

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

**Como a crise hídrica nacional pode impactar os ganhos  
recentes do combate ao desmatamento da floresta Amazônica  
Estudo para o período de 2011 a 2014.**

Aluno: João Bentzen Fonseca Assumpção

Matricula: 1012426

Orientador: Sergio Besserman Vianna

**Rio de Janeiro**

**Março 2014**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

**Como a crise hídrica nacional pode impactar os ganhos  
recentes do combate ao desmatamento da floresta Amazônica  
Estudo para o período de 2011 a 2014.**

Aluno: João Bentzen Fonseca Assumpção

Matricula: 1012426

Orientador: Sergio Besserman Vianna

"Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor".

**Rio de Janeiro**

**Março 2014**

**"As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor"**

## **Agradecimentos:**

Agradeço ao professor e orientador Sérgio Besserman Vianna por ter me despertado o profundo interesse pela área de economia ambiental, assim como pelo suporte prestado na elaboração deste estudo.

Agradeço à minha família e amigos que fiz nesse ciclo acadêmico, Hugo, Thiago e Pedro, mas especialmente ao meu pai e mãe por me darem a oportunidade de cursar Economia na PUC-Rio além de me proporcionar toda a base com carinho e dedicação para eu pudesse concluir tal curso, à minha irmã e cunhado, por serem sempre um incrível exemplo para mim de como é possível alcançar seus sonhos profissionais e pessoais, ao meu primo e parceiro de trabalho Bruno Assumpção por ter dado a tranquilidade de sua confiança e capacidade nesses meses em que eu me ausentei de nosso empreendimento, ao meu amigo Lucas Mello que trilhou o caminho do ensino médio e faculdade comigo com conselhos e amizade, além claro do apoio incondicional da minha namorada Vanessa Cytrynbaum que sempre esteve presente quando mais precisei me passando sua experiência acadêmica com ponderações e sobretudo carinho. Agradeço até mesmo ao meu cachorro de estimação, Conca, que ouviu muito sobre crise hídrica e desmatamento neste período, não saiu do meu lado por um minuto e conseguiu me distrair nos momentos de maior apreensão e nervosismo.

A todos que indiretamente ou diretamente me auxiliaram na minha formação e elaboração deste trabalho final, o meu muito obrigado.

Em memória de Evelyn Assumpção de Oliveira.

**Sumário:**

1. Tabelas .....	5
2. Tema: .....	8
2.1. Introdução: .....	8
2.2. Motivação: .....	9
2.3. Método: .....	10
3. Revisão Bibliográfica: .....	12
4. Crise Ambiental Global – IPCC .....	17
4.1. Descrição:.....	17
4.2. Evolução: .....	17
4.3. Conclusão:.....	26
5. Crise Hídrica – Caso Brasil: .....	28
5.1. Efeito sobre a geração de energia hidráulica: .....	28
5.2. Alternativa:.....	29
5.3. Conclusão:.....	30
6. Desmatamento: .....	31
6.1. Evolução: .....	31
6.2. Relação com a crise hídrica: .....	33
6.3. Conclusão:.....	35
7. Emissões: .....	37
7.1. Energia Elétrica:.....	37
7.2. Desmatamento:.....	38
7.3. Balanço: .....	40
8. Conclusão: .....	42
9. Referências Bibliográficas:.....	44

## 1. Tabelas

<b>Geração de energia elétrica hidráulica (GWh) - ONS</b>			
<b>Período: 2011-2014</b>			
jan/11	38.783	jan/13	34.409
fev/11	36.724	fev/13	33.023
mar/11	39.244	mar/13	36.413
abr/11	37.770	abr/13	34.526
mai/11	37.202	mai/13	33.370
jun/11	35.042	jun/13	31.602
jul/11	36.726	jul/13	34.429
ago/11	38.617	ago/13	35.021
set/11	37.318	set/13	34.354
out/11	37.728	out/13	36.205
nov/11	36.600	nov/13	34.609
dez/11	38.482	dez/13	36.596
jan/12	39.617	jan/14	39.436
fev/12	39.370	fev/14	35.098
mar/12	42.603	mar/14	35.613
abr/12	36.920	abr/14	33.418
mai/12	36.385	mai/14	31.996
jun/12	35.423	jun/14	29.947
jul/12	36.992	jul/14	31.051
ago/12	37.552	ago/14	30.183
set/12	34.463	set/14	30.924
out/12	35.255	out/14	32.290
nov/12	31.738	nov/14	31.024
dez/12	34.860	dez/14	31.604
<b>Variação total do período</b>		<b>-18,51%</b>	

Tabela referente à Figura 5.2

<b>Geração de Energia</b>					
<b>Térmica Convencional</b>					
	<b>2014</b>	<b>2013</b>	<b>2012</b>	<b>2011</b>	<b>%</b>
Jan	7938,29	8791,45	1879,6	1741,19	355,91%
Fev	9261,16	7903,58	2148,38	1770,98	422,94%
Mar	10597,1	7819,92	2839,28	1591,54	565,84%
Abr	10079,36	7221,46	4225,31	1331,84	656,80%
Mai	10625,38	8825,37	4247,1	2029,06	423,66%
Jun	9658,96	8164,81	3344,05	2551,8	278,52%
Jul	10335,53	7175,56	2649,46	2485,21	315,88%
Ago	11606,17	7641,68	3116,44	2416,23	380,34%
Set	10195,8	7226,37	5439,07	2164,27	371,10%
Out	11022,27	7366,98	7081,12	2683,36	310,76%
Nov	10929,77	7739,7	8262,19	2619,44	317,26%
Dez	11371,18	7226,67	8172,77	2597,07	337,85%
<b>Variação Jan11-Dez14</b>					<b>553,07%</b>

Tabela referente à Figura 5.3

Estados\Ano	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Var. 2014-2013	Var. 2014-2004
Acre	728	592	398	184	254	167	259	280	305	221	312	41%	-57%
Amazonas	1232	775	788	610	604	405	595	502	523	583	464	-20%	-62%
Amapá	46	33	30	39	100	70	53	66	27	23			
Maranhão	755	922	674	631	1271	828	712	396	269	403	246	-39%	-67%
Mato Grosso	11814	7145	4333	2678	3258	1049	871	1120	757	1139	1048	-8%	-91%
Pará	8870	5899	5659	5526	5607	4281	3770	3008	1741	2346	1829	-22%	-79%
Rondônia	3858	3244	2049	1611	1136	482	435	865	773	932	668	-28%	-83%
Roraima	311	133	231	309	574	121	256	141	124	170	233	37%	-25%
Tocantins	158	271	124	63	107	61	49	40	52	74	48	-35%	-70%
<b>Amazônia Legal</b>	<b>27772</b>	<b>19014</b>	<b>14286</b>	<b>11651</b>	<b>12911</b>	<b>7464</b>	<b>7000</b>	<b>6418</b>	<b>4571</b>	<b>5891</b>	<b>4848</b>	<b>-18%</b>	<b>-83%</b>

**Tabela referente a Figura 6.1**

Emissões em MtCO2							
DATA	Total	Prop. tCO2 por Gwh	MtCO2	DATA	Total	Prop. tCO2 por Gwh	MtCO2
jan/11	41.973,79	56	2,35	jan/13	44.528,60	115	3,65
fev/11	39.755,83	56	2,23	fev/13	42.095,60	115	4,84
mar/11	42.284,61	56	2,37	mar/13	45.809,18	115	5,27
abr/11	40.353,62	56	2,26	abr/13	43.123,95	115	4,96
mai/11	40.524,53	56	2,27	mai/13	43.773,26	115	5,03
jun/11	39.119,89	56	2,19	jun/13	41.323,20	115	4,75
jul/11	40.784,24	56	2,28	jul/13	43.170,26	115	4,96
ago/11	42.494,88	56	2,38	ago/13	44.363,11	115	5,10
set/11	40.880,04	56	2,29	set/13	43.395,15	115	4,99
out/11	41.855,11	56	2,34	out/13	45.531,78	115	5,24
nov/11	40.924,12	56	2,29	nov/13	44.286,73	115	5,09
dez/11	42.829,43	56	2,40	dez/13	45.664,85	115	5,25
jan/12	43.170,41	82	3,54	jan/14	49.273,13	137	6,75
fev/12	42.864,39	82	3,51	fev/14	46.088,83	137	6,31
mar/12	46.128,56	82	3,78	mar/14	48.017,64	137	6,58
abr/12	42.736,95	82	3,50	abr/14	44.787,30	137	6,14
mai/12	42.324,29	82	3,47	mai/14	44.315,55	137	6,07
jun/12	40.402,08	82	3,31	jun/14	41.506,45	137	5,69
jul/12	41.401,11	82	3,39	jul/14	42.914,22	137	5,88
ago/12	42.476,06	82	3,48	ago/14	43.147,54	137	5,91
set/12	41.661,23	82	3,42	set/14	43.317,54	137	5,93
out/12	44.144,49	82	3,62	out/14	45.618,43	137	6,25
nov/12	41.725,18	82	3,42	nov/14	44.020,03	137	6,03
dez/12	44.778,98	82	3,67	dez/14	45.138,35	137	6,18

**Tabela referente a Figura 7.1**

<b>Geração elétrica</b>	
<b>Ano</b>	<b>MtCO2</b>
<b>2011</b>	27,65
<b>2012</b>	42,13
<b>2013</b>	59,14
<b>2014</b>	73,73

Tabela referente a Figura 7.2

<b>Ano</b>	<b>Desmatamento (km<sup>2</sup>)</b>	<b>MtCO2/km<sup>2</sup></b>	<b>MtCO2 1<sup>a</sup> Ordem</b>
1988	21050	0,0483	1016
1989	17770	0,0483	858
1990	13730	0,0482	662
1991	11030	0,0482	532
1992	13786	0,0482	665
1993	14896	0,0483	719
1994	14896	0,0483	719
1995	29059	0,0483	1403
1996	18161	0,0482	876
1997	13227	0,0482	638
1998	17383	0,0483	839
1999	17259	0,0483	833
2000	18226	0,0483	880
2001	18165	0,0483	877
2002	21651,18	0,0464	1005
2003	25396,86	0,0478	1213
2004	27772,03	0,0471	1309
2005	19014,17	0,0469	892
2006	14286	0,0478	683
2007	11651	0,0488	568
2008	12911	0,0487	629
2009	7464	0,0525	392
2010	7000,06	0,0534	374
2011	6418,06	0,0527	338
2012	4571,08	0,0499	228
2013	5843	0,0503	294
<b>2014</b>	<b>4848</b>	<b>0,04877</b>	<b>236</b>

Tabela referente ao cálculo da emissão de MtCO<sub>2</sub> de 2014 oriunda do desmatamento. (Dados: INPE EM)

## 2. Tema

### 2.1. Introdução:

O objetivo do estudo é, em síntese, fornecer informações críveis e fundamentadas do panorama das emissões de gases do efeito estufa pelo Brasil entre os anos de 2011 e 2014. Este panorama será pautado em somente duas origens desses gases, a geração de energia elétrica e desmatamento da floresta amazônica. Apesar de à primeira vista não se notar a relação entre as duas atividades, ao final se tornará mais evidente essa forte relação. Basicamente, a crise hídrica soa como um alerta a sustentabilidade da matriz energética brasileira que se torna vulneráveis as mudanças do clima (Lucena A. et al., 2009), pois segundo o Balanço Energéticos Nacional as emissões a partir dela vêm subindo dos anos de 2011 a 2013. Por sua vez o desmatamento vem sendo combatido de forma mais eficaz a partir dos anos 2000 (Assunção J. et al, 2009), obtendo-se um ganho com a redução dessa atividade, sobretudo com a atenuação da liberação de gases que aquecem o planeta. Portanto, o propósito dessa análise comparativa é verificar como os ganhos com a dura missão de combater e fiscalizar o desmatamento da floresta amazônica se relacionam com o contexto da baixa capacidade de geração elétricas dos reservatórios das hidroelétricas em decorrência da crise hídrica.

Tal finalidade para esta pesquisa será alcançada após a elaboração e exposição de todos os capítulos. Cada um deles têm papel fundamental para que seja possível chegar ao resultado final com uma base sólida de informações através de fontes confiáveis, como MME<sup>1</sup>, INPE<sup>2</sup>, IPCC<sup>3</sup> entre outras. A estratégia empregada para tal é, *a priori*, de contextualização do problema a partir de uma análise um pouco mais ampla usando os artigos que contribuíram de forma relevante ao tema e também mais profundamente os cinco relatórios sobre o clima do IPCC e apresentando os pontos em que os mesmos convergiam com o tema aqui proposto, como a alteração do padrão das chuvas e seus possíveis cenários. Neles também é possível observar a transição de um quadro de incerteza nos primeiros documentos anteriores aos anos 2000 para um, onde a expressão utilizada no próprio relatório de 2007, “inequívoco”, retrata a confiança científica quando se refere ao aquecimento da Terra, sendo também constatado que ações antrópicas seriam a principal razão para esse aumento da temperatura (IPCC, 2014).

Em suma após esse capítulo de contextualização, o seguinte retrata a crise hídrica nacional e seu passivo ambiental. Em outras palavras, como o período de seca impactou a geração hidráulica. E em virtude da falta de infraestrutura para absorver esse tipo de alteração de modo sustentável, provocou-se um aumento superior a seis vezes na utilização da fonte não renovável, as termoelétricas,

---

<sup>1</sup> Ministério de Minas e Energia

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

<sup>3</sup> *Intergovernmental Panel on Climate Change*

elevando assim o impacto sobre o sistema climático dado a emissões que seriam liberadas por elas. Por outro lado, desmatamento da floresta amazônica possui um movimento decrescente desde o ano de 2004, segundo os dados do PRODES. Entretanto, nos anos a serem examinados há uma alternância nesta tendência. O capítulo cujo o foco é este tipo de atividade possui diversas contribuições ao tema, entre as quais é discutido um possível ponto de irreversibilidade da manutenção do equilíbrio da floresta amazônica dado o nível de desmatamento, como também a relação estreita entre o desmatamento e a queda do volume das chuvas (INPE e MOHC, 2011).

Finalmente, o último capítulo de desenvolvimento traz os dados coletados e tratados referentes as emissões de CO<sub>2</sub>. As emissões oriundas da geração de energia elétrica foram obtidas a partir de informações contidas no Balanço Energético Nacional, onde é publicado a intensidade de carbono do setor elétrico anualmente, em conjunto com o montante total de energia ofertada retirada do banco de dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico<sup>4</sup>, com isso, temos que:

$$\begin{aligned} \text{Intensidade de Carbono}_{\text{ano}} \left( \frac{\text{tCO}_2}{\text{GWh}} \right) \times \text{Oferta de energia elétrica}_{\text{ano}} (\text{GWh}) \\ = \text{Emissões anuais do setor elétrico (tCO}_2) \end{aligned}$$

No caso do desmatamento, o processo para obtenção dessas informações foi facilitado pela publicação dos mesmos pelo INPE. Esta publicação possui duas metodologias distintas sendo escolhida a considerada mais intuitiva para elaboração desta pesquisa, sendo o motivo e desdobramentos detalhado nesta seção sendo mais enfática sobre a questão. No intervalo temporal examinado é constatado que um determinado ano possui maior volume emitido que seu antecessor sendo um contraponto a tendência de redução observada a partir do ano de 2004.

Após isso, então, todas essas informações são consolidadas e representadas em uma forma semelhante a um balanço contábil, diferenciando as emissões entre positivas, evitadas, e negativas, emitidas, tendo assim como resultado para o período um montante negativo. Nessa seção então será exposto o que esse tipo de resultado significa, como também será apresentado o resultado em termos monetários e os motivos que levaram a esse déficit, além é claro, das possíveis diretrizes para reverter este quadro baseado em toda a discussão referente ao tema abordado ao longo deste estudo.

## 2.2. Motivação:

A motivação inerente para a realização desse tipo de estudo vem diretamente da necessidade da mudança de hábitos na sociedade para que possamos viver da melhor forma possível já sabendo que

---

<sup>4</sup> [http://www.ons.org.br/historico/geracao\\_energia.aspx](http://www.ons.org.br/historico/geracao_energia.aspx)

algumas mudanças climáticas serão vistas e não poderemos mais reverter tal situação até certo ponto. Todavia, os custos para a humanidade de não realizar nenhuma atividade afim de reduzir as demais consequências do aquecimento do planeta podem ser considerados infinitamente maiores do que os custos de uma transição para uma economia que tenha uma queda no consumo de combustíveis fósseis e emissão de gases de efeito estufa.

O limiar de acréscimo de 2° C a temperatura até 2050 parece ser uma missão difícil de reverter, porém caso não haja nenhuma ação esse acréscimo pode chegar a 4,5°C ocasionando um cenário considerado pessimista para o IPCC, onde as consequências para a sociedade, e os custos de vida serão consideravelmente elevados e aqueles que não possuem uma boa condição financeira serão os mais impactados (IPCC, 2001).

Portanto, a motivação desse estudo se divide em duas frentes: a primeira é viabilizar a análise focado no caso brasileiro na tentativa de ilustrar as dificuldades de uma redução real das emissões de gases estufa quando não há um planejamento integrado entre as diversas fontes emissoras. Em outras palavras, quando um esforço é direcionado somente no combate a uma atividade emissora de gases estufa, outras podem ser negligenciadas acabando por fazer este esforço ser desperdiçado caso esta última emita volume superior ao evitado no combate a primeira fonte. Como dito acima, esta integração com o intuito de reduzir o carbono dessas atividades pode fazer a diferença no longo prazo para alterar os cenários traçados até 2050 no Brasil, onde, caso não tenha nenhuma pró-atividade em direção a essa redução, os principais prejudicados com as consequências serão aqueles que vivem em situação de pobreza. Além disso, a segunda motivação relevante para o empenho nesse tipo de pesquisa é a possibilidade de contribuição ao tema, podendo ser explorado mais a fundo em estudos semelhantes posteriormente além de conter informações e advertências úteis até mesmo para a elaboração de políticas públicas na área de energia e proteção ambiental face o resultado final negativo.

### **2.3. Método:**

Estudaremos como o caso de redução da taxa de desmatamento da floresta amazônica dos últimos anos que acarreta, obviamente, em uma redução drástica do volume de dióxido de carbono emitidos pelo país proveniente desse tipo de atividade se relaciona com as emissões necessárias da termoelétricas acionadas no período em que o país se encontrou em dificuldade devido aos baixos níveis dos reservatórios e períodos de seca, mais especificamente até a partir do ano de 2011 até 2014.

Dessa maneira, será possível ilustrar uma “Balança de Emissões” do determinado período, onde basicamente será calculada as emissões evitadas da perda de cobertura natural da floresta amazônica subtraída as emissões, julgadas, necessárias em períodos de vulnerabilidade da energia hidroelétrica.

Portanto caso o resultado final desse cálculo seja positivo, o país se encontrará em superávit, caso contrário, déficit “ambiental”. Para devido fins relativos, monetizarei as toneladas de carbonos emitidas e evitadas levando em consideração a cotação da tonelada de carbono no mercado<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> O conceito de Mercado de Carbono surgiu a partir da UNFCCC criada em 1992 durante a ECO-92 no Rio de Janeiro. Então em 1997, durante as discussões em Quioto, surgiu o incentivo para redução das emissões, tendo elas um valor econômico a partir dessa comercialização de crédito de carbono (equivalente a 1 tonelada de CO<sub>2</sub>eq). Então o protocolo estabelecido nesta data passou a ter objetivo central de fazer com que países ricos limitem ou reduzam suas emissões. Dessa forma, os países em desenvolvimento que estiver registrando uma redução de emissões de gases de efeito estufa podem comercializar esse montante reduzido como forma de crédito de carbono com outras nações já desenvolvidas que se encontram em dificuldade de reduzir suas emissões ao ponto de atingir o limite estabelecido previamente.

### 3. Revisão Bibliográfica:

O tema do trabalho a ser abordado nessa monografia é amplamente conhecido nos dias de hoje. Porém, em geral, esse conhecimento ainda é raso. Isto é, não temos o aprofundamento do tema da forma que deveria ser feito. Para tal, farei uso de algumas bases de dados a fim de validar o estudo que foi proposto, como também, alguns artigos e publicações que possuem alguns pontos interessantes a serem analisados e contribuem com a temática proposta no presente trabalho.

O primeiro deles, do autor Richard S. J. Tol (2010) possui uma contribuição ao tema de forma mais ampla e tem como objetivo realizar uma revisão sobre o conhecimento que temos em relação aos impactos das mudanças climáticas sobre a economia, sobretudo a mudança que esses impactos podem afetar a maneira em que vivemos. Com esse foco o autor apresenta então três perguntas básicas para direcionar seu estudo: O que sabemos? O que gostaríamos de saber? Quais são as implicações para a política?

O autor então ao final do primeiro capítulo no qual busca estimar o impacto econômico das mudanças climáticas que segundo ele há um cenário de muitas incertezas. Então, revisando os artigos já existentes que buscaram essa mesma conclusão ele chega a duas frases que podem sintetizar melhor o problema do *policy maker*, são elas: O quanto estamos dispostos a pagar para comprar um clima melhor para nossos filhos? Ou então, alternativamente: Quanto devemos que pagar, em compensação, para nossos filhos por termos piorado suas condições climáticas? Assim, a partir dessas duas frases, Tol argumenta que elas são diferentes e deveriam ter respostas distintas uma vez que os tomadores de decisão devem assumir que as futuras gerações terão seus preços em relação ao clima diferentes da atual. Logo, a compensação marginal evitada de GEE<sup>6</sup> seria maior que seus benefícios marginais, o que levaria então a uma tributação maior sobre a emissão de GEE.

Outro ponto interessante do artigo em questão vem mais a frente, quando o autor cita os “impactos perdidos” que podem ser causados pelas mudanças climáticas que são pouco comumente relatadas em análises de custos e impactos sobre a sociedade gerada pela mudança do clima. Por esse motivo, o autor nos diz que devemos ficar atentos a surpresas desagradáveis oriundas das consequências da elevação da temperatura da terra. Em contraponto, ele cita alguns estudos anteriores em que havia certo exagero sobre essas consequências (Schneider e Chen, 1980; Haines e Fuchs, 1991), dando ênfase da necessidade de estudos mais detalhados e minuciosos.

Dessa maneira, o autor conclui seu artigo defendendo algumas posições. As emissões de GEE devem ser reguladas, pois obviamente, se trata de uma externalidade negativa. Existe um *trade-off* entre desenvolvimento econômico e políticas climáticas, o que acaba por gerar vulnerabilidades nos

---

<sup>6</sup> Gases de Efeito Estufa

países pobres em relação a essas mudanças, sendo estes os mais afetados. Para o autor as estimativas do impacto econômico em termos monetários é uma questão cercada de incertezas e os resultados são imprecisos. Entretanto ele argumenta que há uma necessidade de maiores pesquisas aprofundadas em relação ao tema, como também se tenha maiores incentivos para que essas pesquisas ocorram. Assim, quando expostas gerariam maior credibilidade para pressionar os políticos para que a redução das emissões de GEE seja de fato uma realidade.

Por uma ótica, mais uma vez, um pouco mais abrangente do problema em que estamos inseridos, Lester Brown (2003) diz em seu livro que as tendências indicam que se não acontecerem grandes mudanças, as catástrofes irão destruir boa parte dos recursos naturais hoje disponíveis. Realizando uma análise acerca das consequências negativas, o impacto não preocupa somente as condições de vida no planeta como também economistas que planejam um futuro econômico no longo prazo. Segundo Brown, apesar da crise ambiental que existe ainda é muito difícil mudar a mentalidade dos investidores que é voltada à geração de riquezas econômicas. Portanto, é necessário a presença de profissionais especializados em meio ambiente nos negócios para reestruturar a economia, dando caráter mais técnico das necessidades de conscientização da situação ambiental mundial.

No que ele denomina de Eco-Economia as principais mudanças estariam na estabilização do crescimento populacional; alteração da matriz energética global, que hoje recai fortemente sobre os combustíveis fósseis em direção à energia eólica, solar e geotérmica; extinção do descarte irresponsável em detrimento de um modelo cíclico de reutilização e reciclagem; agricultura que respeite o solo e finalmente acabando com o desmatamento que ocorre para que produzamos os alimentos. Sendo esta última atividade juntamente com a geração de energia responsáveis por um grande volume de GEE emitidos. Enfim, no modelo ideal de Brown, os recursos naturais seriam tratados como finitos, dessa maneira quando um recurso obtivesse sinais de escassez, investimentos alternativos viriam a equilibrar o consumo e a oferta do bem referido.

Além dos trabalhos descritos acima, um artigo que contribui para a discussão do tema cujos autores são Lucena A. et al. (2008), possui uma abordagem mais focada sobre o tema do trabalho aqui proposto. Nesse estudo é buscado entender e enfatizar as vulnerabilidades da matriz energética brasileira, sobretudo as fontes renováveis que são usadas massivamente no país, como as hidroelétricas. Essa matriz depende diretamente de condições climáticas favoráveis para que possam gerar a quantidade de energia demandada. Tais condições poderão se alterar de acordo com as projeções do IPCC (2000). Esse documento da ONU traça quatro cenários possíveis, sendo os extremos A2, pessimista, B2, otimista.

O resultado encontrado pelo artigo nos mostra de fato uma vulnerabilidade das hidroelétricas dados os cenários possíveis. Assim, a MCG<sup>7</sup> poderá afetar a capacidade de geração de energia hidroelétrica brasileira em duas frentes, a mudança no período de chuvas nas regiões dos reservatórios das hidroelétricas, alterando a vazão dos rios que os abastecem; podendo ocasionar eventos extremos, como a seca, sendo o foco dos autores a primeira frente. Entretanto os autores buscam realmente enfatizar as tendências de queda da matriz energética renovável do país ao invés dos resultados numéricos propriamente ditos, uma vez que podem variar de acordo com as projeções e possíveis reduções de emissão dos gases causadores do efeito estufa.

Por fim, os autores voltam a enfatizar os objetivos do artigo, mais uma vez tendo o foco maior nas tendências ao invés da precisão dos resultados em si. Há uma clara crítica aos órgãos públicos responsáveis pela disponibilização dos dados usados para a metodologia do estudo, como por exemplo, a série histórica das chuvas no país. Para os autores, se o Brasil quiser de fato estar preparado para enfrentar as mudanças climáticas deverá primeiramente dar maior valor ao entendimento do clima atual, principalmente no que tange a coleta dessas informações. Em suma o artigo mostra, de fato, vulnerabilidade das energias renováveis no país, sobretudo nas regiões mais pobres como no nordeste, vulnerabilidade dada de acordo com as projeções do documento do IPCC no ano de 2000.

Adicionalmente a temática da vulnerabilidade do setor hidroelétrico brasileiro, o trabalho administrado pelo CEBDS (Conselho Empresarial Brasileiro para Desenvolvimento Sustentável) no ano de 2013 possui contribuições acerca do tema. Por ser mais contemporâneo incorporam, obviamente, as mudanças climáticas no longo prazo, até o ano de 2050, como uma das variáveis para aprofundar o assunto. Sobre esse ponto em que entrarei em mais detalhes dado os resultados encontrados em virtude da convergência com o tema do trabalho proposto. Finalmente, como resultado do estudo e de acordo com os cenários traçados pelo IPCC (2007) a energia hidroelétrica brasileira é mais vulnerável quando a usina não possui reservatórios, ou seja, são aquelas de chamadas fio d'água, sendo a queda da capacidade de geração de energia presente em todos os cenários no horizonte do ano de 2050.

Já os autores Pereira A. et al (2008), possuem um artigo direcionado a energia no Brasil. Entretanto nesse estudo, eles não levaram em consideração o que as mudanças climáticas podem gerar de externalidade negativa nesse setor como no artigo de Lucena A. (2008). A análise realizada no estudo é otimista em relação à sustentabilidade do setor energético brasileiro, sendo o resultado dado de acordo com os indicadores de desenvolvimento sustentável no setor de energia e projeções para

---

<sup>7</sup> Mudança Climática Global

2030 do referido setor. Portanto, segundo os autores desse artigo, o Brasil ainda tem um longo caminho para trilhar em direção ao desenvolvimento sustentável, mas no setor energético, com o auxílio da grande disponibilidade de recursos naturais este caminho pode ser alcançado. O ponto interessante desse trabalho é a possibilidade de observar a mudança de perspectiva que as mudanças climáticas nos trouxeram, sendo a crise hídrica e energética no país um contra ponto ao resultado apresentado por esse artigo.

Finalmente então, a primeira seção desse trabalho será destinada a evolução da crise ambiental em que vivemos levando em consideração os trabalhos do IPCC que nos alertam sobre o aquecimento da atmosfera desde o ano de 1990. No total serão cinco trabalhos revisados, levando em conta somente suas principais advertências, contribuições relevantes para este trabalho e resultados sobre o clima. Nas primeiras publicações dos anos de 1990 e 1992 ainda pode se observar a dificuldade em que a maioria das pessoas em considerar o efeito estufa uma decorrência da atividade humana, isto é, as emissões de gases agravam esse efeito estufa que até então era o natural para manutenção da temperatura na Terra. Os principais impactos possíveis advertidos por eles na época foram a duplicação de CO<sub>2</sub> na atmosfera entre 2025 e 2050, elevando a temperatura entre 1,5°C e 4,5°C. Já no documento do ano de 1995, possui uma amplitude maior sobre diversos setores em relação ao documento anterior. Assim, por motivos de convergência com o tema proposto nesse trabalho, focarei na seção dos impactos hídricos, onde segundo os autores os impactos sobre a oferta de água dependerão da capacidade de gestão pública, de acordo com as circunstâncias em que o país estiver inserido, com exceção dos países mais pobres que já possuem dificuldade no acesso a água.

Por sua vez, em 2001 um ponto em que chamou a atenção, foi a forte evidencia de que o aquecimento da atmosfera dos últimos 50 anos teria relação direta com as atividades humanas, além de que em todos os cenários traçados pelo painel há elevação do nível do mar. Em 2007, então, os resultados se tornaram mais alarmantes. Relacionando a MCG e disponibilidade de água, o relatório é mais enfático quanto aos resultados na região onde o Brasil está localizado. Segundo eles, a mudança do padrão de precipitações e perda das geleiras tem uma projeção de afetar de forma significativa a disponibilidade de água para consumo, agricultura, e geração de energia.

Por fim, a última publicação (2014) possui resultados e advertências graves, ao ponto de divulgar que os danos causados pela elevação da temperatura poderão ser irreversíveis. Entretanto, a contribuição desse relatório para o tema proposto aqui, se reflete no aumento da vulnerabilidade dos recursos hídricos para regiões subtropicais. Segundo eles há fortes evidências de redução desses recursos nas determinadas áreas, o que poderia elevar a necessidade do uso de bacias hidrográficas, aumentando assim possíveis disputas pela água. Essa informação é, de fato, extremamente relevante

dados a crise hídrica no sistema Cantareira e situações que envolvem o uso da água do rio Paraíba do Sul pelos estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

## 4. Crise Ambiental Global – IPCC

### 4.1. Descrição:

Nessa seção abordarei o ponto central que nos leva a obrigatoriedade de mudar: a crise ambiental. A partir dela que se dão as principais ameaças a forma de que a sociedade vive hoje e passará a viver, e como e porque devemos caminhar a uma economia com baixa emissão de GEE.

A fim de realizar uma análise, sem vieses, do clima da Terra e a sua possível alteração foi criado em 1988 o IPCC pela Nações Unidas em conjunto com a Organização Meteorológica Mundial. Ele é formado por especialistas acadêmicos de diversas áreas e nacionalidade. A partir de então, passaram a desenvolver e divulgar relatórios com o objetivo central de estudar a mudança do clima no planeta e como essas mudanças impactam a sociedade como um todo. O painel possui a preocupação que seus relatórios sejam críveis e sobretudo cientificamente técnicos, dessa maneira suas fontes são fidedignas e seus dados coletados cuidadosamente.

Até o presente momento, foram divulgados cinco grandes trabalhos do painel voltados ao estudo das mudanças climáticas em 1990, 1995, 2001, 2007 e finalmente, em 2014. A abordagem de cada um dos relatórios se torna cada vez mais alarmante com o passar dos anos e é sobre a evolução desses relatórios em que entrarei em mais detalhes na próxima seção desse trabalho.

### 4.2. Evolução:

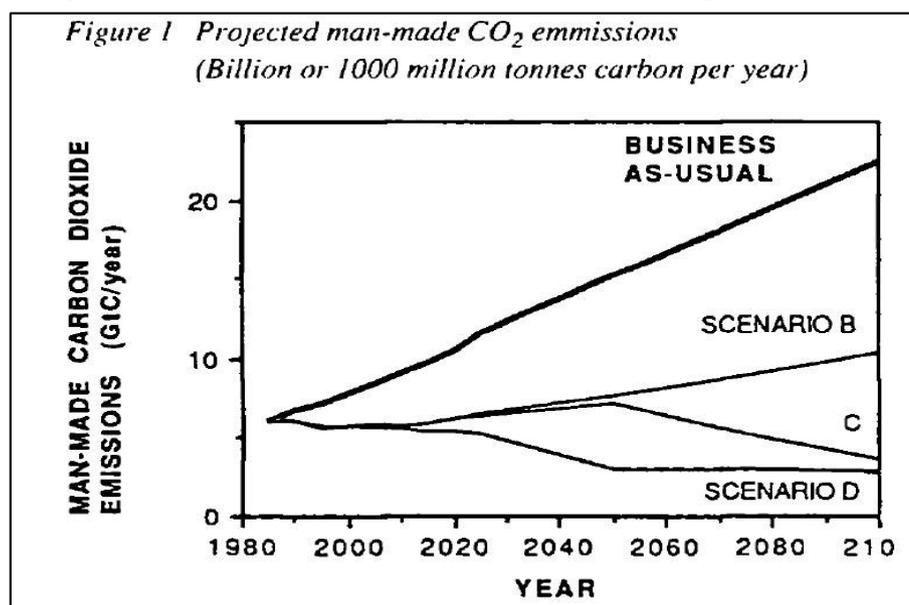
Em 27 anos de painel, seus cinco relatórios obtiveram resultados importantes. O primeiro deles, no ano de 1990 era possível observar o nível de incerteza sobre o quanto da atividade humana era refletida no aumento da concentração de gases estufas na atmosfera. Para a os descrentes o efeito estufa ainda era o natural que mantinha a temperatura da Terra em uma faixa que a torna habitável, pois sem ele o frio seria extremo. Portanto, esse relatório busca quebrar essa visão de modo científico. Além disso, o relatório enfatizava a necessidade uma governança global, isto é, a ameaça que as mudanças climáticas impunham sobre a sociedade demandava um esforço dos *policy makers* para então trabalhar de forma conjunta a mitigar essas mudanças. Dessa maneira, a herança resultante desse primeiro relatório foi a criação da UNFCCC<sup>8</sup>, sendo uma convenção internacional importante na redução ao aquecimento global como também das possíveis consequências decorrentes desse aquecimento (IPCC, 1990).

Esse documento, como em todos os posteriores, traça os possíveis cenários dado os níveis de cooperação entre os países e redução de emissões, do mais pessimista, A, ao mais otimista, D. O mais pessimista, denominado de *Business-as-usual* - quando é dado pouco ou nenhum passo em direção

---

<sup>8</sup> United Nations Framework Convention on Climate Change

as orientações do painel mantendo-se no mesmo nível de atividades - levaria a duplicação dos níveis de CO<sub>2</sub> equivalente da época pré-industrial no ano de 2025, como podemos observar no gráfico abaixo. Por outro lado, caso atingíssemos o cenário D, onde haveria políticas aceleradas voltadas a redução das emissões, sendo elas: a mudança para geração de energia renovável e nuclear de modo seguro já no começo do século seguinte; controle rigoroso sobre as emissões nos países desenvolvidos e emissões moderados nos em desenvolvimento. Assim sendo, chegaríamos a metade dos níveis de CO<sub>2</sub> equivalente do patamar observado em 1985 ao final do século seguinte (IPCC,1990).



**Figura 4.1. Projeção dos possíveis cenários dado as emissões de CO<sub>2</sub> .  
(Fonte: IPCC, 1990)**

Cabe ressaltar que todos os cenários previstos pelos cientistas presumiam algum tipo de comprometimento – menor que 100% - com o Protocolo de Montreal onde foi advertido que o uso de CFC<sup>9</sup> estaria causando um buraco na camada de ozônio e este deveria ser reduzido de modo gradativo até o ponto que fosse substituído e assim eliminado. Logo os cenários possuem incertezas podendo estar sobrestimado ou superestimado ao passo que o proposto em Montreal fosse sendo aderido.

Em 1995 o relatório apresentava diversas mudanças em relação ao primeiro, sobretudo no que tange a sua abrangência sendo o segundo mais completo e detalhado sobre múltiplos setores. Entretanto, para fins de convergência com o tema desse estudo procurarei dar ênfase as análises relacionadas a oferta de água e como a MCG impactaria nesse quesito. Segundo o relatório já era possível observar que as mudanças climáticas poderiam afetar o volume, padrão e frequência das chuvas, porém ainda se mantém como incerta a maneira como a mudança do clima afeta o nível de precipitação de determinadas áreas (IPCC,1995). Dessa forma podendo nos levando conviver com mais eventos extremo, como inundações e seca (IPCC,1995). Segundo o painel, para garantir uma

<sup>9</sup> Cloro Fluor Carboneto

oferta de água para as populações – onde não há registro de crises de abastecimento – o papel maior está sobre os seus governantes garantindo essa oferta de água com políticas públicas de qualidade que protejam os reservatórios das mudanças climáticas assim como do iminente aumento da demanda por esse recurso. Quanto melhor a gestão menos custoso será a adaptação às possíveis mudanças climáticas (IPCC,1995). Todavia, entre os especialistas existe uma discordância no ponto onde se afirma que os sistemas de reservatórios evoluíram o suficiente para superar as perdas com a MCG somada às variações da demanda (IPCC,1995).

O relatório do painel de 1995 possui um peso histórico relevante pois foi considerado um esboço fundamental para que as negociações e discussões do tema nos levassem até o Protocolo de Kyoto<sup>10</sup> em 1997.

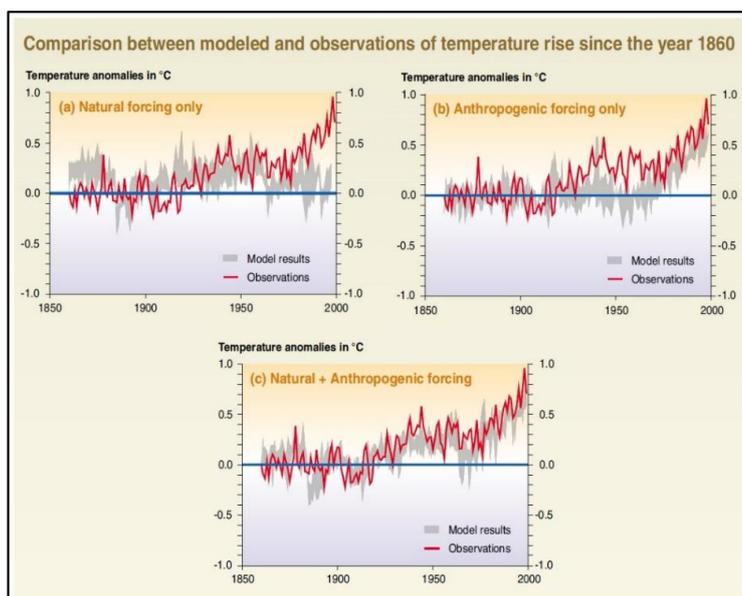
Passaram seis anos até o próximo relatório apresentado pela organização, em 2001 a divulgação de sua terceira publicação trouxe fatos interessantes e novos em relação aos anos passados. Era possível observar um grau de incerteza considerável nos anos de 1990(IPCC) e 1995(IPCC) sobre o quanto a atividade humana está relacionada diretamente ao aquecimento global, entretanto essa incerteza se transformara em algo mais concreto para os cientistas. De maneira empírica há uma forte correlação entre a atividade humana e o aquecimento do planeta.

“Há novas e mais fortes evidências que a maior parte do aquecimento observado nos últimos 50 anos é atribuível a atividades humanas” (IPCC, 2001).

Os gráficos abaixo representam um dos indicativos empíricos em que a afirmação da instituição se baseia. Quando foi considerado apenas as forças naturais e seus impactos sobre a temperatura não houve um casamento com as observações representadas pela linha vermelha (Figura 4.2-(a)). Sendo possível até observar caso houvesse somente as influências naturais a temperatura da Terra estaria em declínio nas últimas três décadas. Por outro lado, também quando o modelo leva em consideração somente a influência do homem, as observações se assemelham ao modelo, mas não de maneira precisa (Figura 4.2-(b)). Finalmente a Figura 4.2-(c) une os dois modelos anteriores o que nos leva a uma hipótese bem próxima às observações (IPCC, 2001).

---

<sup>10</sup> Tratado internacional assinado em Kyoto durante a COP 3, no Japão onde foi acordado que os países, principalmente os desenvolvidos, deveriam ser mais rígidos na redução das emissões de gases de efeito estufa, reduzindo-os em no mínimo 5% em relação ao apresentado em 1990 no período entre 2008 e 2012



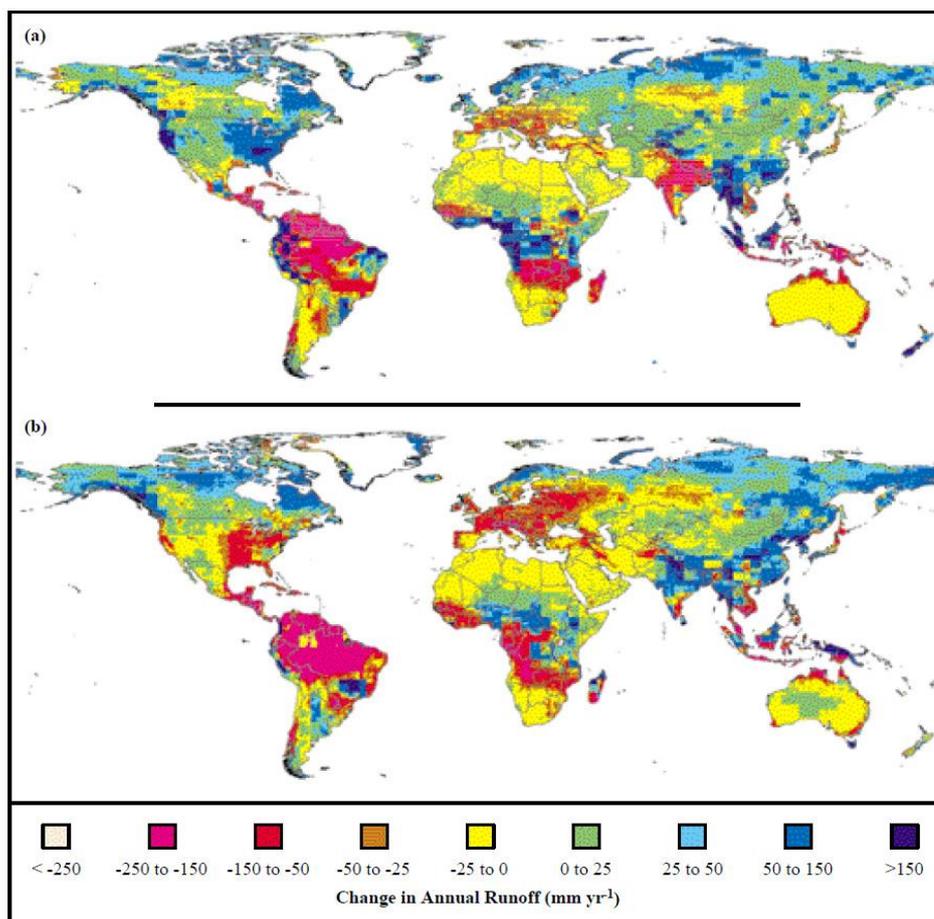
**Figura 4.2 – (Fonte: IPCC, 2001)**

Em virtude do tema aqui proposto, analisaremos como o painel trata a oferta de água e o desmatamento. É interessante observar nessa publicação há uma relação entre os dois fatos para os cientistas, na seção que se refere a América Latina, é dito a seguinte sentença:

“Se a extensão do desmatamento expandir para áreas substancialmente maiores, temos grande confiança que a redução da evapotranspiração levará a uma menor precipitação em períodos de seca na Amazônia e médio confiança que as chuvas serão reduzidas no centro-oeste, centro-sul e sul regiões do Brasil.” (IPCC, 2001)

Ou seja, existe uma relação ainda ligeiramente incerta de que o desmatamento da floresta amazônica além de contribuir para o aquecimento global devido ao lançamento de dióxido de carbono também impacta no volume de chuvas no restante do território nacional (IPCC, 2001). O que poderia nos conduzir a uma crise hídrica afetando obviamente também nossa principalmente matriz energética, as hidrelétricas que representavam 76,9% da geração de energia no ano de 2012 (MME, 2013) e caiu para 65,2% no ano de 2014 (MME, 2015)

Além desse ponto descrito acima, o relatório divulgou um gráfico cartográfico, onde foi traçado dois cenários para as alterações na média de *runoff* – quantidade da precipitação que não é evaporada – no ano de 2050 em relação à média entre 1961 e 1990:



**Figura 4.3 – Mudança na média anual de *runoff* em mm (Fonte: IPCC, 2001).**

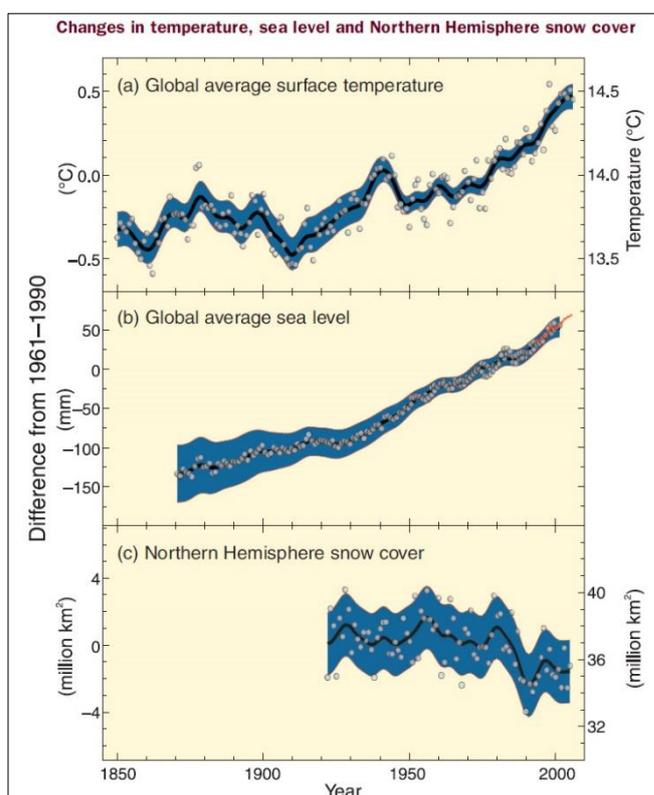
A figura 3.3 representa dois modelos do *Hadley Centre*, desenvolvidos no Reino Unido, onde o mais abaixo é o mais atual (HadCM3<sup>11</sup>) em comparação ao acima (HadCM2<sup>12</sup>). Esse tipo de modelo são os chamados modelo de circulação geral, no qual é acoplado os modelos atmosféricos e oceânico afim de realizar projeções mais próximas da realidade. Ambos modelos preveem o aumento em 1% da concentração de CO<sub>2</sub> por ano até o ano de 2050. Segundo o painel esse tipo de projeção pode nos levar a conclusões relevantes no que tange também o volume de chuvas e vazão dos rios (IPCC, 2001). Embora seja relatado que para as demais áreas do planeta com a exceção da Austrália, Ásia, Mediterrâneo e sul da África, as projeções dependem do cenário e modelo para se tornar robustas é possível observar que em ambos modelos há uma redução na área da floresta amazônica no volume de chuvas, o que é decorrente do desmatamento reduzindo a evapotranspiração (IPCC, 2001). Além disso caso as projeções se concretizem, tornaria vulnerável a captação de energia hidroelétrica devido a redução da vazão do rio (IPCC, 2001).

<sup>11</sup> Hadley Centre Coupled Model 3

<sup>12</sup> Hadley Centre Coupled Model 2

Por sua vez, o quarto relatório sobre a análise das mudanças climáticas trouxe dados alarmantes para enfatizar que, de fato, a atividade antropogênica seria a maior causa dos efeitos das mudanças climáticas, sendo o aquecimento da temperatura da Terra um fato inequívoco (IPCC, 2007). Dezenove anos após sua fundação, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas recebeu o prêmio Nobel da Paz<sup>13</sup> juntamente com o ex-candidato a presidente dos EUA Albert Gore em razão de seus esforços para disseminar o conhecimento sobre o impacto antrópico sobre o clima e buscar soluções para neutralizar estes impactos. Nesse trabalho, houve uma melhora substancial em relação ao anterior no que tange a extensão e análise dos dados, maior abrangência geográfica, maior entendimento sobre as incertezas e melhor mensuração das observações (IPCC, 2007). Tal afirmação tomou tamanha robustez pelo painel quando se disse que o aumento da temperatura no planeta observada desde meados do século XX estava relacionada as atividades humanas com uma margem de exatidão maior que 90% (INPE, 2010).

Os gráficos abaixo, nos indica como alguns impactos desse aquecimento vem sendo observados: no gráfico (a) está exposto a variação da temperatura média terrestre desde o ano de 1850 até 2000; (b) observações da média do nível do mar no mesmo período; (c) cobertura de neve no hemisfério norte, também na mesma faixa temporal. Nos dois primeiros gráficos se observa uma elevação a partir de meados do século XX, já no último é visível o declínio da cobertura de neve a partir da década de 80 do século XX.



**Figura 4.4 – (Fonte: IPCC, 2007)**

<sup>13</sup> [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/peace/laureates/2007/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/2007/)

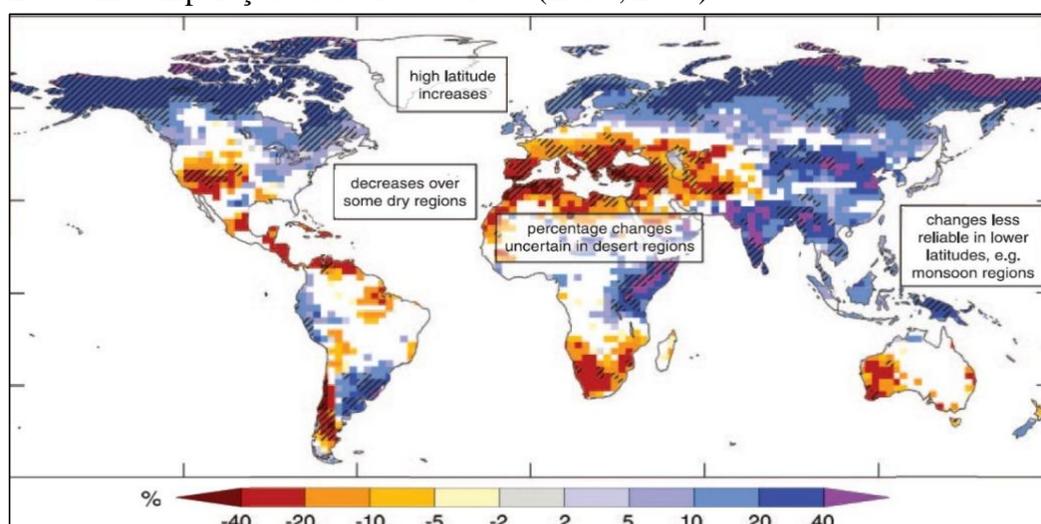
Vale ressaltar também, o potencial de irreversibilidade dos impactos das mudanças climáticas que segundo o IPCC AR4<sup>14</sup> pode existir. Tamanha evolução das simulações de inúmeros modelos nos levou a constatação de que o aquecimento ligado a atividades antropogênicas, como também a elevação do nível do oceano continuaria a exercer pressão sobre a sociedade por séculos por mais que as emissões de GEE fossem estabilizadas. Desse modo, na escala de vida humana, haveria uma potencial irreversibilidade para esses impactos (INPE, 2010).

Em relação as contribuições do documento sobre o tema do presente estudo, a seguinte sentença confirma aquilo que ao longo dos anos o painel estudou:

“As mudanças nos padrões de precipitação e o desaparecimento das geleiras são projetados para afetar significativamente a disponibilidade de água para consumo humano, agricultura e geração de energia. ” (IPCC, 2007)

Essa frase sintetiza aquilo que será aprofundado neste estudo, isto é, como as mudanças climáticas – no caso, alteração no padrão de chuvas – geram um impacto a matriz energética brasileira, e como este pode resultar em um processo ruim para o desenvolvimento sustentável do país. Em outras palavras, a solução para a crise energética, em geral, é o acionamento de usinas térmicas onde é gerada eletricidade a partir da queima de combustíveis fósseis, levando a uma maior emissão de GEE. Em contrapartida, uma redução dos níveis de desmatamento poderá auxiliar no controle do volume total de emissões.

O painel apresentou o seguinte gráfico cartográfico, onde está representado múltiplos modelos para projetar as alterações no *runoff* - basicamente é a disponibilidade de água (%) – no período de 2090 a 2099 em comparação ao de 1980 a 1999 (IPCC, 2007).



**Figura 4.5 – Gráfico multi-modelos para a alteração da disponibilidade de água para a última década do século XXI (Fonte: IPCC, 2007).**

<sup>14</sup> IPCC Fourth Assessments Report

As áreas são representadas em brancos quando menos de 66% dos 12 modelos indicam que há sinais de mudança. Por outro lado, as áreas que contém cores são aquelas onde mais 90% dos modelos usados concordam que há, de fato, sinais de mudança no clima. No caso brasileiro, segundo o AR4 há alta possibilidade (*high confidence*) que a área do Nordeste sofrerá redução na oferta de água. Na figura acima, é possível observar uma queda na região do Sudeste assim como na região norte, mais especificamente no nordeste da floresta amazônica, transformando a floresta úmida em savana (IPCC, 2007). Entretanto a extensão das áreas afetadas está projetada a se elevar, impactando múltiplos setores, entre eles a geração de energia (IPCC, 2007).

Finalmente, em seu quinto relatório, IPCC AR5<sup>15</sup> publicado em quatro partes a partir do final do ano de 2013 até novembro de 2014, é reafirmado que o aquecimento global é um fato inequívoco (IPCC, 2014). Possuindo fortes evidências e estatísticas alarmantes, o painel divulga que as observações em relação ao aquecimento global e seus impactos não possuem precedentes nas últimas décadas e até milênios (IPCC, 2014).

Segundo eles, no hemisfério norte, o período entre 1983 e 2012, são provavelmente<sup>16</sup> as três décadas mais quentes em relação aos 1.400 anos anteriores. Além disso, a média global de temperatura da terra e do oceano calculada por uma tendência linear mostra aumento de 0,85°C entre 1880 e 2012. Quando comparado o nível do mar compreendido entre 1901 e 2010, obtém-se que a média global subiu 0,19m. Esse aumento registrado desde a metade do século XIX é maior do que a média dos dois últimos milênios. De acordo com o painel, as emissões de gases com efeito de estufa oriundas da atividade humana aumentaram desde a era pré-industrial nunca chegou ao patamar observado neste documento. As concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) não possuem precedentes em comparação com os últimos 800.000 anos. Os impactos dos GEE na atmosfera foram detectados em todo o sistema climático e é extremamente provável<sup>17</sup> que tenha sido a principal causa do aquecimento registrado a partir da metade do século XX, cerca da metade das emissões antrópicas de CO<sub>2</sub> no período entre 1750 e 2011 ocorreram nas últimas quatro décadas (IPCC, 2014).

Os números acima citados podem ser observados na Figura 3.6, na qual existem quatro gráficos: (a) média anual global das anomalias na temperatura combinadas do oceano e terra; (b) Média global do nível dos oceanos; (c) Média global da concentração dos gases do efeito estufa - CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, e N<sub>2</sub>O

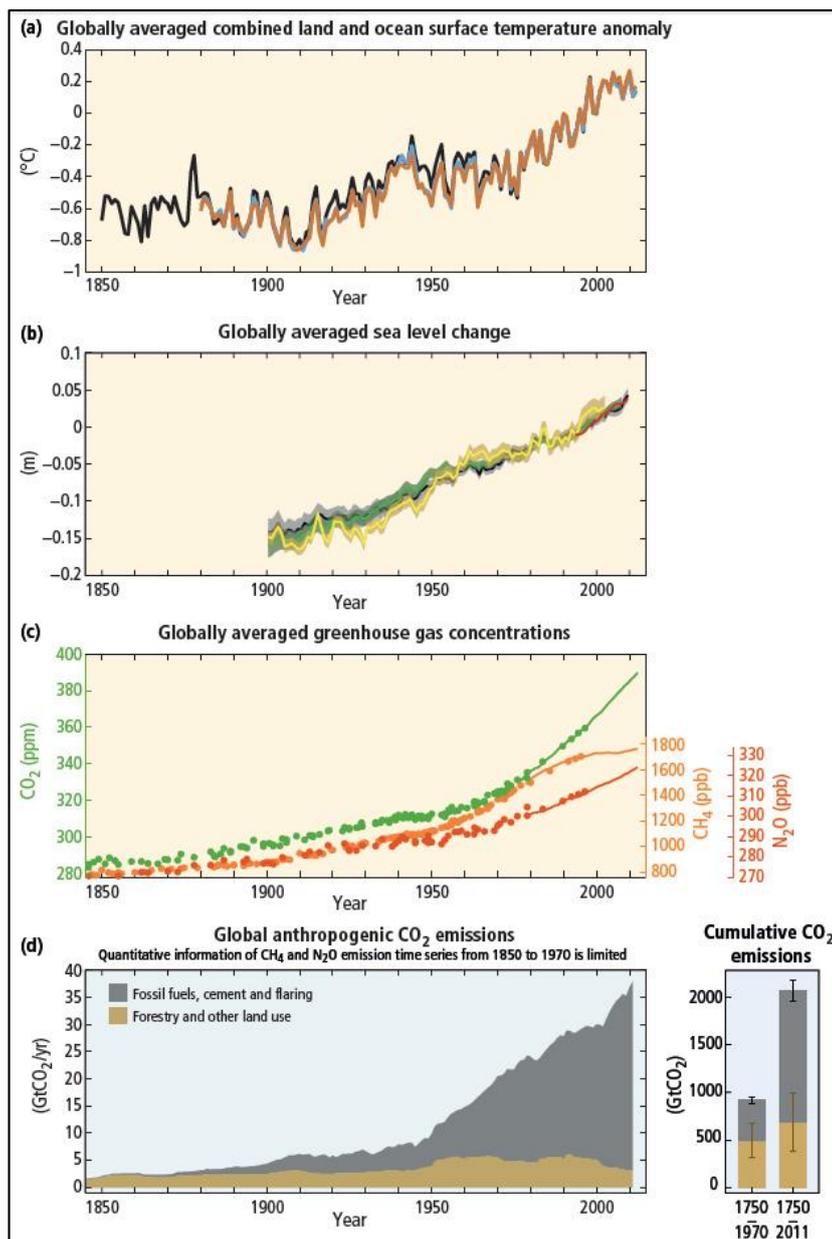
---

<sup>15</sup> IPCC Fifth Assessments Report

<sup>16</sup> Corresponde ao nível de certeza acima de 66%

<sup>17</sup> Corresponde ao nível de certeza superior a 95%

representados pelas linhas verde, laranja e vermelho respectivamente; (d) Emissões globais antropogênicas de CO<sub>2</sub>:



**Figura 4.6 (Fonte: IPCC, 2014)**

Além do demonstrado anteriormente, o mais recente relatório trouxe uma análise mais aprofundada do que já foi dito como possível no AR4, a irreversibilidade dos impactos da MCG. As evidências do AR5 vão de acordo com seu antecessor, o risco de irreversibilidade aumenta juntamente com os cenários de média e alta emissão de dióxido de carbono. Entretanto, é sabido que uma estabilização na média global da temperatura não implicaria em uma estabilização em todo o sistema climático, isto é, biomas, oceanos, e solos tem seus próprios sistemas que levariam centenas a milhares de anos a estabilizar após a estabilização da temperatura (IPCC, 2014). É virtualmente

certo<sup>18</sup> que a extensão do *permafrost*<sup>19</sup> continuará a decrescer dado o aumento da temperatura média da Terra, como também o fato de que o nível do oceano continuará a se elevar além do ano de 2100, mas a magnitude desta elevação estará relacionada ao nível de emissões de GEE no período (IPCC, 2014).

Além do caráter mais robusto das análises e projeções, o AR5 também possui pontos que convergem com a temática do presente trabalho. Evidentemente, a geração de energia renovável é o ponto chave. A matriz que utiliza a força das águas para geração elétrica foi um dos pontos em que, segundo o painel, poderá sofrer vulnerabilidades no caso brasileiro devido as mudanças climáticas (IPCC, 2014). Contudo, a disponibilidade de água é um ponto em que uma administração pública responsável, integrada e consciente pode realizar um papel fundamental na adaptação as mudanças climáticas. Além disso, é exposto que segundo algumas projeções sobre como a MCG afetaria o padrão dos ventos no Brasil, a alternativa eólica seria viável em detrimento da vulnerabilidade da principal matriz atual (IPCC, 2014).

### **4.3. Conclusão:**

A partir da análise dos cinco principais documentos publicados até o momento pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, podemos observar como o processo decisório dos governos em relação ao tema tomou contornos cada vez mais fundamentais para que seja possível ao menos mitigar as consequências do aquecimento da Terra.

Esse aquecimento que também evoluiu ao longo dos anos, passando de provável nos primeiros relatórios para inequívoco nos últimos dois. Após a constatação de que, de fato, o a temperatura média do planeta apresenta uma tendência crescente nos últimos anos, se investigou as possíveis causas e em qual proporção as atividades antrópicas estariam relacionadas a ela. O resultado dessa pesquisa evoluiu em magnitude, extensão geográfica e precisão desde 1990, ano que foi divulgado os primeiros estudos sobre o clima por parte do IPCC. A relação de causalidade entre as emissões de GEE provenientes de atividades humanas e o aquecimento da Terra desenvolveu-se de maneira que a incerteza constatada nos relatórios do século XX se transformou em algo concreto no AR4(2007), levando a um nível de convicção superior a 90% (INPE, 2010). Outro ponto em que se observa alteração no tom em que o painel tratou durante os seus cinco relatórios é a possibilidade de reversão do problema, isto é, até que ponto e como poderia ser solucionado o aquecimento global, a cooperação intergovernamental era tratada com um ponto chave e factível para evitar as principais consequências da MCG na origem dos relatórios, entretanto a inatividade dos governantes em direção a uma

---

<sup>18</sup> Corresponde a um nível de certeza acima de 99%.

<sup>19</sup> Termo usado para designar solos que permanecem congelados em grande parte do ano.

economia de baixa emissão de carbono encaminhou a análise ao ponto em que é muito provável que algumas consequências sejam irreversíveis ainda nesse século como publicado no AR5.

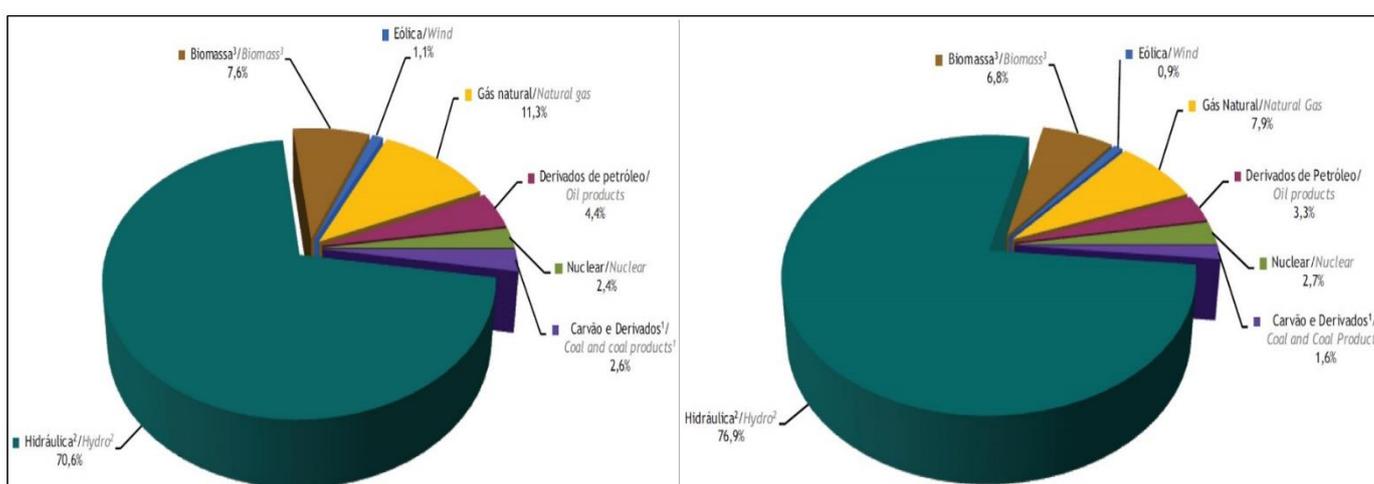
Enfim, o sistema climático vem sendo estudado e analisado desde o final da década de 1980. As seguidas advertências e projeções sobre como ele está se alterando devido, principalmente, a forma como a sociedade consome e necessita do uso excessivo de combustíveis fósseis acarretaram em uma evolução para o que já é considerada como uma crise ambiental global.

## 5. Crise Hídrica – Caso Brasil:

Essa seção será dedicada ao estudo e apresentação da crise hídrica nacional e suas consequências, como o aumento do volume de GEE emitidos pelo país no setor elétrico em virtude do impacto negativo sobre sua maior matriz, a hidráulica. No ponto de vista global, a energia elétrica é um fator crucial para os objetivos de controle sobre a MCG. Segundo dito pelo IPCC, a energia é a principal fonte de emissões antrópicas de gases do efeito estufa na Terra (IPCC, 2007).

### 5.1. Efeito sobre a geração de energia hidráulica:

No Brasil a energia elétrica sempre teve como sua composição uma maioria de fontes renováveis, sobretudo a fonte hidráulica, sendo uma referência aos demais países (MME, 2014). Contudo, a matriz renovável, possui suas vulnerabilidades pois possui uma forte dependência da situação climática, sendo suscetível a alterações que podem afetar negativamente sua geração de energia (IPCC, 2007) como uma situação de baixa precipitação, reduzindo os níveis dos reservatórios. Segundo os BEN<sup>20</sup> referentes aos anos de 2012 a 2014, o panorama hidrológico desfavorável levou a uma redução da oferta de energia elétrica por meio das hidrelétricas no referido período. De acordo com o BEN do ano de 2014, a qual se refere ao ano base de 2013, houve uma redução da participação hidráulica na matriz elétrica brasileira na ordem de 6,3 pontos percentuais, sendo representado como 70,6% (Figura 5.1) da oferta elétrica. Ficou também evidenciado nesse balanço a necessidade da expansão das térmicas para que se fosse possível atender a demanda elétrica do país, entretanto esse ponto será destrinchado mais à frente.

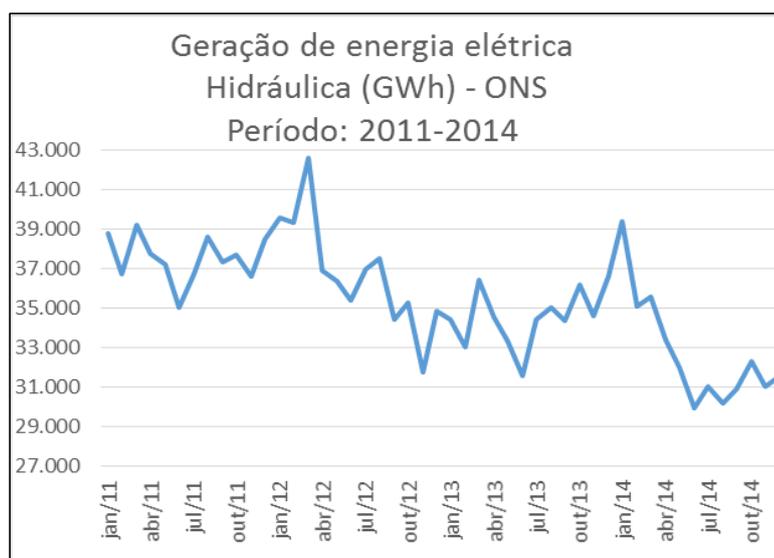


**Figura 5.1 – Representatividade das matrizes na energia elétrica; Esquerda: Ano base 2013; Direita: Ano Base 2012 (Fonte: BEN, 2013; BEN, 2014)**

Além desta, outra forma de demonstrar claramente como os reservatórios foram afetados pela mudança no padrão das chuvas, reduzindo sua capacidade de geração de energia é a representada pela

<sup>20</sup> Balanço Energético Nacional – Relatório fornecido pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, onde é analisada a conjuntura da Energia no país.

Figura 5.2, nele estamos no intervalo entre o início do ano de 2011 e o fim de 2014. Quando calculada a variação total do período, isto é, o quanto variou se comparado janeiro de 2011 com dezembro de 2014, retornaremos um valor de – 18,51% (ONS) na geração de energia elétrica hidráulica.



**Figura 5.2 – (Fonte: IPEA); ver tabela.**

## 5.2. Alternativa:

Como o apresentado acima, fica evidenciado que a demanda pela energia elétrica no país deveria sofrer caso dependesse da, até então, majoritariedade da geração hidráulica para o seu abastecimento. O panorama onde os níveis dos reservatórios não correspondem com a capacidade de geração de energia dos mesmos forçou o país a tomar as medidas cabíveis para ofertar energia elétrica o suficiente para a sua população. Entretanto, para atingir tal objetivo a alternativa encontrada para suprir a deficiência do sistema elétrico foi então elevar a quantidade de eletricidade produzida por meios não renováveis, como também poluentes, as termoeletricas movidas a gás natural (MME, 2014). A participação de renováveis na MEB<sup>21</sup> reduziu-se consecutivamente a partir do ano de 2011, quando apresentava uma participação de 88,9% caindo para 84,5%, 78,3% e finalmente para 74,6% nos anos de 2012, 2013 e 2014, nesta devida ordem (EPE<sup>22</sup>).

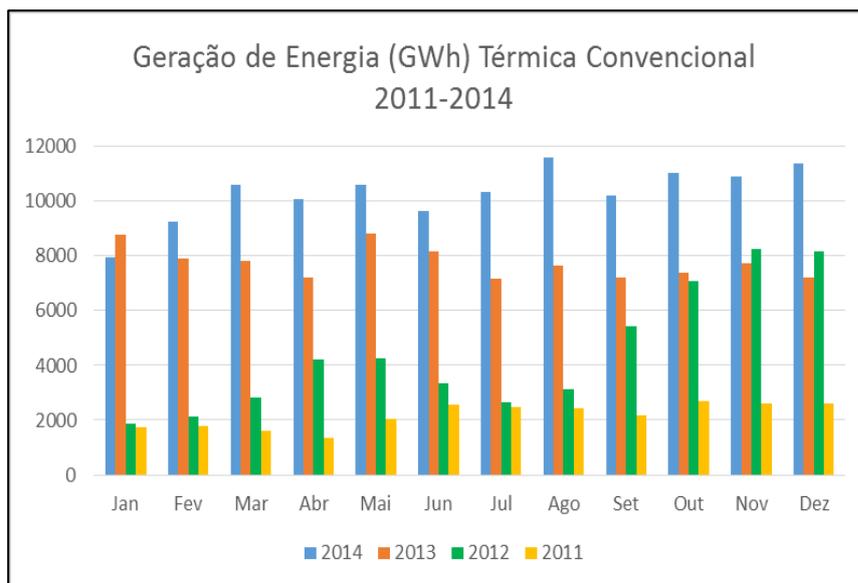
Como apresentado na Figura 5.1, a participação das térmicas a gás natural aumentou em 3,4 pontos percentuais de toda a matriz elétrica no período entre 2012 e 2013(MME, 2013; 2014). O aumento da capacidade de produção das térmicas podem ser observadas com clareza a partir do ano de 2011 tendo uma crescente força sobre o sistema elétrica nacional desde então segundo os dados fornecidos pelo ONS<sup>23</sup>, como mostra a Figura 5.3. A partir desses dados houve uma geração de

<sup>21</sup> Matriz Elétrica Brasileira

<sup>22</sup> Empresa de Pesquisas Energéticas

<sup>23</sup> Operador Nacional do Sistema Elétrico.

energia, em GWh, um pouco maior do que seis vezes ao final do ano de 2014 em relação a geração das térmicas do início do ano de 2011 (ONS, vide tabela).



**Figura 5.3 – Quantidade de GWh gerado via termoeletricas do SIN ao longo do período 2011-2014 (Fonte: ONS).**

### 5.3. Conclusão:

Enfim, como veremos adiante, essa estratégia adotada pelo governo brasileiro gerará um passivo ambiental no qual o prejuízo recairá sobre todos, mas como também sobre o próprio sistema elétrico nacional que já sofre com as mudanças climáticas sobre os seus reservatórios. Como já dito nos seguidos relatórios do IPCC, como também no trabalho dos autores Lucena A. et. al. (2009), a MEB é vulnerável as mudanças climáticas devido a sua grande dependência aos recursos naturais, como a vazão dos rios e padrão das precipitações. Quando houver um cenário onde exista uma mudança abrupta desses recursos a oferta de energia elétrica ficará deficiente sendo necessário o investimento em outras formas de geração de energia que estejam de acordo com as mudanças climáticas globais, como por exemplo, a implementação de usinas eólicas na região do Nordeste, segundo o IPCC em seu AR5. Por sua vez no próximo capítulo entraremos em mais detalhes na relação encontrada entre o desmatamento e os impactos gerados no clima brasileiro.

## 6. Desmatamento:

“Enquanto os serviços de ecossistema da Floresta Amazônica não forem integrados às estruturas políticas e financeiras, a floresta será considerada mais valiosa morta do que ativa” (INPE e MOHC, 2011).

O objetivo da presente seção será estudar como o cenário de desmatamento da floresta amazônica evoluiu de forma geral, mas também no período de estudo, mais especificamente entre os anos de 2011 e 2014. Após essa análise, será explanado as possíveis relações, além do claro aumento do volume de GEE emitidos, entre a atual crise hídrica com o cenário de desmatamento das últimas décadas. Para atingir tal objetivo o auxílio de relatórios fornecidos pelo INPE (2011) em conjunto com outras instituições competentes, como o INCT coordenado pelo cientista Carlos A. Nobre e os relatórios do IPCC serão fundamentais. Por fim, após a devida coleta de dados (INPE; PRODES) e estudo do panorama brasileiro para a questão será possível estimar as emissões oriundas dessa atividade na seção seguinte. O combate ao desmatamento é um ponto crucial para o equilíbrio do sistema ecológico do planeta, assim como a mitigação dos efeitos da MCG (INPE, 2011). Segundo John Hirst (2011), para que seja possível valorar as florestas, é fundamental que haja maior compreensão sobre o papel das mesmas sobre todo o sistema climático. As incertezas sobre os impactos da MCG sobre a floresta amazônica existem quando traçados no longo prazo, entretanto o desmatamento direto é uma ameaça grave e imediata (INPE e MOHC, 2011)

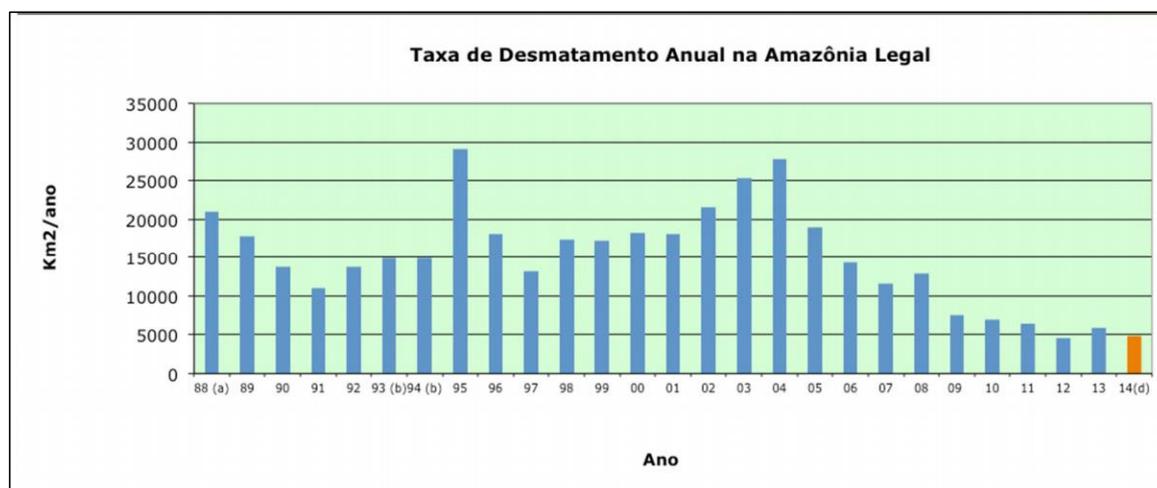
### 6.1. Evolução:

Pois bem, para avaliarmos como o desmatamento da floresta amazônicas transcorreu nesse período faremos o uso dos dados do PRODES, sistema que monitora por satélite as alterações na Amazônia e desde 1988 produz as taxas anuais de desmatamento usadas pelo governo federal para estabelecer as devidas políticas públicas. Todavia, para compreender de maneira efetiva como o desmatamento vem sendo combatido no Brasil é necessário observar uma maior faixa de tempo. Conforme mostra a Figura 6.1, as taxas anuais de desmatamento vêm sofrendo redução continuamente desde o ano de 2004, assim as formas de fiscalização têm sido aprimoradas. Em maio de 2004, o sistema denominado DETER entrou em vigor. Esse sistema consiste basicamente na detecção em tempo real do desmatamento da floresta amazônica através de satélites que mapeiam a cobertura vegetal, portanto quando há alteração na mesma é realizado um alerta para os órgãos competentes, como o IBAMA para que façam seu trabalho de modo mais eficiente dado a dificuldade de monitoramento de uma área do tamanho da floresta amazônica sem o auxílio desta ferramenta<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> <http://www.obt.inpe.br/deter/>

De acordo com o divulgado em conjunto pelo MCTI<sup>25</sup> e o INPE, a redução entre os anos de 2004 e 2014 é na ordem de 83% (Ver tabela), em outros termos, houve uma redução maior do que 22.000 km<sup>2</sup> em área desmatada (INPE, 2013). Entretanto, é possível notar que entre esses anos houveram também casos onde a taxa superou a do ano anterior evidenciando a dificuldade de repressão, e monitoramento dessa atividade.



**Figura 6.1 – Taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal (Fonte: INPE, 2013).**

**Vide tabela.**

A contextualização do problema desde os anos de 1988 como mostrado na Figura 6.1 é importante para se ter o discernimento da relatividade dos números atingidos a partir do ano de 2009 abaixo dos 7.500 km<sup>2</sup> desmatados quando comparado com taxas anteriores a 2004. Após essa análise mais abrangente do ponto de vista temporal, olharemos para os anos de 2011 a 2014. Segundo a Figura 6.2, é notável que até certo ponto, o esforço para redução do desmatamento teve seu efeito, pois as taxas encontradas são as menores desde o começo da medição por este método, PRODES, em 1988. Ainda assim há uma inconstância na redução dessa atividade como em 2013 quando se revelou uma taxa de desmatamento 28,88% maior que o seu ano passado.

	2011	2012	2013	2014
<b>Desmatamento em km<sup>2</sup></b>	6418	4571	5891	4848
<b><math>\left(\frac{\Delta_t}{\Delta_{t-1}} - 1\right)100</math></b>	-8,31%	-28,78%	28,88%	-17,70%

**Figura 6.2 – Taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal entre 2011 e 2014 em km<sup>2</sup> e relativa (Fonte: PRODES).**

Embora o desmatamento esteja reduzindo nas últimas décadas, é evidente que ainda há um caminho longo a se percorrer para que essa atividade seja levada ao seu ponto mínimo e assim não

<sup>25</sup> Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação.

produza mais GEE impulsionando o aquecimento do planeta. Além desse fator, o desmatamento tem uma relação com a situação presente no país, a crise hídrica, conforme o estudo promovido pelo INPE e MOHC<sup>26</sup> do Reino Unido no ano de 2011.

## **6.2. Relação com a crise hídrica:**

O atual panorama no qual estamos inseridos, onde houve a necessidade de reforço da rede elétrica nacional com o uso de térmicas em virtude da redução da capacidade de geração pela matriz renovável (MME, 2015), nos leva a refletir sobre os motivos que levaram a essa situação. É notável através dos trabalhos realizados pelo IPCC em seus cinco relatórios de avaliação do clima que o alerta da relação inversa do desmatamento com o volume de chuvas já havia sido dado. Além deles, outros trabalhos contribuíram para o aprofundamento do tema. O papel da floresta amazônica no sistema climático tanto local, regional ou global é essencial para a manutenção de seu equilíbrio (INPE e MOHC, 2011). Como parte desse papel, a umidade de origem da Bacia Amazônica é transportada pelos ventos para as demais partes do continente, sendo fundamental para a formação de precipitações até em regiões mais distantes da floresta (Marengo J. et al, 2004). Com isso é trivial a conclusão de que o aumento do desmatamento levaria a redução da umidade gerada pela floresta, conseqüentemente queda na formação das precipitações (INPE e MOHC, 2011). O impacto gerado por essa perda de umidade é explicitado no trecho abaixo:

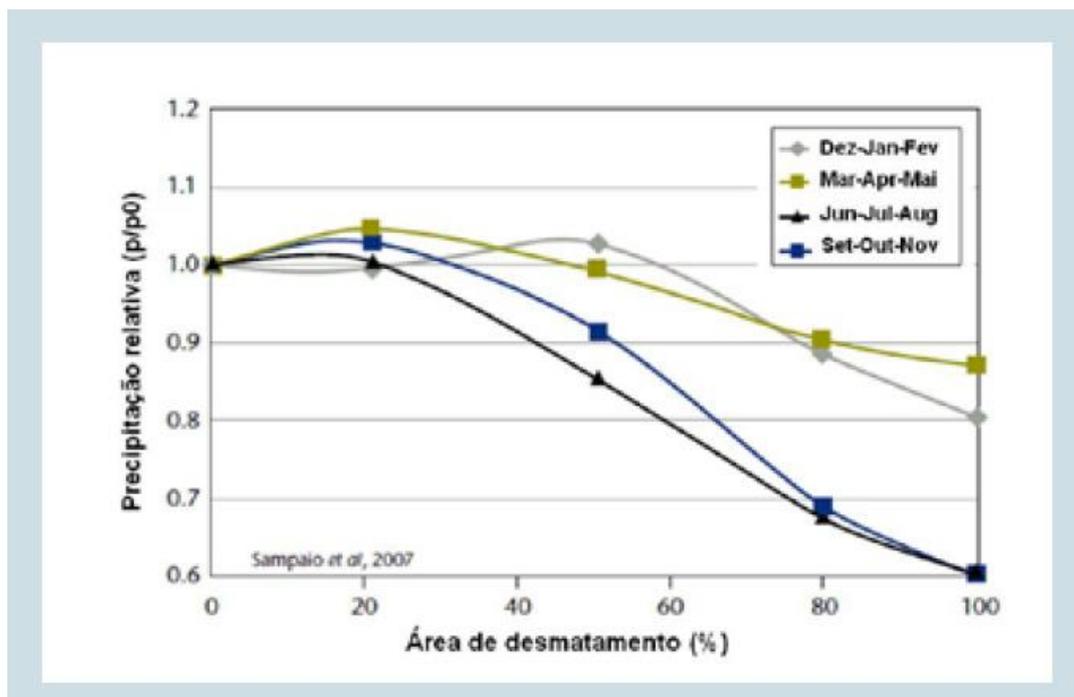
“(...) mais de 70% da energia brasileira vem de usinas hidrelétricas, portanto uma redução na precipitação pluviométrica pode limitar o fornecimento de eletricidade, afetando as atividades industriais nas regiões mais importantes do país do ponto de vista econômico” (INPE e MOHC, 2011).

Segundo Sampaio G. et al. (2007), essa simbiose entre desmatamento e volume de chuvas pode ser refletida no gráfico adiante representado pela Figura 6.3. O ponto a ser enfatizado por Sampaio é o impacto gerado no sistema hidrológico entorno da taxa de desmatamento de 30%. Para ele, caso chegue a esse nível, é possível que seja um *tipping point*, em outras palavras, seja um ponto onde os danos causados pela perda da floresta gere um impacto de uma magnitude no clima que as externalidades negativas, como a queda do volume das precipitações, formem um ciclo vicioso causando ainda mais danos à floresta. As representações das linhas no gráfico indicam o impacto do aumento da extensão do desmatamento, em relação a toda a área da floresta, na formação de precipitações para cada estação do ano. Outros autores como Nobre e Borma (2009), também

---

<sup>26</sup> Met Office Hadley Centre.

traçaram cenários onde aconteceria um caso de *tipping point* na floresta amazônica, para eles, um acréscimo de 3°C a 4°C levaria a essa situação crítica.



**Figura 6.3 - Simulação dos impactos do desmatamento sobre a precipitação pluviométrica na Amazônia. As curvas mostram a fração de precipitação no leste da Amazônia para diferentes níveis de desmatamento em toda a Amazônia, em comparação com a extensão original da floresta, para cada estação (Fonte: Sampaio G. et al., 2007).**

Não só os impactos associados ao desmatamento sobre o volume de chuvas formadas na Amazônia são de grande importância, bem como o aquecimento do planeta deverão ser acrescidos as ameaças ao sistema hidrológico amazônico. Neste sentido, o estudo já mencionado do INPE e MOHC (2011), modelou alguns cenários traçados pelo IPCC em seus relatórios para calcular os devidos impactos sobre as precipitações pluviométricas da região para a década de 2090. Os cenários que foram utilizados para o modelo foram o A1FI, A1B e B1. No primeiro deles, retrata um futuro onde o crescimento econômico é veloz, e a população mundial alcança seu ápice no meio do século e a partir daí começa a se reduzir. Há atenuação das diferenças globais assim como na renda per capita e novas tecnologias possuem rápida introdução. Todavia, nesse cenário se mantém o uso intensivo de combustíveis fósseis, sendo um cenário de maior emissão entre os explanados. Já os intitulados como A1B e B1 possuem a mesma trajetória em relação ao crescimento populacional, porém com divergências em outros pontos, como no A1B, onde o desenvolvimento é baseado no equilíbrio de diferentes fontes de geração de energia, sendo um cenário de emissões moderadas. Finalmente, o

último cenário é aquele onde o destaque recai sobre o desenvolvimento forte das tecnologias limpas e uso consciente e eficiente dos recursos, tendo, obviamente a menor tendência a emissões dos três cenários. Com isso, foi modelado a variação possível do volume de precipitação da região de acordo com cada cenário para a década final do século XXI, conforme demonstra a Figura 6.4. O resultado é percentual em comparação com os valores compreendidos entre os anos de 1961 e 1990. Para o melhor dos cenários e limites inferiores haveria um decréscimo de -11,4%, por outro lado haveria a possibilidade de termos um decréscimo de maiores proporções no limite superior do cenário de maior emissão com o valor de -40,6%.

CENÁRIO	% MÍNIMA DE MUDANÇA NA PRECIPITAÇÃO	% MÁXIMA DE MUDANÇA NA PRECIPITAÇÃO
B1	-11,4	-22,2
A1B	-17,0	-31,8
A1FI	-22,5	-40,6

**Figura 6.4 – Bandas da possível variação na precipitação pluviométrica na região amazônica para a década de 2090 de acordo com os cenários fornecidos pelo IPCC (Fonte: INPE e MOHC, 2011).**

Para os autores, as consequências para esse tipo de mudança sobre a floresta são a maior probabilidade de incêndios, pois com a redução das chuvas e tempo mais seco esse tipo de incidente se torna mais alastrado e de difícil controle, além de todos os impactos que um clima mais seco podem gerar ao Brasil. Ainda segundo eles, a importância desse tipo de modelagem recai principalmente sobre aqueles que formulam políticas públicas, afinal os recursos hídricos provenientes dessa região é fundamental para todo o sistema climático e operacional do país, sobretudo sobre a matriz elétrica nacional, que é sabidamente dependente da geração hidráulica. Com isso, caso seja possível antever certas possíveis situações de dificuldade, as ações de mitigação delas se tornariam mais eficientes.

### 6.3. Conclusão:

O desmatamento possui laços com o contexto de escassez de chuvas que é observado, e essa relação extrapola o raciocínio de que seria causado pela MCG na qual o desmatamento contribui para o aquecimento global pela emissão de GEE levando a essas mudanças no clima de maneira global. A relação entre os dois fatos é mais estreita do que esse tipo de raciocínio, sendo o desmatamento e volume de chuva gerado pela floresta amazônica variáveis que crescem de maneira proporcionalmente inversa, segundo estudos (INPE e MOHC, 2011). É evidente que ainda possui o impacto da MCG a ser acrescido nos modelos para estimar a variação das chuvas conforme visto na

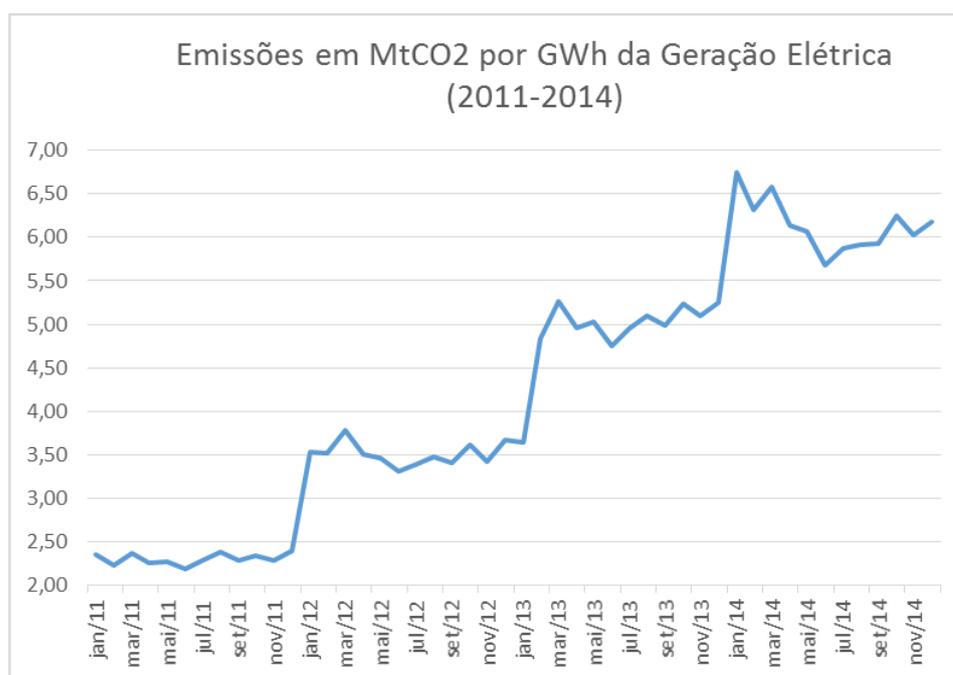
Figura 6.4. Entretanto o ponto que chama atenção na presente seção é a possibilidade de existir um ponto de irreversibilidade, o chamado *tipping point*, onde se alcançado algo em torno de 30% de desmatamento de toda área da floresta amazônica, a quantidade de precipitação gerada por ela não será o suficiente para mantê-la saudável, dando início a um círculo vicioso que poderá levar a uma “savanização” da floresta e perda de todos os serviços regulatórios da água e seu ciclo hidrológico agravando o cenário de crise hídrica e elétrica do país (Sampaio G. et al. 2007).

## 7. Emissões:

Por sua vez essa seção terá como objetivo calcular o volume das emissões emitidas a partir do desmatamento e também da geração de energia elétrica, onde a redução da participação das renováveis encaminhou o setor elétrico a uma maior insustentabilidade ambiental, emitindo maior volume de GEE. Ao final será realizado um balanço quantificado em dólares, calculado a partir do valor da tonelada de carbono, do período de 2011 a 2014, onde a crise hídrica se agravou, comparando o volume de emissões que foram, ocasionalmente, reduzidas provenientes do desmatamento com o que foi gerado a partir da ausência de uma alternativa limpa a geração hidroelétrica. Dessa maneira nos retornando um valor positivo, ou negativo, indicando quais caminhos o país deve tomar para estabilizar suas emissões.

### 7.1. Energia Elétrica:

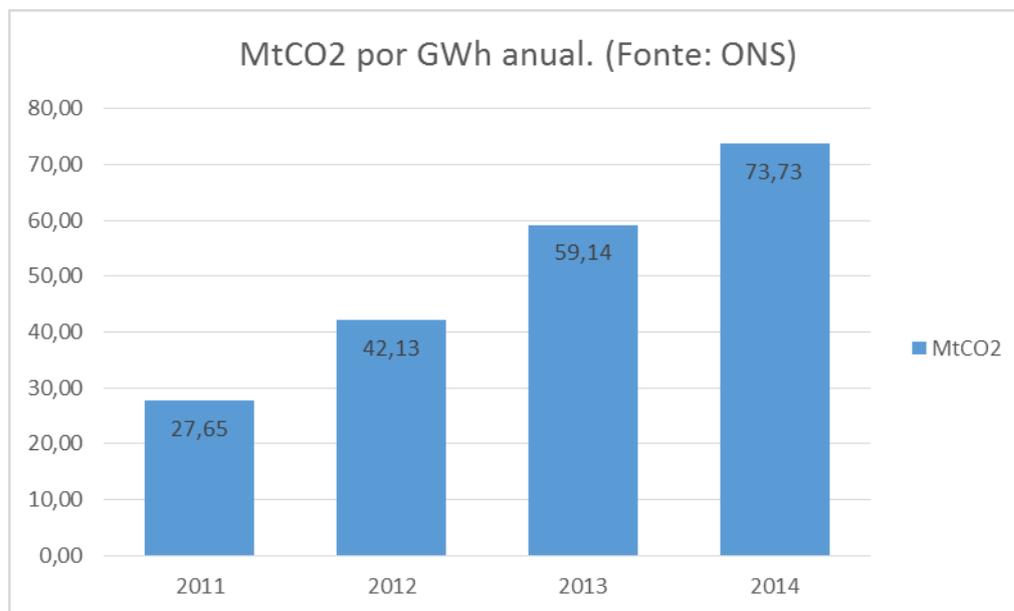
Segundo os dados divulgados pelos Balanço Energético Nacional dos anos de 2011 a 2014, devido as condições hidrológicas desfavoráveis, o volume de CO<sub>2</sub> emitido, em média, para gerar 1MWh aumentou em todos os relatórios. O SIN<sup>27</sup> emitiu em média 56 kgCO<sub>2</sub> para gerar 1 MWh em 2011, 82 ,115 e 137 em 2012, 2013 e 2014 respectivamente. Contudo essa estatística ainda foi considerada abaixo da média mundial, de acordo com os relatórios, quando comparada as emissões dos sistemas elétricos de países como EUA e China. Portanto com base nessas médias foi possível calcular e traçar a evolução do volume de emissões da matriz elétrica brasileira como demonstrado na Figura 7.1.



**Figura 7.1 – Evolução das emissões de CO<sub>2</sub> equivalente provenientes da geração elétrica do SIN ao longo do período 2011-2014 (Fonte: ONS; MME).**

<sup>27</sup> Sistema Interligado Nacional.

Além deste, outro gráfico representado na Figura 7.2, nos auxilia na tentativa de elucidar o montante emitido anualmente em Mt (mega toneladas)<sup>28</sup>, visto que será esse valor contabilizado mais à frente na seção que tratará do balanço das emissões das atividades explicitadas ao longo deste trabalho.



**Figura 7.2 – Evolução das emissões de CO<sub>2</sub> equivalente provenientes da geração elétrica do SIN anuais. (Fonte: ONS; MME)**

## 7.2. Desmatamento:

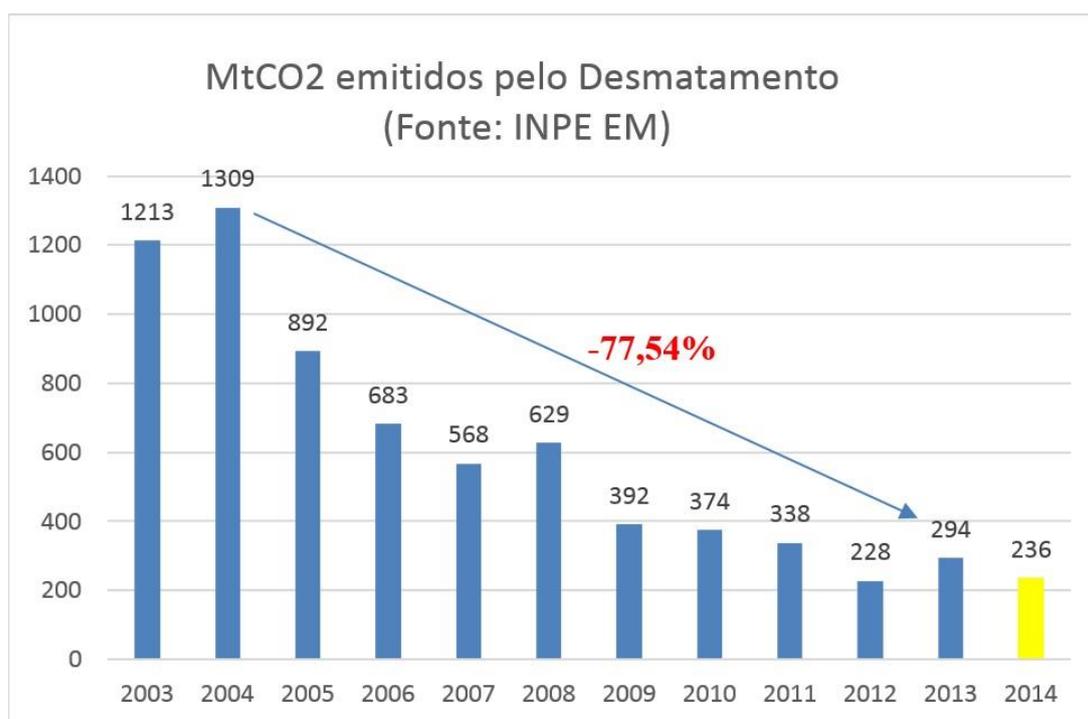
De modo semelhante ao realizado acima, serão expostos os valores em MtCO<sub>2</sub> emitidos pela mudança de cobertura da terra, em outras palavras, desmatamento. Esses valores foram publicados pelo INPE EM., este serviço do instituto responsável pela divulgação das taxas anuais de desmatamento possui duas metodologias distintas. Na primeira delas, a chamada emissões de 1ª Ordem, é recomendada para ilustrar de maneira mais intuitiva como as emissões caminham de acordo com a área desmatada de seu ano, isto é, supõe que 100% do volume de GEE são liberados no momento de mudança da cobertura da terra. Já a de 2ª Ordem é considerada mais complexa, retratando de maneira gradativa como os gases são liberados e absorvidos, buscando ser mais preciso com a realidade<sup>29</sup>. Neste trabalho, optaremos pela escolha dos dados divulgados de 1ª Ordem, devido a seu baixo nível de complexidade como também pelo fato que somente alguns anos serão levados em consideração para devidos fins de cálculo no Balanço. Caso fosse escolhido os dados de 2ª Ordem, alguns pontos importantes não seriam tratados de maneira satisfatória, como por exemplo a observação de aumento de desmatamento no ano de 2013, conseqüentemente maior liberação de

<sup>28</sup> 1 Mt = t x 10<sup>6</sup>

<sup>29</sup> [http://inpe-em.ccst.inpe.br/conteudo\\_pt/index.html](http://inpe-em.ccst.inpe.br/conteudo_pt/index.html)

GEE, na segunda metodologia esses gases ainda serão liberados surtindo efeito ao longo dos anos subsequentes, por sua vez nos dados de 1ª Ordem esse aumento é capturado de maneira imediata.

Dito isto, a Figura 7.3 nos mostra o volume em MtCO<sub>2</sub> provenientes do desmatamento a partir do ano de 2003 até 2014. Esse trecho é importante para ilustrar mais uma vez a redução obtida após 2004, ano de implementação do sistema DETER. Segundo Assunção J. et Al. (2013), este sistema de fiscalização mais eficiente foi o motor para a desaceleração do desmatamento da Amazônia nos anos 2000. Ainda segundo este artigo, entre 2007 e 2011, essa ferramenta de fiscalização desenvolvida pelo INPE evitou que mais de 59.500 km<sup>2</sup> fossem desmatados no período, o que, obviamente, culminaria em um volume extremamente maior de GEE liberados no intervalo exposto pela Figura 7.3.



**Figura 7.3 – Evolução das emissões de CO<sub>2</sub> equivalente provenientes do desmatamento.**  
(Fonte: INPE EM)

A redução desse montante emitido quando comparado os anos de 2004 e 2013 e seus dados consolidados pelo INPE chegou ao valor de -77,54%, sendo uma redução relevante dado o contexto que estávamos inseridos no início do processo. Outro ponto fundamental a ser destacado dos valores acima apresentados é a forma como o dado referente ao ano de 2014, em amarelo no gráfico, foi obtido. Em virtude da não disponibilização da estatística em tempo para este trabalho, houve então a necessidade de uma aproximação, sendo esta, resultado da seguinte base de cálculo:

$$\text{DESMATAMENTO (km}^2\text{)}_{2014} \times \text{MÉDIA DE EMISSÃO (MtCO}_2\text{/km}^2\text{)}_{1988-2013} \cong \text{EMISSÃO}_{2014}$$

∴

$$4848 \times 0,04877 \cong 236 \text{ MtCO}_2$$

(Vide tabela)

O valor encontrado será utilizado na próxima seção onde tratará do balanço das emissões das atividades reportadas nesse estudo, sobretudo neste capítulo.

### 7.3. Balanço:

Finalmente então nesta seção, será calculada como forma de um balanço, semelhante ao contábil, as emissões relacionadas a crise hídrica e desmatamento. Entretanto, é necessário ressaltar, mais uma vez, alguns pontos que podem gerar um cenário de incerteza a essa metodologia, são eles:

1. A taxa anual de desmatamento utilizada para o ano de 2014 e devidos cálculos relacionados é uma estimativa oficial do PRODES, sendo passível de alteração quando divulgado a taxa consolidada do período.
2. O dado que se refere à emissão de CO<sub>2</sub> provenientes do desmatamento em 2014 é resultado de uma aproximação que foi destrinchada na seção 7.2.

O conjunto de tabelas da Figura 7.4, nos auxilia na visualização desses valores ainda separado por tipo de atividade.

<b>Desmatamento</b>		
Ano	MtCO <sub>2</sub>	Saldo
2010	374	
<b>2011</b>	338	36
<b>2012</b>	228	110
<b>2013</b>	294	-66
<b>2014</b>	236	58

<b>Geração elétrica</b>	
Ano	MtCO <sub>2</sub>
<b>2011</b>	27,65
<b>2012</b>	42,13
<b>2013</b>	59,14
<b>2014</b>	73,73

**Figura 7.4 – Valores das emissões consolidados por tipo de atividade.**

(Fonte: INPE EM; ONS; INPE; EPE)

Assim sendo, o método proposto para ilustrar o panorama de emissões do país possuirá uma abordagem contábil, tendo duas colunas com valores em MtCO<sub>2</sub>. A da direita se apresentaram os números relacionados ao volume de GEE lançados à atmosfera tanto pela produção de energia por fontes poluentes, como também por um eventual aumento do desmatamento. Por sua vez, na coluna à esquerda são os valores que foram reduzidos, isto é, emissões evitadas, quando comparado um ano

com seu antecessor. Redução esta, fruto de um trabalho de fiscalização mais intenso e eficiente sobre a floresta amazônica (Assunção J. et al., 2013).

A notação utilizada para designar cada atividade são as iniciais, “D” e “E” para desmatamento e eletricidade, respectivamente.

<b>Balço de Emissões (MtCO<sub>2</sub>)</b>			
<b>Evitadas</b>		<b>Emitidas</b>	
D(2011-2010)	<b>36</b>	D(2013-2012)	<b>66</b>
D(2012-2011)	<b>110</b>	E (2011)	<b>27,65</b>
D(2014-2013)	<b>58</b>	E (2012)	<b>42,13</b>
		E (2013)	<b>59,14</b>
		E (2014)	<b>73,73</b>
<b>Total</b>	<b>204</b>		<b>268,65</b>
<b>RESULTADO</b>		<b>-64,653 MtCO<sub>2</sub></b>	

Figura 7.5 – Balço das emissões comparando desmatamento com geração de energia elétrica. (Fonte: INPE EM; ONS; INPE; EPE; MME)

Por fim, com o objetivo de monetizar o panorama da Figura 7.5, será aplicado o preço de 5,00 USD<sup>30</sup> para cada tonelada de carbono emitida como é comumente usado nesse tipo de abordagem (Assunção J. et al., 2013). Então retorna um valor negativo, que representa um déficit “ambiental”. Tendo assim, o país emitido mais gases estufa do que evitados no período, levando a crer que os ganhos com o combate ao desmatamento, em termos de emissões, foram perdidos devido à alta demanda pela geração elétrica oriundas de fontes não limpas, ocasionada pela redução das chuvas requeridas pela matriz hidráulica, somado a falta de investimento em fontes alternativas renováveis.

<b>RESULTADO</b>	<b>-64,653 MtCO<sub>2</sub></b>
<b>5,00 USD/tCO<sub>2</sub></b>	<b>-\$323.266.927,60</b>

Figura 7.6 – Resultado monetizado em USD do Balço das emissões. (Fonte: INPE EM; ONS; INPE; EPE; MME)

<sup>30</sup> United States Dollar

## 8. Conclusão:

Então, com o intuito de esclarecer os caminhos que levaram ao montante deficitário encontrado na seção anterior, alguns pontos citados nesse estudo podem ser recapitulados. Como por exemplo o agravamento da crise hídrica no período de estudo, onde se observou a queda de capacidade de produção de energia elétrica hidráulica na ordem de -18,51% (Figura 5.2). Com isso, então a escolha feita pelos *policy makers* foi o acionamento das termoelétricas (Figura 5.3) para suprir a demanda por eletricidade que não havia sido ofertada por esta fonte renovável. Porém, essa escolha possui desvantagens, pois as térmicas produzem GEE, como também sua produção é mais custosa quando comparada com a fonte hidráulica. Esse passivo ambiental pôde ser observado na intensidade de carbono da geração elétrica nacional que se elevou ano após ano segundo o respectivo BEN de cada ano de análise vistos pelas figuras 7.1 e 7.2, sendo o ano de 2014 com uma intensidade de carbono superior ao dobro da apresentada no ano de 2011.

Em contrapartida, o desmatamento traçou uma trajetória decrescente, -83%, desde o ano de 2004 (Figura 6.1), muito em função da inovação e eficiência na forma de fiscalizar o desmatamento da Amazônia (Assunção J. et al. 2013). Como visto também, o desmatamento e redução do volume de chuvas possui uma relação estreita (INPE e MOHC, 2011), sendo a umidade gerada pela floresta amazônica transportada para todo o continente, sendo um vetor de precipitações (Marengo J. et al., 2004). Além disso, uma das contribuições acerca dessa atividade, foi a possibilidade de irreversibilidade e perda de todo o equilíbrio da floresta. Esse cenário ocorreria caso o desmatamento fosse da ordem de 30% (Figura 6.3), levando a um colapso da floresta por meio de círculo vicioso negativo (INPE e MOHC, 2011). Todavia a redução do desmatamento predominou também nos anos de análise, 2011 a 2014, apesar do aumento de 2013.

Após todo o conteúdo apresentado, o objetivo traçado de fornecer informações críveis e fundamentadas foi alcançado para então legitimar os resultados aqui concluídos. A relação estudada entre a crise hídrica e o desmatamento no contexto de emissões de GEE levou a um quadro onde foi encontrado um déficit no período estudado. Isto é, contabilizando as emissões das duas atividades se emitiu mais do que foi evitado.

Apesar de ser razoável dizer que há outros benefícios preservados com a redução do desmatamento da floresta amazônica, como a manutenção da fauna e flora, esta conjuntura representa para os que buscam combater o desmatamento que os ganhos com a redução de emissões pela mudança do uso do solo dos anos de análise foram desperdiçados em decorrência da opção as térmicas em detrimento ao investimento em novas fontes renováveis. Já para os formuladores de políticas, retrata então uma necessidade de melhor uso da ciência que envolve o clima a favor da eficácia de suas escolhas, visto que, por exemplo, nos relatórios do IPCC há não somente advertências, como há

também oportunidades, sendo citado no documento o cenário de ventos que potencializariam o uso de usina eólicas no Nordeste (IPCC, 2014). Caso a alternativa fosse em direção ao investimento nessa fonte com base nas informações contidas nesses documentos científicos, seria possível acreditar que a queda da capacidade produtiva da matriz hidráulica fosse mitigada de forma ambientalmente sustentável revertendo a necessidade de acionamento das térmicas, logo também o quadro deficitário do controle de emissões, não contribuindo para o aquecimento global. Finalmente, para o mercado de carbono, isso retrata o impedimento do país obter ganhos financeiros a partir da venda do crédito de carbono, ou até mesmo uma possível necessidade de compra de créditos para comportar as emissões maiores caso houvesse uma meta de emissões estabelecida para o Brasil.

Enfim, o panorama resultante deste estudo traz em si diversas implicações e questionamentos sobre quais seriam as diretrizes a partir de então para o país se encaminhar a um cenário de baixo carbono em sua matriz elétrica, e economia como um todo. Portanto a motivação está intimamente relacionada ao fomento desta discussão, em outras palavras, é essencial que se debata de forma fundamentada pela ciência acerca do clima quais seriam os processos para tal, e que este trabalho possa servir como uma pequena base a essa discussão ou mesmo, porventura, para outros artigos científicos. O conjunto de informações aqui expostas, em suma, deixa evidente que é fundamental sobretudo a integração de todos os setores de uma economia em prol do objetivo de reduzir o nível de carbono, não sendo possível empenhar-se somente em uma frente, como por exemplo o combate ao desmatamento e haver um relaxamento sobre as emissões de GEEs no sistema elétrico, quando há também uma clara necessidade de investimentos em energias renováveis, pois não importa qual seja a causa das emissões dos gases, a mudança do uso da terra, ou a geração de energia elétrica o sistema climático global continuará a se aquecer e se alterar causando consequências graves, principalmente, aos mais pobres (IPCC, 2014).

## 9. Referências Bibliográficas:

Alcamo, J., P. Döll, F. Kaspar, and S. Siebert, **Global Change and Global Scenarios of Water Use and Availability: An Application of Water**, University of Kassel, Kassel, Germany, 1997, 47p.

André Luiz Campos de Andrade, Lauro Mattei, A (In) **Sustentabilidade da Matriz Energética Brasileira**, Revista Brasileira de Energia, Vol. 19, N 2, Sem. 2013, 9-36p.

Arnell, N.W., **Climate change and global water resources. Global Environmental Change**, 1999, 31–49p.

Assunção J., Gandour C. e Rocha R., **Como DETER o Desmatamento na Amazônia? O Impacto da Mudança na Política de Comando e Controle**, Climate Policy Initiative, 2013, 36p.

Brown L, **Eco-Economia: construindo uma economia para a terra**, 1ª ed., Earth Policy Institute, UMA-Editora, Salvador, Brasil, 2003, 296p.

CEBDS, **Estudo sobre adaptação e vulnerabilidade à mudança do clima: o caso do setor elétrico brasileiro**, WayCarbon, Brasil, 2013, 80p.

Haines, A. e C. Fuchs, **Potential Impacts on Health of Atmospheric Change**, Journal of Public Health Medicine 13,1991, 69–80p.

INPE e MOHC, **Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil: Análise Conjunta Brasil-Reino Unido sobre os Impactos das Mudanças Climáticas e do Desmatamento na Amazônia**, 2011, 56p

INPE, **INPE-EM: Estimativa de emissões dos gases do efeito estufa (GEE) por mudanças de cobertura da terra**, disponível em [http://inpe-em.ccst.inpe.br/conteudo\\_pt/index.html](http://inpe-em.ccst.inpe.br/conteudo_pt/index.html), Acesso em 14/05/2015.

INPE, **Projeções Climáticas para o Século XXI: IPCC AR4, IPCC AR5**, Ministério da Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, SP, 2010, 37p.

INPE, **PROJETO PRODES: MONITORAMENTO DA FLORESTA AMAZÔNICA BRASILEIRA POR SATÉLITE**. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php> Acesso em 15/09/2014.

IPAM (Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia), **REDD no Brasil: um enfoque amazônico**, 2012, 160p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), **First Assessment Report Overview Chapter**, 1990, 12p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), **HISTORY**, Disponível em: [http://www.ipcc.ch/organization/organization\\_history.shtml](http://www.ipcc.ch/organization/organization_history.shtml), Acesso em 19/03/2015.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), **IPCC Fifth Assessment Report Climate Change 2007: Synthesis Report**, 2014, 40p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), **IPCC Fifth Assessment Report Climate Change 2007: Working Group II – Summary for Policymakers**, 2014, 34p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), **IPCC Fifth Assessment Report Climate Change 2007: Working Group II – Central and South America**, 2014, 1499-1567p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), **IPCC Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Synthesis Report**, 2007, 112p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), **IPCC Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Working Group II**, 2007, 987p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), **IPCC Second Assessment Climate Change**, 1995, 73p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), **IPCC Third Assessment Report: Climate Change – Synthesis Report**, 2001, 34p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), **IPCC Third Assessment Report: Climate Change – Hydrology and Water Resources**, 2001, 44p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), **IPCC Third Assessment Report: Climate Change – Latin America**, 2001, 42p.

Kirsten Halsnæs, Anil Markandya, P. Shukla, **Introduction: Sustainable Development, Energy, and Climate Change**, World Development, Volume 39, Issue 6, June 2011, 983-986p.

Lucena A. et al., **The vulnerability of renewable energy to climate change in Brazil**, Energy Policy, Volume 37, Issue 3, March 2009, 879-889p.

Marengo, J. A., **Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin**. Theor. Appl. Climatol., 78, 2004, 79-96p.

MCT (Ministério de Ciência e Tecnologia), **Inventário Brasileiros das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa**, BRASIL/MCT, 2009, 16p.

MME (Ministério de Minas e Energia), **Balanço Energético Nacional 2015: Ano Base 2014**. BRASIL/MME/EPE. Rio de Janeiro, 2015, 56p.

MME (Ministério de Minas e Energia), **Balanço Energético Nacional 2014: Ano Base 2013**. BRASIL/MME/EPE. Rio de Janeiro, 2014, 54p.

MME (Ministério de Minas e Energia), **Balanço Energético Nacional 2013: Ano Base 2012**. BRASIL/MME/EPE. Rio de Janeiro, 2013, 54p.

MME (Ministério de Minas e Energia), **Balanço Energético Nacional 2012: Ano Base 2011**. BRASIL/MME/EPE. Rio de Janeiro, 2012, 55p.

Nobre, C. A. and L. S. Borma, '**Tipping points**' for the Amazon forest. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, 1, 2009, 28-36p.

Pereira A., et al., **Energy in Brazil: Toward sustainable development?** Energy Policy, Volume 36, Issue 1, Janeiro 2008, 73-83p.

Portal Brasil, **Desmatamento é o segundo menor em 25 anos**, 10 de set. 2014. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2014/09/desmatamento-e-o-segundo-menor-em-25-anos>, Acesso em: 15/09/2014

Richard S. J. Tol. **The economic impact of climate change**. Perspektiven der Wirtschaftspolitik: PWP : eine Zeitschrift des Vereinsfür Social politik. 2010; 13p-37p.

Sampaio G. et al., **Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion**, Geophys. Res. Lett, 2007, 34p.

Schneider, et al., **Carbon Dioxide Warming and Coastline Flooding: Physical Factors and Climatic Impact**, Annual Review of Energy 5, 1980, 107–140p.

SUDAM, **Amazônia Legal: Área de atuação, Belém**. Disponível em: <http://www.sudam.com.br/amazonia-legal/area-de-atuacao> Acesso em: 19/09/2014.