a nível de atividade; é o caso do subsetor 5.C, por exemplo. Porém, veremos que a solução para a maioria desses problemas é feita utilizando os dados que o MCTI divulga em seu Relatório de Referências (RR), ou mesmo usando os dados do IBGE sobre atividade econômica.

2.1) Emissões do subsetor 5.C (5.C.1 + 5.C.2) (N₂O)

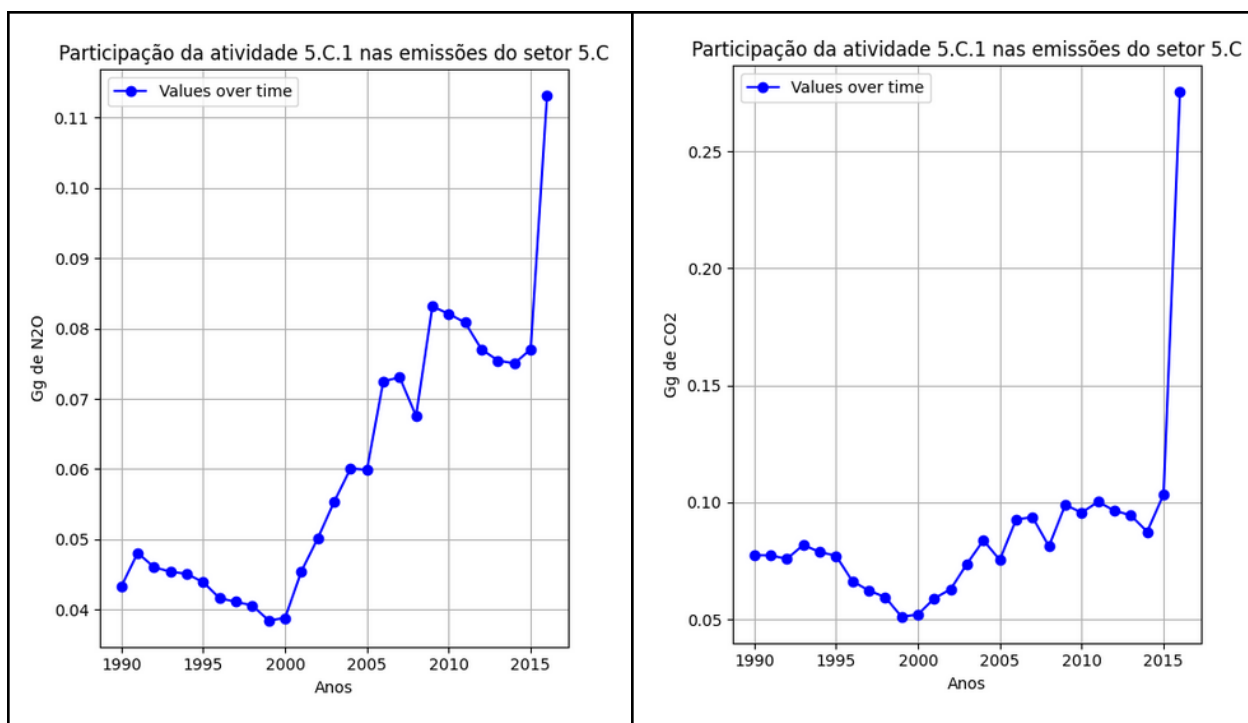
A sexta edição das estimativas de emissões de Gases de efeito estufa no Brasil (MCTI, 2022), a partir de agora referenciados como dados oficiais do MCTI, apresenta as emissões do subsetor 5.C de forma agregada. Porém, é preciso desagregá-las em atividades 5.C.1 e 5.C.2, isso porque, de acordo com nosso dicionário, as emissões da primeira atividade são atribuídas à atividade saúde (5.C.1 = saúde) e as da segunda são atribuídas à atividade household (5.C.2 = household).

A forma mais simples de resolver esse problema é recorrendo aos dados do RR. Nele o MCTI apresenta os dados do subsetor 5.C na forma desagregada, que são a Tabela 45 para a atividade 5.C.1 e a Tabela 46 para a atividade 5.C.2. Porém, o problema de utilizar essas duas tabelas é que elas consideram um intervalo de tempo menor (1990 a 2016).

O gráfico a seguir nos mostra que a atividade 5.C.1 historicamente contribui pouco com as emissões desse subsetor (aproximadamente 8% das emissões de N₂O e 10% das emissões de CO₂). Outra informação relevante é que essa participação é relativamente estável ao longo do tempo, com exceção do ano de 2016².

Gráfico 1 - Participação das atividades 5.C.1 e 5.C.2 nas emissões do setor 5.C

² Em 2016 não houve aumento expressivo da atividade 5.C.1, mas sim queda substancial da atividade 5.C.2.



Portanto, para os anos 2017 a 2020, consideramos que a atividade 5.C.1 representou 8% das emissões de N2O e 10% das emissões de CO2 do subsetor 5.C.

Tabela 2 : Emissões do subsetor 5.C em Gg de CO2 e N2O

	5.C.1		5.C.2	
ano	Gg de CO2	Gg de N2O	Gg de N2O	Gg de CO2
1990	38.313023	0.012525	0.289075	494.968248
1991	39.017383	0.012738	0.264857	504.524778
1992	39.800129	0.012932	0.280822	525.001705
1993	40.501760	0.013144	0.289394	495.221519
1994	41.180579	0.013349	0.295984	522.753471
1995	41.879172	0.013543	0.308276	542.630127
1996	42.375565	0.013707	0.329031	638.931569
1997	42.990163	0.013944	0.339005	689.842156
1998	43.690001	0.014136	0.348009	734.131986
1999	44.114638	0.014352	0.372991	862.586214

2000	45.808867	0.014901	0.383631	879.770298
2001	51.292036	0.016655	0.366200	870.064914
2002	56.909099	0.018505	0.368807	905.144722
2003	63.090183	0.020527	0.370788	855.566865
2004	70.517301	0.022941	0.381720	841.806533
2005	77.697348	0.025254	0.421637	1030.564823
2006	84.926726	0.027674	0.381816	916.088289
2007	90.297802	0.029311	0.401217	963.976537
2008	100.010754	0.032495	0.481037	1231.832455
2009	101.282923	0.032818	0.394776	1023.927359
2010	100.699350	0.032708	0.398533	1053.293196
2011	101.504001	0.032988	0.408117	1012.939923
2012	102.418319	0.033247	0.431657	1061.689903
2013	106.123448	0.034459	0.456759	1123.648274
2014	107.003298	0.034735	0.462970	1223.537707
2015	107.600213	0.035032	0.454860	1041.302062
2016	108.726696	0.035288	0.312086	394.933736
2017	65.483820	0.031000	0.356500	589.354380
2018	51.466290	0.029112	0.334788	463.196610
2019	37.448760	0.027224	0.313076	337.038840
2020	23.431230	0.025336	0.291364	210.881070

2.2) Emissões subsetor 5.C.1 (Saúde pública (8691) + Saúde privada (8692)) (N2O)

O MCTI indiretamente divulga as emissões para o setor saúde (como já foi explicado). Porém, esse dado precisa ser dividido entre Saúde pública e Privada para se ajustar à classificação TRU68.

O que fazemos é dividir a emissão do setor saúde (IPCC) entre saúde pública e saúde privada (TRU68) usando o valor produzido por cada setor como ponderador, de acordo com a tabela TRU68 de cada ano. Segue um exemplo de como isso pode ser feito:

Tabela 3 - Memorial de cálculo para Emissões (Gg de CH4) por atividade (TRU68)

Atividade (IPCC)	Emissões de N2O (Gg) (a)	Atividades (TRU67)	Produto Total (BRL)	Coeficiente de distribuição (%) (a)	Emissões (Gg de CH4) por atividade (TRU68) (a*b)
Incineração de resíduos (5.C.1)	0.04	Saude pública	186242	0.43	0.0172
		Saude Privada	247221	0.57	0.0228

Essa estratégia só tem um problema, os dados oficiais do MCTI sobre emissões estão disponíveis entre os anos 1990-2020 e os dados sobre produção do IBGE estão disponíveis entre 2000-2020. Portanto, para separar a saúde pública da privada entre os anos 1990 e 2000 utilizamos o coeficiente (0.36). Essa é uma aproximação da participação da saúde pública na saúde total para esses anos.

Tabela 4 : Emissões do subsetor 5.C (em Gg de CO2 e N2O) para saúde pública e privada.

5.C.1							
ano	Gg de CO2	Gg de N2O	coef	Gg de CO2 saude_pub	Gg de CO2 saude_pri	Gg de N2O saude_pub	Gg de N2O saude_pri
1990	38.313	0.013	0.360	13.793	24.520	0.005	0.008
1991	39.017	0.013	0.360	14.046	24.971	0.005	0.008
1992	39.800	0.013	0.360	14.328	25.472	0.005	0.008
1993	40.502	0.013	0.360	14.581	25.921	0.005	0.008
1994	41.181	0.013	0.360	14.825	26.356	0.005	0.009
1995	41.879	0.014	0.360	15.077	26.803	0.005	0.009
1996	42.376	0.014	0.360	15.255	27.120	0.005	0.009
1997	42.990	0.014	0.360	15.476	27.514	0.005	0.009
1998	43.690	0.014	0.360	15.728	27.962	0.005	0.009
1999	44.115	0.014	0.360	15.881	28.233	0.005	0.009
2000	45.809	0.015	0.369	16.882	28.927	0.005	0.009
2001	51.292	0.017	0.362	18.557	32.735	0.006	0.011
2002	56.909	0.019	0.379	21.557	35.352	0.007	0.011
2003	63.090	0.021	0.392	24.736	38.355	0.008	0.012

2004	70.517	0.023	0.407	28.734	41.784	0.009	0.014
2005	77.697	0.025	0.411	31.918	45.779	0.010	0.015
2006	84.927	0.028	0.411	34.877	50.050	0.011	0.016
2007	90.298	0.029	0.426	38.478	51.820	0.012	0.017
2008	100.011	0.032	0.442	44.160	55.851	0.014	0.018
2009	101.283	0.033	0.452	45.812	55.471	0.015	0.018
2010	100.699	0.033	0.462	46.533	54.167	0.015	0.018
2011	101.504	0.033	0.465	47.228	54.276	0.015	0.018
2012	102.418	0.033	0.446	45.679	56.740	0.015	0.018
2013	106.123	0.034	0.455	48.332	57.792	0.016	0.019
2014	107.003	0.035	0.444	47.526	59.477	0.015	0.019
2015	107.600	0.035	0.438	47.122	60.478	0.015	0.020
2016	108.727	0.035	0.430	46.716	62.011	0.015	0.020
2017	65.484	0.031	0.415	27.152	38.331	0.013	0.018
2018	51.466	0.029	0.393	20.246	31.221	0.011	0.018
2019	37.449	0.027	0.394	14.736	22.712	0.011	0.017
2020	23.431	0.025	0.429	10.049	13.382	0.011	0.014

2.3) Emissões Atividade 5.D.2 (CH4)

Os dados oficiais do MCTI (2022) não mostram as emissões da atividade (5.D.2) de forma desagregada (ou seja, na forma de sub-atividades). Porém, essa informação está disponível na tabela 32 do Relatório de Referências divulgado pelo MCTI (2020), porém com dados apenas entre 1990 e 2016.

Existem três fontes de informações sobre as emissões da atividade 5.D.2, todas elas produzidas pelo MCTI. Porém, existem algumas diferenças entre elas que irão nos ajudar a implementar nosso dicionário. A tabela seguinte resume essas diferenças:

Tabela 5 : Fontes de informação sobre emissões da atividade 5.D.2

Fonte	Granularidade	intervalo
Estimativas Anuais 6° ed	País e Atividade	1990-2020

Relatório De Referências (tabelas 32, p. 83)	País, Atividade e sub-atividade	1990-2016
Relatório De Referências (tabelas 43, p. 134)	Estados	1990-2016

Em resumo, a única fonte de informação sobre a atividade 5.D.2 que está separada a nível de sub-atividade é a Tabela 32 do RR. O problema é que essa informação está disponível apenas entre os anos 1990 e 2016. Portanto, o que faremos é Usar essa tabela 32 para criar coeficientes de distribuição e aplicá-los para os dados oficiais (Estimativas Anuais 6° ed). Para os anos de 2017 a 2020, usamos os coeficientes de 2016. A tabela seguinte mostra como isso foi feito:

Tabela 6 : Memorial de cálculo para emissões da atividade 5.D.2

Dados da Tabela 32 do Relatório de Referências para atividade 5.D.2 e ano 2016			Dados Site MCTI para atividade 5.D.2 e ano 2017			
Sub-atividade (IPCC)	Emissão (Gg de CH4)	Coeficiente de distribuição (%) (a)	Atividade (IPCC)	Emissões (Gg) (b)	Atividades (TRU67)	Emissões (Gg de CH4) por atividade (TRU68) (a*b)
Açúcar	0.0	0.0000	5.D.2	204.6	1092	0.0000
Álcool	0.0	0.0000			1992	0.0000
Leite cru	83.7	0.3995			0192	81.7377
Leite pasteurizado	3.2	0.0153			1091	3.1304
Celulose	27.4	0.1308			1700	26.7617
Cerveja	0.8	0.0038			1100	0.7775
Abate de aves	9.6	0.0458			1091	9.3707
Abate de bovinos	57.5	0.2745			1091	56.1627
Abate de suínos	27.3	0.13			1091	26.6594

2.4) Emissões Household (5.A + 5.B + 5.C.2 + 5.D.1)

De acordo com nosso dicionário, as emissões das famílias são aquelas referentes às emissões dos subsetores 5.A e 5.B, além das emissões das atividades 5.C.2 e 5.D.1. A tabela seguinte já mostra esses dados em eCO2.

Tabela 7 : Emissões do Household em Gg de eCO2

ano	Gg_CO2e_GW P_SAR_5.A	Gg_CO2e_ GWP_SAR _5.B	Gg_CO2e_GW P_SAR_5.D.1	Gg_CO2_5.C .2_estimated	Gg_CO2e_ GWP_SAR_ 5.C.2_estim ated	Gg_CO2e_G WP_SAR_tot al
1990	10977.966870	18.933338	12888.464003	494.968248	89.613274	24469.945732
1991	12230.588496	20.997650	13176.559438	504.524778	82.105539	26014.775901
1992	13325.704369	23.504017	12857.833502	525.001705	87.054788	26819.098382
1993	14547.466077	25.417312	13767.976114	495.221519	89.712176	28925.793199
1994	15800.797039	28.599928	14035.002520	522.753471	91.754897	30478.907855
1995	17176.904042	29.558484	14299.455843	542.630127	95.565589	32144.114086
1996	18408.138242	29.346645	14568.271520	638.931569	101.999670	33746.687646
1997	19311.144872	30.709728	14792.551192	689.842156	105.091513	34929.339461
1998	20329.315745	33.942268	15021.875632	734.131986	107.882780	36227.148410
1999	21698.975401	33.596483	15312.914916	862.586214	115.627230	38023.700245
2000	22819.555453	35.652547	16259.979135	879.770298	118.925614	40113.883046
2001	24359.501487	36.900682	17095.538316	870.064914	113.521990	42475.527389
2002	25509.986043	39.090145	17550.480966	905.144722	114.330289	44119.032165
2003	26762.765393	40.337727	17969.650159	855.566865	114.944138	45743.264281
2004	26831.157263	43.082419	18457.951513	841.806533	118.333293	46292.331021
2005	27878.831311	46.609201	18885.131325	1030.564823	130.707497	47971.844156
2006	29298.266419	43.552607	19361.993646	916.088289	118.363067	49738.264028
2007	29262.029142	47.720339	19341.090164	963.976537	124.377159	49739.193341
2008	29121.649512	54.253449	19948.859943	1231.832455	149.121481	50505.716840
2009	30675.784578	45.423975	20271.741885	1023.927359	122.380608	52139.258404
2010	31229.756269	42.613588	20448.284141	1053.293196	123.545311	52897.492506
2011	31293.525779	45.386414	20683.104992	1012.939923	126.516195	53161.473303
2012	31434.449169	49.811568	20648.272737	1061.689903	133.813822	53328.037199
2013	33756.267314	48.845241	20998.337968	1123.648274	141.595191	56068.693988
2014	34280.651473	53.086597	21303.582292	1223.537707	143.520841	57004.378911
2015	35385.728611	58.540364	21196.858060	1041.302062	141.006458	57823.435555

2016	36339.604263	56.236033	21396.583555	394.933736	96.746711	58284.104298
2017	37255.994543	60.067181	21525.854672	589.354380	110.515000	59541.785776
2018	39393.668039	62.321530	21663.751894	463.196610	103.784280	61686.722353
2019	40180.767011	64.575878	21798.222989	337.038840	97.053560	62477.658278
2020	42392.240682	66.830227	21928.776653	210.881070	90.322840	64689.051473

Perceba que nessa tabela falta a emissão de NH4 pela atividade 5.C.2. Essa informação não foi divulgada nem nas estimativas anuais, nem nos RR. Porém, como essa é a única variável que está faltando, podemos estimá-la por resíduo. Se todas nossas contas estiverem corretas, então as emissões totais que calculamos (por atividade TRU68) menos o total das emissões divulgadas, ambas em Gg de CO2 equivalente, deve ser exatamente igual ao volume de CH4 emitido pela atividade 5.C.2, a qual deve ser atribuída à atividade household.

2.5) Emissões totais no formato (TRU68)

Agora basta agregar as tabelas anteriores no formato TRU68. Essa tabela já leva em consideração os valores de CH4 estimado por resíduo.

Na tabela não estão consideradas as atividades Fabricação e refino de açúcar (1092) e Fabricação de biocombustíveis (1992), isso porque entre o período analisado não houve emissão.

Tabela 8 : Emissões totais do setor Resíduo (IPCC), em Gg de CO2e_GWP_SAR, divididas em atividades TRU68

ano	household	Saúde pública (8691)	Saúde privada (8692)	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca (1091)	Fabricação de bebidas (1100)	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel (1700)	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária (0192)	total
1990	24870.456	15.190	27.005	443.053	81.848	186.879	569.090	26193.521
1991	26395.426	15.468	27.498	453.463	90.315	203.714	602.502	27788.386
1992	27226.704	15.771	28.038	464.402	98.730	222.714	640.890	28697.249
1993	29351.809	16.048	28.529	456.059	107.148	224.739	642.746	30827.078
1994	30919.241	16.315	29.004	446.751	117.389	236.971	660.624	32426.295
1995	32598.907	16.588	29.490	442.988	230.928	237.217	701.331	34257.449

1996	34225.964	16.785	29.840	412.815	241.176	243.212	798.833	35968.626
1997	35423.451	17.033	30.280	367.212	256.002	245.539	818.633	37158.150
1998	36735.811	17.306	30.766	336.094	281.412	254.157	831.802	38487.348
1999	38548.623	17.483	31.081	383.928	293.687	270.720	860.084	40405.606
2000	40645.581	18.585	31.844	379.879	323.217	274.838	904.518	42578.460
2001	42984.027	20.426	36.030	528.350	341.997	268.458	950.153	45129.441
2002	44628.610	23.730	38.916	627.472	109.099	285.288	1017.577	46730.691
2003	46271.251	27.230	42.223	728.126	136.482	316.888	1059.581	48581.782
2004	46827.668	31.632	45.998	966.573	184.832	331.965	1134.650	49523.318
2005	48561.959	35.134	50.392	1038.008	235.256	348.642	1205.684	51475.075
2006	50269.346	38.400	55.105	1109.236	203.659	369.647	1260.509	53305.904
2007	50300.446	42.350	57.035	1202.602	170.130	390.407	1313.664	53476.634
2008	51175.484	48.608	61.476	1276.651	123.940	405.215	1404.766	54496.141
2009	52683.378	50.414	61.043	1299.123	71.315	415.404	1500.581	56081.258
2010	53450.118	51.218	59.621	1411.814	14.548	434.351	1602.665	57024.335
2011	53726.131	51.986	59.744	1539.784	14.626	426.357	1676.175	57494.803
2012	53934.925	50.275	62.450	1725.383	16.968	428.453	1685.661	57904.115
2013	56712.188	53.197	63.609	2462.998	14.666	464.119	1789.293	61560.070
2014	57643.654	52.309	65.462	1787.000	16.991	503.940	1837.145	61906.502
2015	58502.519	51.878	66.582	1826.409	16.725	533.121	1805.084	62802.319
2016	58774.703	51.416	68.250	2048.965	16.712	575.241	1756.947	63292.233
2017	60053.384	31.137	43.957	2001.547	16.325	561.928	1716.287	64424.566
2018	62219.321	23.796	36.695	2041.371	16.650	573.109	1750.435	66661.377
2019	63031.257	18.057	27.831	2045.095	16.680	574.154	1753.629	67466.703
2020	65263.650	13.417	17.868	2019.635	16.473	567.006	1731.797	69629.846

3) Emissões diretas e indiretas

O passo seguinte é utilizar esses dados de emissões em um modelo de equilíbrio geral computável (CGE). Possivelmente a forma de introduzir essa informação no modelo será através da função de produção $y_i = f_i(x_j(e_{d,j}), e_{d,i})$, onde (y_i) representa a produção do setor (i), (x_j) é o insumo demandado do setor (j) e $(e_{d,i})$ é a emissão direta do setor (i) (aquela gerada pela atividade física/química desse setor) e $(e_{d,j})$ é a emissão direta do setor (j), mas indireta do setor (i).

Nesse caso, a questão é: as emissões ditas do setor Resíduo devem ser atribuídas integralmente ao setor Resíduo IBGE (3680 - Água, esgoto e gestão de resíduos), ou elas devem ser atribuídas à cada setor descrito na tabela 8 (celulose, cerveja,)?

A meu ver, essa emissão direta deve ser atribuída integralmente ao setor (3680) e, posteriormente, redistribuída entre as 8 atividades TRU68 como emissões indiretas. O motivo é o seguinte: quando uma pessoa queimar seu lixo, ela não o faz por vontade própria, mas sim por deficiência do sistema de coleta de lixo. Ou seja, mesmo que praticada pela atividade household, essa emissão primária deve ser atribuída ao setor resíduo. Da mesma forma, se a atividade de resíduo passa a utilizar técnicas mais eficientes de tratamento do lixo, essa redução de emissão deve ser atribuída a esse setor, e não ao setor household.

O problema dessa solução é que, quando utilizarmos esses dados no modelo CGE, teremos que tomar o cuidado de manualmente computar as emissões primárias e secundárias do setor resíduo. Se usarmos a função inversa de Leontief para fazer essa distribuição estaremos incorrendo em erros pelo seguinte fato: o MCTI não estimou as emissões para todos os setores, mas apenas para aqueles mais poluidores. Por exemplo, o setor agropecuário consome produto do setor resíduo, então, pela Leontief, parte das emissões diretas do setor resíduo deveriam ser atribuídas ao setor agropecuário como emissões secundárias, porém, como dito, o MCTI estimou emissões apenas para os setores mais poluentes. Por isso teríamos que atribuir manualmente toda emissão primária ao setor resíduo (3680) e usar a tabela 8 para atribuir as emissões secundárias.

Uma solução para esse problema é simples, considerar que as emissões primárias são geradas pelas 8 atividades TRU68 (Tabela 8). Assim poderemos utilizar a matriz de Leontief para estimar as emissões secundárias sem problemas. Temos apenas que tomar o cuidado de zerar as emissões primárias do setor Resíduo.

As tabelas seguintes mostram essas duas perspectivas:

Tabela 9 - Primeira solução (não permite usar a Leontief)

Tipo de Emissão	Atividades (TRU68)	Emissões (Gg de eCo2 / 1990)
	household	24870.456
	Saúde pública (8691)	15.19
	Saúde privada (8692)	27.005

emissão secundária

	Abate e produtos de carne... (1091)	443.053
	Fabricação de bebidas (1100)	81.848
	Fabricação de celulose... (1700)	186.879
	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária (0192)	569.09
Emissão Primária	Água, esgoto e gestão de resíduos (3680)	26193.521

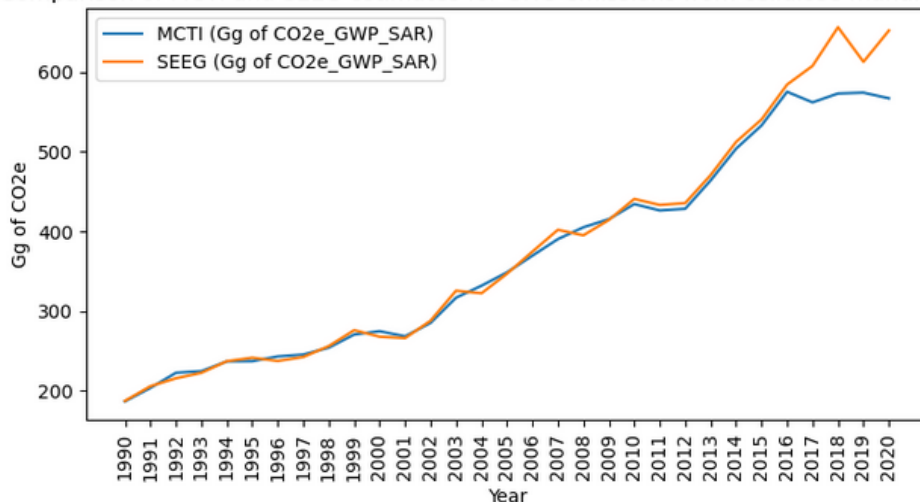
Tabela 10 - Segunda solução (permite usar a Leontief)

Tipo de Emissão	Atividades (TRU68)	Emissões (Gg de eCo2 / 1990)
	household	24870.456
	Saúde pública (8691)	15.19
	Saúde privada (8692)	27.005
	Abate e produtos de carne... (1091)	443.053
	Fabricação de bebidas (1100)	81.848
	Fabricação de celulose... (1700)	186.879
emissão primária	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária (0192)	569.09
Emissão Primária	Água, esgoto e gestão de resíduos (3680)	0

4) Comparação

Para saber se nosso dicionário e nossos dados estão corretos, podemos compará-los com outros dados de emissões para a economia brasileira, mas que não foram necessariamente criados pelo mCTI, nesse caso podemos usar os dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), cuja estrutura é bastante similar à estrutura do IBGE, a única diferença é que o setor saúde está agrupado (publico + privado). Os gráficos seguintes mostram o comparativo entre os dados MCTI (formato TRU68) e SEEL.

Comparison of MCTI and SEEG estimates for GHG emissions from cellulose manufacturing



Perceba que os dados estimados por nós tem comportamento bastante similar aos dados do SEEL, o que confere um grau a mais de confiabilidade nos resultados. A diferença são os anos finais. Os dados MCTI vão até 2016, e o restante dos dados, até 2021, são projeções. Os dados SEEG são calculados até 2021 (houve maior emissão para o setor resíduo do que era esperado).

5) Conclusão

Os destaques deste estudo são o dicionário ilustrado na Tabela 1 e os conjuntos de dados na Tabela 8. A validação com os dados do SEEL reforça sua confiabilidade. Recomenda-se atribuir todas as emissões primárias às 8 atividades TRU68 associadas ao setor resíduo, conforme a estrutura do IPCC. Se essas informações forem empregadas em calibrações, aconselha-se focar no período de 1990 a 2016.

6) Anexos

Tabela 11 - Emissões da atividade 5.D.2 divididas em sub-atividades para o intervalo 1990 e 2020 (Gg de NH4)

year	Abate de aves	Abate de bovinos	Abate de suínos	Açúcar	Celulose	Cerveja	Leite cru	Leite pasteurizado	Álcool	total
1990	1.0003	9.8993	2.5983	0.0	8.8990	3.8975	27.0995	7.5998	0.0	60.9937
1991	1.0993	10.3950	2.8993	0.0	9.7007	4.3007	28.6906	7.2000	0.0	64.2856
1992	1.2025	11.1082	3.2000	0.0	10.6054	4.7014	30.5186	6.6037	0.0	67.9398
1993	1.4033	11.5057	3.3039	0.0	10.7019	5.1023	30.6069	5.5042	0.0	68.1282
1994	1.4967	10.5882	3.1953	0.0	11.2843	5.5900	31.4583	5.9937	0.0	69.6065
1995	1.5973	9.5990	3.2022	0.0	11.2961	10.9966	33.3967	6.6962	0.0	76.7841
1996	1.6960	8.6821	3.0932	0.0	11.5815	11.4846	38.0397	6.1865	0.0	80.7636
1997	1.8001	7.5940	2.9974	0.0	11.6923	12.1906	38.9825	5.0948	0.0	80.3517
1998	1.8981	6.6030	3.0013	0.0	12.1027	13.4006	39.6096	4.5020	0.0	81.1173
1999	2.1012	7.2940	4.8913	0.0	12.8915	13.9851	40.9564	3.9957	0.0	86.1152
2000	2.4024	8.9909	2.7968	0.0	13.0875	15.3913	43.0723	3.8994	0.0	89.6406

2001	3.0940	13.3806	5.1931	0.0	12.7837	16.2856	45.2454	3.4919	0.0	99.4743
2002	3.3016	18.1783	4.6999	0.0	13.5852	5.1952	48.4560	3.6997	0.0	97.1159
2003	3.5964	20.8847	6.2964	0.0	15.0899	6.4991	50.4563	3.8952	0.0	106.7180
2004	3.8024	30.2194	8.0037	0.0	15.8079	8.8015	54.0310	4.0018	0.0	124.6677
2005	4.9012	27.4142	13.0069	0.0	16.6020	11.2026	57.4135	4.1067	0.0	134.6471
2006	5.1013	29.2063	14.2107	0.0	17.6023	9.6981	60.0242	4.3025	0.0	140.1454
2007	6.0944	30.2815	16.1882	0.0	18.5908	8.1014	62.5554	4.7026	0.0	146.5143
2008	6.2995	31.4973	17.9963	0.0	19.2959	5.9019	66.8936	4.9998	0.0	152.8843
2009	6.5885	30.7828	19.3899	0.0	19.7811	3.3960	71.4562	5.1018	0.0	156.4963
2010	6.9934	35.5609	19.7762	0.0	20.6834	0.6927	76.3174	4.8987	0.0	164.9227
2011	8.0096	41.9113	18.7008	0.0	20.3027	0.6965	79.8178	4.7013	0.0	174.1400
2012	7.8966	51.3828	18.7865	0.0	20.4025	0.8080	80.2696	4.0952	0.0	183.6412
2013	7.7950	85.9028	19.6903	0.0	22.1009	0.6984	85.2044	3.8975	0.0	225.2893
2014	8.5056	52.3951	20.7015	0.0	23.9972	0.8091	87.4831	3.4930	0.0	197.3846
2015	8.8007	51.4703	23.4951	0.0	25.3867	0.7964	85.9564	3.2057	0.0	199.1113
2016	9.5915	57.4864	27.2877	0.0	27.3924	0.7958	83.6641	3.2042	0.0	209.4221
2017	9.3696	56.1560	26.6562	0.0	26.7585	0.7774	81.7280	3.1300	0.0	204.5757
2018	9.5560	57.2733	27.1866	0.0	27.2909	0.7929	83.3541	3.1923	0.0	208.6461
2019	9.5734	57.3778	27.2362	0.0	27.3407	0.7943	83.5061	3.1981	0.0	209.0266
2020	9.4542	56.6635	26.8971	0.0	27.0003	0.7844	82.4665	3.1583	0.0	206.4243

