



Departamento de Economia  
Pontifícia Universidade Católica - PUC-Rio

2015.1

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA FINAL DE CURSO

OS LIMITES DO PLANETA E A GOVERNANÇA GLOBAL

Michel Schreiber Heilborn  
No. de matrícula: 1012578

Orientador: Sérgio Besserman Vianna.

Junho de 2015



Departamento de Economia  
Pontifícia Universidade Católica - PUC-Rio

2015.1

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA FINAL DE CURSO

OS LIMITES DO PLANETA E A GOVERNANÇA GLOBAL

Michel Schreiber Heilborn  
No. de matrícula: 1012578

Orientador: Sérgio Besserman Vianna.

Junho de 2015

"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".

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

Agradeço a todos aqueles que me apoiaram e ajudaram durante o processo de elaboração da minha monografia mas quero destacar especialmente o renomado professor Sérgio Besserman que sempre esteve ao meu lado. Agradeço também ao apoio incondicional de toda a minha família, sendo este ainda mais especial por parte da minha mãe Monica, meu pai Max e minha irmã Sophia.

## Sumário

1. Introdução.....	5
1.1 Motivação e objetivos.....	6
1.2 Resumo da metodologia.....	6
2. A emergência socioambiental.....	10
2.1 A mudança de uma era.....	11
2.2 A criação de um conceito: desenvolvimento sustentável.....	12
3. As principais correntes que abordam o desenvolvimento sustentável.....	14
3.1 A sustentabilidade fraca.....	15
3.2 A sustentabilidade forte.....	18
3.3 Os economistas ecológicos.....	19
4. Os limites do planeta.....	22
4.1 Ligando escalas regionais e globais.....	24
4.2 Atualizando os limites do possível.....	25
5. Conclusão.....	32
6. Referências bibliográficas.....	35

## **Tabelas e Gráficos**

Figura 1: Sistema econômico sem limitação.

Figura 2: Sistema econômico com uma limite relativo em relação ao meio ambiente.

Figura 3: Sistema econômico limitado pelo meio ambiente.

Figura 4: Gráfico que demonstra a descrição conceitual das fronteiras planetárias.

Figura 5: Mapa e descrição de como está o conjunto das fronteiras planetárias proposta pelo Instituto de Resiliência de Estocolmo.

## 1. Introdução

A crise do meio ambiente é uma das protagonistas do cenário dos debates econômicos neste começo de século. O modelo de desenvolvimento vigente fundamentado em grande parte no crescimento econômico, mensurado pelo PIB, tem se demonstrado insustentável e suas consequências não devem mais ser ignoradas pela sociedade. É cada vez mais claro que se continuarmos neste ritmo de crescimento e degradação do meio ambiente, a escassez de recursos naturais, as mudanças climáticas, e as transformações na dinâmica do planeta ameaçarão a vida do ser humano em um futuro cada vez mais próximo.

Dia após dia, torna-se mais evidente a existência do aquecimento global. Este gera a um ritmo cada vez mais acelerado a elevação da temperatura terrestre. Neste século, ela aumentará mais do que historicamente se vivenciou em séculos. Até 2100, ecologistas junto a engenheiros ambientais estipulam que já está contratado a elevação da temperatura da superfície terrestre entre dois e seis graus Celsius<sup>1</sup>. Dois caso se crie uma governança global pró ativa e o mundo como um todo reduza drasticamente o fluxo de gases que causam o efeito estufa. Seis, caso contrário, podendo gerar consequências inimagináveis para os nossos padrões de vida, atingindo principalmente os mais pobres com menos recursos para se protegerem.

O problema é ainda maior do que se imagina. Apesar do Brasil ter uma matriz energética bastante diversificada em relação ao mundo, a principal fonte de energia global continua sendo a queima de combustíveis fósseis, em especial o carvão utilizado nas usinas termelétricas. Vale ressaltar que são exatamente esses combustíveis fósseis utilizados na produção de energia um dos principais, se não o principal, gerador de gases que causam o efeito estufa, logo o aquecimento global.

Para o mundo tentar se manter no intervalo da elevação de dois graus célsius, este que já é enorme, precisamos mudar a matriz energética global em menos de 20 anos. Ela

---

<sup>1</sup> ROCKSTROM, Johan e STEFFEN, Will, Planetary Boundaries: guiding human development on a changing planet.

não poderá continuar sendo a queima de carvão nas termoeletricas e teremos que recorrer a um *pooling* de energias renováveis para abastecermos as nossas necessidades.<sup>2</sup>

## 1.2 Motivação e objetivos

O estudo da sustentabilidade no século XXI é algo importante tanto para a economia quanto para o futuro do planeta. Seu estudo é algo urgente e que se faz necessário. As mudanças climáticas já são e serão um fenômeno que afetarão cada vez mais a vida de todos que habitam este planeta. Serão catastróficas as consequências do aquecimento já nos próximos anos caso nada seja feito com relação ao fluxo e estoque de gases de efeito estufa, já acumulados na atmosfera e que aquecem o planeta. Através desta monografia será explicado que não é sustentável crescer a taxas cada vez maiores, tornando o mundo um lugar caótico para se habitar. Este crescimento crescente trará consequências climáticas drásticas e ainda hoje inimagináveis. Segundo Stoffaes (2015) já existem estimativas que se nada for feito até 2100 teremos reduções violentas do PIB mundial entre seis a vinte por cento devido as mudanças climáticas e os desastres ocasionados pelas mesmas. Caso se consiga investir pelo menos 1% do PIB tentando evitá-las, teremos bases mais sólidas para podermos ter um crescimento menor, mas de forma mais sustentável, trabalhando com possíveis situações menos catastróficas<sup>3</sup>. Já não há mais como evitar a elevação da temperatura em pelo menos 2 graus Celsius, mas a humanidade tem o dever de fazer o máximo necessário para que o seu intervalo de confiança não aumente.

## 1.3 Resumo da Metodologia

Com a elaboração desta monografia pretende-se, nos primeiros capítulos, contextualizar o histórico recente das conferências climáticas ocorridas, seus progressos e

---

<sup>2</sup> InterAcademy Council, "Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future", relatório, Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Amsterdã, outubro de 2007, disponível em <http://royalsociety.org/downloaddoc.asp?id=4695>.

<sup>3</sup> Ciclo de palestras organizado pela FGV: Global Climate Governance: The Truth. Palestra realizada por Christian Stoffaes: "Climate change and the economy – limits to growth versus new industrial revolution."2015.

retrocessos, assim como descrever as diferentes correntes de pensamento existentes e evidenciar como elas abordam a crise ecológica.

Serão trabalhados temas como a sustentabilidade forte e a sustentabilidade fraca, assim como as teorias de duas grandes correntes divergentes: dos economistas ecológicos e dos economistas neoclássicos, também conhecidos como *mainstream*, que concebem os limites do planeta como uma grande falha de mercado. A teoria neoclássica fundamenta que a correção da referida falha mercadológica seria alcançada através de inovações institucionais, com base no sistema de cotas ou preços, gerando uma nova estrutura de preços relativos cuja meta é atingir um nível de “poluição ótima”. Ótima no sentido de minimizar os custos ambientais maximizando o retorno da produção. Será igualmente enfatizado as diferentes etapas que o mundo já vivenciou, demonstrando que utilizar tal conceitual técnico para atingir o desenvolvimento sustentável é possível, caso particular de sucesso no Japão, onde foi decretado que quem continuasse desmatando teria uma punição severa, mas até hoje apenas vivenciado em abrangência local. Apesar da força de trabalho não ter se globalizado, o mundo se globalizou, tornando os antigos problemas regionais e locais em situações globais. Para poder tentar solucionar a crise socioambiental seria necessário uma governança global pró ativa, o que nos dias de hoje após tantas fracassos consecutivos dentro das rodadas climáticas organizadas pela ONU, é um grande desafio.

Em uma segunda parte, serão analisados dois artigos do Centro de Resiliência de Estocolmo, liderados por Johan Rockstrom, sendo o segundo a atualização do artigo anterior, que tentam definir nove limites planetários que o Planeta Terra não deveria ultrapassar, pois caso o fizesse, comprometeria a capacidade do ambiente em que vivemos sustentar os ciclos de vida que são hoje conhecidos. Tais cientistas criaram esses artigos com o intuito de alertar a todos que a humanidade já alterou de forma significativa o Planeta e que para impedir a nossa autodestruição todos deveriam encarar o sistema produtivo de forma diferente. Afirmam que, ao contrário do que se conhece atualmente, apesar de indústrias de grande porte, assim como bancos serem extremamente conectados com todo o sistema financeiro, o único sistema verdadeiramente *too big to fail* é a Terra, ou seja, ela é o único sistema demasiadamente grandioso para poder fracassar. Em seu primeiro estudo concluem que três dos nove perigosos limites que sustentam os processos ambientais e possibilitam a vida já estão ultrapassados. Tais processos são: a perda de

biodiversidade, a mudança climática ocasionada pela concentração de CO<sub>2</sub>, assim como a redução do ozônio estratosférico.<sup>4</sup> Ambos os trabalhos evidenciam a emergência em criar uma solução viável para o mundo continuar progredindo, mas sem destruir os seus meios de autopreservação. Também defendem que não existe uma única solução definida para tal questão, por isso, os *policy makers* deveriam recorrer a um *pooling* de diferentes opiniões para tentar minimizar tal apocalipse.

O maior paradoxo para solucionar e minimizar as consequências das mudanças climáticas está diretamente relacionado a lógica de incentivos. Imagine que os países do mundo formem diversas tribos, e que adotar medidas para resolver os problemas causadores de alterações climáticas seja muito custoso, como de fato o é. Os líderes mundiais sabem que disputarão a possibilidade de serem reeleitos num prazo curto ou médio, geralmente de quatro anos, e apesar de muitos terem consciência do problema climático, poucos são motivados a arcar com possíveis soluções, pois sabem que não poderão colher os frutos das medidas sustentadas, dado que seus benefícios viriam em um prazo longínquo. Em geral, os políticos têm maior incentivo em arcar com investimentos que sejam visíveis e notórios à população, uma vez que medidas populares implicam efetivamente na representatividade democrática de um eleito. A lógica imediatista que orienta a atuação estatal representa um dos maiores impedimentos à sustentabilidade ambiental. Dessa forma, os políticos postergarão as medidas necessárias ao combate das alterações climáticas até o limite, ou seja, até quando a crise já não estiver mais batendo na porta, mas quando ela já estiver aberta. Quando a crise já estiver instalada é que literalmente tais medidas serão sustentadas para tentar promover sua reeleição, mas provavelmente será tarde demais e muito mais oneroso para de fato conseguir resolver o problema.

O segundo maior problema é uma questão relacionada a Teoria dos Jogos. Imagine que alguns líderes, em países mais desenvolvidos, tenham o benefício de colher os frutos futuros de tentar minimizar as causas que contribuem para as mudanças climáticas atuais, dado que a população deste determinado local já entende de forma melhor que combater o aquecimento global de forma séria é necessário. Tais políticos terão o incentivo de sustentar

---

<sup>4</sup> ROCKSTROM, Johan e STEFFEN, Will, Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. [http:// www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32](http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32)

medidas ecológicas para promover sua reeleição, porém o problema de como solucionar a causa é maior do que parece. Apesar de alguns líderes já serem beneficiados pela realização de tais medidas no presente, a maioria dos líderes mundiais ainda não o são. Ou seja, mesmo com a existência de uma minoria de países minimizadores da ação antropogênica sobre o clima ser algo extremamente positivo para o Planeta Terra, isto ainda não é suficiente. Para minorar suas consequências seria necessário a troca da matriz energética mundial em menos de vinte anos.

Nesse momento entra em voga o problema da Teoria dos Jogos. Todos os países do mundo terão de abrir mão no médio prazo de taxas de crescimento que vivenciaram durante o século passado para diminuir as consequências ambientais da ação humana. Países em desenvolvimento não aprovam isso, pois alegam que os países desenvolvidos durante a sua curva de crescimento poluíram bastante o planeta e que teriam o direito de fazer o mesmo. Se faz necessário nesse cenário uma governança global pró ativa que negocie o problema entre países tentando alinhar os interesses distintos dos diversos *players* no mundo para poder criar bases para ter uma resposta política, social e econômica para a crise ecológica do século XXI.

Em um terceiro e último momento será caracterizado a economia global na primeira metade do século evidenciando o que será necessário macroeconomicamente para podermos superar a crise ecológica, que está a cada dia mais crítica. Provavelmente não se conseguirá acabar com as falhas mercadológicas existentes sem fazer a correção necessária nos preços relativos, nos planos de risco, assim como no investimento para podermos crescer de uma forma sólida, mas também sustentável.

## 2. A emergência socioambiental

As mudanças climáticas vem sendo apontadas como uma das amplas ameaças ambientais, econômicas e sociais que a humanidade e o planeta terra confrontarão na atualidade. Ela já é uma das protagonistas no contexto dos debates econômicos e sociais neste começo de século, mas ainda poucos afirmam com tanta clareza que ela provavelmente será uma das maiores revoluções vividas pela história da sociedade.

O atual modelo de progresso e desenvolvimento baseado em grande parte no crescimento econômico, mensurado pelo PIB, não é ecologicamente sustentável e suas consequências não podem mais ser ignoradas pela humanidade. É cada vez mais claro que se continuarmos neste ritmo de crescimento e degradação do meio ambiente, a escassez de recursos naturais, as mudanças climáticas, e as transformações na dinâmica do planeta ameaçarão a vida do ser humano em um futuro cada vez mais próximo.<sup>5</sup>

Apesar de maiores evidências a respeito das alterações climáticas existentes, diversas doutrinas de pensamento negam a existência da crise de sustentabilidade ou acreditam fortemente que os avanços tecnológicos resolverão os problemas futuramente. Robert Solow chegou a afirmar que com os avanços na produtividade do processo produtivo através da combinação de investimentos em novas tecnologias e em capital humano fariam com que no futuro próximo não fossem mais necessários insumos para existir produção. Ou seja, segundo Solow, no limite, poderíamos produzir eternamente como se o mundo e seus recursos naturais fossem infinitos<sup>6</sup>.

Cabe ressaltar que essa opinião não é majoritária. De acordo com Lins & Zylbersztajn (2010) apud Lester Brown (2007) a economia é totalmente dependente do meio ambiente, sem o meio ambiente não há economia. Essa afirmativa evidencia um erro recorrente, referir-se ao meio ambiente como se a população humana não estivesse incluída no mesmo, separando a todos da natureza não é lógico nem sustentável. Tal erro já trouxe onerosos custos para o planeta terra, que cedo ou tarde independente de crenças distintas

---

<sup>5</sup> MENDLEWICZ, Nicole “A sustentabilidade empresarial: Estudo e análise da empresa fibria” Monografia de conclusão de curso Pontifícia Universidade Católica. Junho de 2014.

<sup>6</sup> SOLOW, Robert M “A contribution to the Theory of Economic Growth” Journal of Economcis 70, Fevereiro de 1956.

atingirá à humanidade. “Diferentemente do passado, o homem terá de retornar a ideia de que sua existência é uma dádiva do sol.”<sup>7</sup> Ambas as ideias evidenciam a metáfora descrita no testamento antigo: do pó viemos e ao pó voltaremos.

No próximo capítulo, serão abordados as diferentes correntes de opinião contrastando temporalmente as ideias do *mainstream* neoclássico com a dos economistas ecológicos, relacionando-os a conceitos de sustentabilidade forte e sustentabilidade fraca, colocando-os em perspectiva com as estatísticas dos índices de desenvolvimento sustentável já vigentes.

## 2.1 A mudança de uma era

Normalmente, eras geológicas são caracterizadas por marcas significativas nas camadas rochosas da crosta terrestre, delimitando o fim de uma era e evidenciando o começo da próxima. Em geral, tais marcas são originárias de grandes transformações como impactos de grandes meteoros, vulcanismos, glaciações e deslocamentos tectônicos. Acontecimentos que possuem uma força fenomenal e evidenciam o poder da natureza.

O Holoceno foi a época histórica caracterizada pela estabilidade do clima da terra assim como por ter temperaturas mais amenas, fato que propiciou o desenvolvimento de populações nas regiões mais diversas do planeta. Vale ressaltar que foi exatamente essa estabilidade que favoreceu a expansão e o crescimento da agricultura possibilitando o crescimento de populações atingindo patamares cada vez mais numerosos.

O Holoceno comparativamente a outras eras geológicas foi curto. A partir do século XVIII e começo do século XIX é fácil evidenciar o aumento significativo do impacto antropogênico. Estatísticas representadas por gráficos do International Geosphere-Biosphere Programme<sup>8</sup> (2004) revelam a intensificação na escala e no ritmo da utilização de recursos hídricos, do aumento das comunidades, do crescimento do consumo de fertilizantes assim como da urbanização, a emissão significativa de gases poluentes como o dióxido de enxofre e gases de efeito estufa (Metano e CO<sub>2</sub>), entre diversos outros fatores que

---

<sup>7</sup> ROEGEN G. N., “The Entropy Law and the Economic Process.” 1971.

<sup>8</sup> International Geosphere-Biosphere Programme 2004, “Executive Summary”, Global Change and the Earth System - a Planet Under Pressure Steffen, W. e Elliott, S. (eds.), IGBP Secretariat, Stockholm. pp.15,17

impactaram o mundo que é conhecido hoje. A magnitude de tais impactos já é abrangente e, diferentemente de outras eras geológicas, o impacto do homem sobre o planeta terra tornou-se o principal fator geofísico que vem modificando a configuração do mesmo.

Segundo o Professor Sérgio Besserman Vianna, a humanidade já é suficientemente forte para afetar a natureza do tempo dela, porém não no tempo da natureza. É provável que daqui a muitos trilhões de anos a natureza se regenere, presumivelmente diferente de como o ser humano a conhece hoje, mas caso isso aconteça, a chance do homem estar novamente dentro dela é ínfima<sup>9</sup>.

O Antropoceno é uma combinação de duas raízes de palavras gregas: anthropo- que significa “humano”, e –ceno que significa “novo”. Tal denominação não foi escolhida ao acaso, e é uma palavra que carrega um grande peso, podendo ser interpretada como “idade do homem”. Portanto, na atualidade, diferentemente do que de como ocorreu na história do planeta como em eras passadas, não são mais asteroides que finalizaram um ciclo de uma era geológica propiciando o surgimento de outra, e sim a atividade humana.

## **2.2 A criação de um conceito: desenvolvimento sustentável**

Apesar da importância de se trabalhar conceitos como o de sustentabilidade, mudanças climáticas, aquecimento global, e desenvolvimento sustentável apenas a relativamente poucas décadas que cientistas começaram a estudar o tema de forma mais ampla. Não existia uma noção clara da ação antropogênica sobre o planeta. Acadêmicos e cientistas até a década de 1960 não possuíam o conhecimento para ter a clareza de enxergar os limites do planeta. De forma geral, tais pesquisadores haviam focado apenas em como o ser humano poderia se beneficiar dos padrões climáticos vigentes.

As primeiras teorias científicas a respeito do tema que inauguraram o debate sobre o abalo da ação humana sobre o planeta terra foram inicialmente estudadas por um grupo de cientistas, acadêmicos e políticos que ficou conhecido como o “Clube de Roma”. Em 1972, um grupo de cientistas do MIT, chefiado por Dana Meadows, publicou seu primeiro

---

<sup>9</sup> VIANNA, Sérgio Besserman, Clima e economia: A dimensão social é evidente; a econômica, menos óbvia. Jornal O Globo Dezembro de 2014.

relatório, cujo título dado foi: “Os limites do Crescimento”. Tal trabalho tratava de assuntos críticos para o desenvolvimento futuro da humanidade, como por exemplo: poluição, saneamento, saúde, energia, crescimento populacional e tecnologia. Através de modelos matemáticos chegaram a conclusão de que provavelmente, apesar dos avanços tecnológicos, o planeta não aguentaria a pressão que o crescimento populacional traria sobre o aumento da poluição assim como sobre os recursos naturais e energéticos disponíveis. Foi durante a polarização exacerbada de opiniões distintas entre os tecnocêntricos e ecocêntricos logo após a publicação do relatório a respeito do futuro do planeta que o conceito de ecodesenvolvimento surgiu, conceito que futuramente seria descrito como desenvolvimento sustentável.<sup>10</sup>

O conceito de ecodesenvolvimento emerge desse contexto como uma proposição conciliadora, onde se reconhece que o progresso técnico efetivamente relativiza os limites ambientais, embora não os elimine, e que o crescimento econômico é condição necessária mas não suficiente, para eliminação da pobreza e das disparidades sociais. O tempo joga a favor de uma atenuação da clivagem, de uma convergência entre as duas posições.<sup>11</sup> (Romeiro 1999)

Logo em seguida, ainda em 1972, foi realizado pela ONU, a primeira conferência climática em âmbito mundial, que ficou conhecida como conferência de Estocolmo. Ela tinha como objetivo conscientizar a todos sobre os impactos antropogênicos alertando aos países membros as suas consequências.

A partir do maior esforço empenhado no estudo do tema na década de 70, surgem opiniões divergentes a respeito do desenvolvimento econômico trabalhando basicamente se este deveria conciliar eficiência econômica, prudência ecológica e desejabilidade social<sup>12</sup>, assuntos que serão melhor trabalhados no próximo capítulo.

---

<sup>10</sup> ROMEIRO Ademar Ribeiro, Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares. (1999)

<sup>11</sup> Ibidem.

<sup>12</sup> Ibidem.

### 3. As principais correntes que abordam o desenvolvimento sustentável

Existem três grandes correntes que abordam o desenvolvimento sustentável. A sustentabilidade fraca, a sustentabilidade forte e os economistas ecológicos. Tais correntes concordam que o desenvolvimento sustentável é necessário, porém discordam em quais ferramentas político econômicas deveriam utilizar para poderem alcançá-lo.

Cabe ressaltar que todas as três estão de acordo que o desenvolvimento econômico só seria passível de ser nomeado sustentável caso estivesse contido no desenrolar do seu processo três pilares fundamentais: a eficiência econômica, a desejabilidade social e a prudência ecológica.<sup>13</sup> As três correntes também acreditam que a ausência de crescimento não é uma opção, pois utilizando-se da história recente, tais economistas possuem total capacidade de discernir, qualificar e quantificar os benefícios que o crescimento propiciou durante a história da humanidade. Cabe frisar que, em média, a qualidade de vida de um cidadão norte americano hoje é maior do que foi a qualidade de vida de um Czar russo. Em menos de três séculos o homem através do estudo, do crescimento e do desenvolvimento de novas tecnologias conseguiu trocar a força de carga dos animais por poderosas máquinas que o possibilitaram conhecer o espaço sideral e, chegar até a lua.

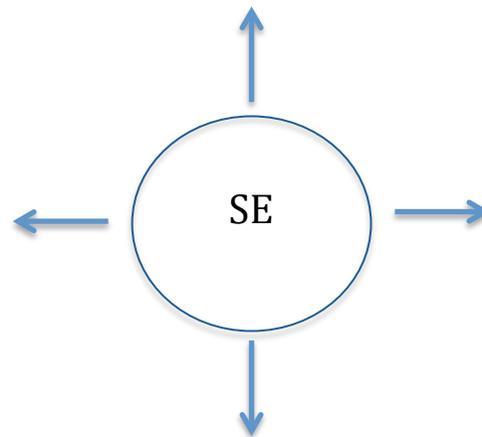
As principais divergências entre as três principais correntes de pensamento são baseadas em dois aspectos fundamentais. O primeiro é em qual ferramental técnico e/ou institucional utilizar para atingir o progresso sustentável. E a segunda é se a humanidade conseguirá promover um nível de crescimento suficientemente sadio que continue melhorando a qualidade de vida hoje, porém sem afetar progresso futuro das gerações vindouras. Em 1987 a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, publicou um relatório cujo título era: “Nosso Futuro Comum”, dentro dele o desenvolvimento sustentável foi concebido como processo que: “satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.”

---

<sup>13</sup> ROMEIRO Ademar Ribeiro, Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares. (1999)

### 3.1 A sustentabilidade fraca

A primeira corrente de pensamento trabalhada será a sustentabilidade fraca defendida majoritariamente pelos economistas neoclássicos na década de 1970. Acreditavam que a economia não era restrita pelo meio ambiente e que poderia crescer eternamente sem nenhuma limitação, como se o mundo fosse infinito. Tais economistas podem ser representados pelo desenho da figura I, onde o sistema econômico encontra-se em seu envoltório com setas apontando em todas as direções caracterizando a falta de limite do possível crescimento do mesmo.



LEGENDA:  
SE= Sistema econômico.

Figura I

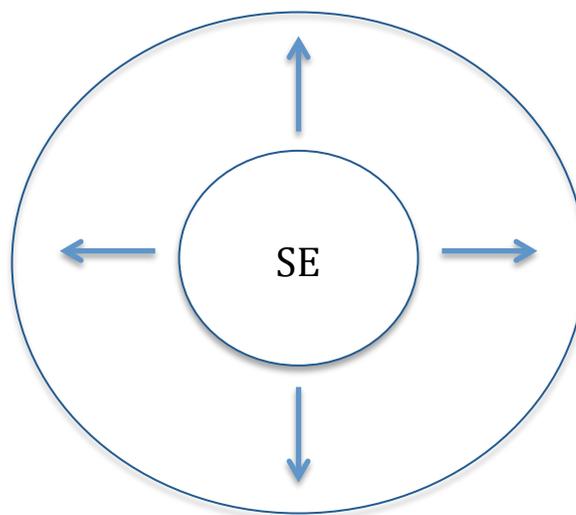


Figura II

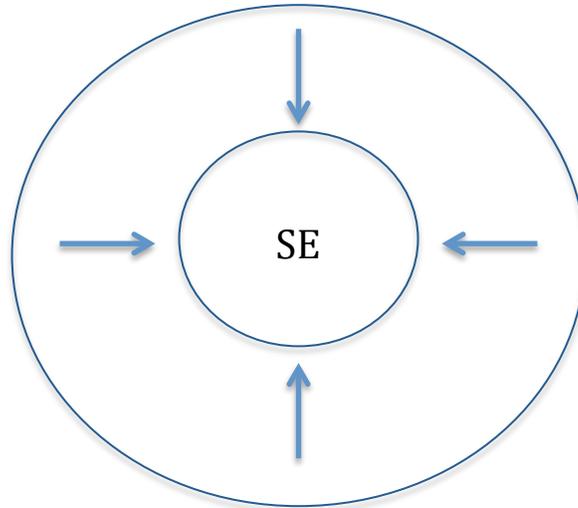


Figura III

Os economistas neoclássicos consideravam que qualquer intempérie ou falha de mercado existente seria auto regulada pelo próprio mercado e seria resolvida. Em outras palavras, não haveria a necessidade da auto regulação dos mercados por alguma instituição que não estivesse contida nele mesmo, e o sistema econômico poderia se expandir por tempo indeterminado.

Cabe ressaltar que tal grupo acreditava que se algum bem estivesse escasso no mercado a lei da oferta e da demanda faria com que a procura pelo bem aumentasse seu preço, levando os seus consumidores a consumirem menos e possivelmente a trocar o bem consumido por um bem substituto. Um bom exemplo prático é o caso do ipê e da peroba do campo, ambos bem escassos que necessitam ser retirados do meio ambiente para serem utilizados como piso dentro de apartamentos. Aqui farei três suposições: a primeira é que ambos os bens são tão parecidos que podem ser classificados como substitutos quase perfeitos; a segunda é que todos os cidadãos só possuem a alternativa em utilizar ambos os materiais para o piso de suas casas; e a terceira, e última, é que o consumo de tais bens por toda a população, de um dado país, é recorrente. Caso a utilidade marginal de um suposto cidadão em utilizar a peroba do campo no piso do seu apartamento seja maior do que utilizar o ipê, ele estará disposto a pagar um pouco mais caro e comprar a peroba do campo; porém caso o preço da peroba do campo suba mais que o suficiente para eliminar essa utilidade maior, ele irá parar de comprar a peroba e começará a utilizar o ipê. Dessa forma, se muitas pessoas resolverem ter a mesma atitude, no longo prazo, o preço da ipê irá subir,

dado sua menor oferta no mercado; e o preço da peroba irá cair, dado a menor procura pela mesma, estabilizando a oferta e a demanda pelo produto.

Em suma, o *mainstream* acreditava que simplesmente a alta do preço do bem diminuiria o consumo do mesmo até tal bem poder ser novamente encontrado na natureza. Um dos grandes problemas dessa teoria é que nem todos os bens são recursos renováveis. Os combustíveis fósseis por exemplo como o petróleo são exemplos de que se consumidos em velocidade maior do que a natureza poderia produzi-los acabaria por gerações, talvez até milênios.

Robert Solow ainda sim, acreditava que apesar da existência da lei dos retornos marginais decrescentes assim como da teoria do equilíbrio estacionário no longo prazo, as economias que investissem tanto em pesquisa e desenvolvimento quanto em capital humano poderiam ter saltos tecnológicos contínuos que lhes possibilitaria atingir níveis mais altos em *steady state*<sup>14</sup>.

Se o planeta terra fosse do tamanho de Júpiter, ou se a população humana fosse dois bilhões ao invés de sete bilhões de pessoas, os defensores da sustentabilidade fraca provavelmente estariam menos errados dado que existira uma maior capacidade de assimilação do ecossistema. Entretanto vale lembrar que os problemas que ocasionam as alterações climáticas não são produzidos por bens privados como no exemplo da peroba do campo ou do ipê, e que dessa forma não podem ter uma redução em sua demanda quando seu preço aumenta, pois são bens públicos. Cabe aqui perguntar: Quanto custa esquentar um pouco mais o planeta? Ninguém pode responder essa pergunta de uma forma clara, pois até hoje não existe nenhuma precificação mandatória para isso. Cada país pode esquentar o meio ambiente o quanto quiser, gerando uma grande externalidade negativa para todos que habitam o Planeta Terra.

Segundo Arrow et al. (1995), existe um trade off empírico entre desenvolvimento e poluição. Países em fases iniciais de desenvolvimento tendem a suportar uma maior convivência com a poluição ambiental pois acreditam que ela seja um efeito nocivo do crescimento mas inevitável. Este fato é exemplificado na figura da curva de Kuznets ambiental, representada por um U invertido. Ela demonstra que a tolerância ao ato de poluir

---

<sup>14</sup> SOLOW, Robert M “A contribution to the Theory of Economic Growth” Journal of Economic 70, Fevereiro de 1956.

de um certo país rapidamente diminui a partir de um momento em que a renda per capita média ultrapasse um determinado valor. A partir deste patamar a população estaria pronta a arcar com custos na melhoria da qualidade do meio ambiente, criando bases para a promoção de reformas institucionais imprescindíveis para haver correções nas falhas de mercado vigentes possibilitando a eliminação da assimetria entre os custos privados e sociais<sup>15</sup>.

As soluções ideais seriam aquelas que, de algum modo, criassem as condições para o livre funcionamento dos mecanismos de mercado, quer diretamente, eliminando o caráter coletivo desses bens e serviços ambientais através da definição de direitos de propriedade sobre eles (negociação coaseana), quer indiretamente, através da valoração econômica daqueles bens e serviços e da imposição desses valores pelo Estado através de taxas (taxação pigouviana).<sup>16</sup>

Caso colocado em prática a taxa pigouviana, geraria um dilema entre custos de controle da poluição e o custo da externalidade gerada pela mesma. O ponto de estabilização é encontrado quando ambos os custos se igualassem atingindo um nível de poluição ótima. Entretanto, não se pode afirmar que existe uma taxa de poluição ótima uma vez a capacidade de assimilação do meio já foi ultrapassado<sup>17</sup>. Tal dilema será melhor trabalhado no próximo capítulo.

### 3.2 A sustentabilidade forte

A figura II representa uma nova corrente do pensamento neoclássico caracterizado pelo nome de sustentabilidade forte. Esse grupo acredita que o sistema econômico vigente é sim limitado pelo meio ambiente mas limitado de uma forma relativa, capaz de ser transponível pelo avanço tecnológico e científico.

Romeiro (1999) afirma que apesar das duas soluções propostas utilizarem o ferramental econômico para tratar da problemática ambiental em cima do conceito sustentabilidade fraca, nenhum das duas seria viável. A criação de direitos de propriedade

---

<sup>15</sup> ARROW, K. et al., Economic growth, carrying capacity and the environment. Science, n.28, Apr 1995.

<sup>16</sup> ROMEIRO Ademar Ribeiro, Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares(1999).

<sup>17</sup> GODARD, O. Environnement et théorie économique: de l'internalisation des effets environnementaux (1992).

sobre bens públicos, ou seja, a negociação “coaseana”, trariam gigantescos custos de transação que não seriam eficazes na prática. Já a precificação e a internalização dos custos ambientais apesar de aparentemente ser mais aplicável no dia a dia, ela é uma ficção devido a evolução imprevisível do custo dos impactos ambientais.

Todavia, a corrente que defende a sustentabilidade forte acredita que seria necessário uma intervenção externa e permanente por parte do governo utilizando o sistema de comando e controle, conhecido no meio como *cap and trade*. Tal sistema criaria um comércio de licenças que viabilizariam poluir, onde a poluição total é fixa, delimitando assim a possibilidade da degradação ambiental ser maior do que previamente estipulado.

### 3.3 Os economistas ecológicos

Vinte anos após o início das discussões climáticas, apesar das previsões catastróficas do relatório Meadows, mesmo com o aumento visível da pressão humana sobre o meio ambiente, ocorreu o contrário do que foi previsto, o progresso técnico aumentou a eficiência no emprego e consumo dos recursos naturais levando estes a terem uma queda inesperada de preços. Entretanto, ainda que com melhor manejo e eficiência na alocação dos recursos naturais o impacto na deterioração ambiental aumentou.<sup>18</sup> Dessa forma, percebeu-se que o progresso técnico, solução milagrosa apadrinhada pelos defensores da sustentabilidade fraca, havia sido bastante mais eficaz “...em lidar com o problema do meio ambiente como (a) provedor de matérias primas, do que no enfrentamento do problema do meio ambiente como (b) provedor de serviços ecossistêmicos...” (ROMEIRO, 1999, página 70.) A partir dessa percepção, durante a ECO 92, no Rio de Janeiro, cientistas, políticos e ambientalistas, mesmo sem ter certeza se a ação antropogênica era a principal causa do aquecimento global, chegaram a conclusão que existia um risco ambiental da inação humana no sentido de deixar a humanidade continuar aumentando a carga fisiológica sobre Planeta Terra dado que entendiam que estes serviços ecossistêmicos providos por ela são de natureza finita. Compreendiam que caso esses

---

<sup>18</sup> ROMEIRO, Ademar Ribeiro, Desenvolvimento Sustentável: uma perspectiva econômico – ecológica, em Revista Estudos Avançados 74, vol 26, n 74, jan/abr 2012, USP.

limites fossem ultrapassados geraria ciclos viciosos de destruição cada vez maiores, com consequências incertas, não mensuráveis e irreversíveis. Com a indefinição probabilística do desgaste gerado pela ação antropogênica sobre o meio em que habitamos tais cientistas concordaram que deveriam colocar em prática o princípio da prevenção aliado ao princípio da precaução, reforçando assim a criação de um dever de prudência. Ou seja, não tendo certeza de quais impactos que o homem estava gerando sobre Planeta Terra, era necessário reduzir tal abalo para conseguir aumentar o espectro de tempo para poder estudar e adquirir maior ciência, diminuindo assim a incerteza sobre a sua ação.<sup>19</sup>

Cechin (2010) defende que: “Os serviços prestados pela natureza não são integrados fisicamente aos produtos, mas são importantes tanto para a produção e o consumo como para a própria manutenção da vida.”<sup>20</sup>

A terceira figura representa exatamente os defensores do princípio da precaução, os economistas ecológicos. O desenho da figura III mostra o sistema econômico envolto por um círculo dentro de um círculo maior que é o meio ambiente com setas apontadas da circunferência maior para a menor. Tal corrente de pensamento acredita que o sistema econômico é diretamente limitado pelo meio ambiente, o qual impõe uma restrição absoluta à sua expansão. Também acreditam que os recursos naturais e o capital são complementares e não podem ser substituídos uns pelos outros como era defendido por Robert Solow. O progresso científico aumentaria a princípio apenas a eficácia no consumo e emprego de tais recursos, o que empiricamente já foi vivenciado. Dessa forma, como o meio ambiente e os serviços ecossistêmicos providos por ele são finitos, a economia em um dado momento também teria que se estabilizar.<sup>21</sup>

Segundo Cechin<sup>22</sup>, Roegen defendia que: “a economia não poderia lidar adequadamente com esse problema, por isso deverá ser englobada pela mais ampla ecologia. Todavia isso só ocorrerá quando a humanidade tiver que se preocupar com a

---

<sup>19</sup>ROMEIRO, Ademar Ribeiro, Desenvolvimento Sustentável: uma perspectiva econômico – ecológica, em Revista Estudos Avançados 74, vol 26, n 74, jan/abr 2012, USP

<sup>20</sup> CECHIN, Andrei. “A natureza como limite da economia” – A contribuição de Nicholas Georgescu – Roegen. São Paulo, Edusp, 2010

<sup>21</sup> ROMEIRO Ademar Ribeiro, Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares. 1999

<sup>22</sup> CECHIN, Andrei. “A natureza como limite da economia” – A contribuição de Nicholas Georgescu – Roegen. São Paulo, Edusp, 2010.

distribuição intertemporal dos recursos e serviços naturais, e não apenas com a alocação de bens relativamente escassos numa única geração.” (CHECHIN 2010).

Daly apud Romeiro(1999) enfatiza que a estabilização econômica num suposto *steady state* não geraria ausência de desenvolvimento, apenas distanciamento de como ele é conhecido hoje. É sabido que a humanidade poderia dar um salto qualitativo na utilização dos recursos que a Terra nos oferece mudando o padrão de consumo utilizando recursos renováveis e energias limpas.<sup>23</sup> Algo que até hoje por pouco interesse da maioria das nações foi pouco incentivado e apenas postergado.

---

<sup>23</sup> ROMEIRO, Ademar Ribeiro. “Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares.” (1999)

## 4. Os limites do planeta

Desde a revolução industrial, da troca do uso da força animal e do advento da máquina a vapor, o mundo vem sendo consumido como se fosse infinito. Hoje, no século XXI, já é sabido que o mundo é finito, seus ciclos reprodutivos que conservam a vida animal e vegetal tem limites, estes cada vez mais claros através do estudo de sua mensuração.

Há um número considerável de problemas ambientais sérios, a ponto de não poderem ser descartados cenários de colapsos semelhantes ao da civilização Maia ou da ilha de Páscoa. A sobre utilização dos recursos ambientais é uma armadilha a que nenhum agrupamento humano está imune. Tais recursos parecem inesgotáveis e tem suas reduções mascaradas por oscilações ao longo dos anos. Muitas sociedades do passado sumiram por não terem conseguido lidar com seus problemas ambientais intimamente relacionados à reprodução material e ao seu desenvolvimento.<sup>24</sup>

A catástrofe ocasionada pela degradação ambiental gerada pelos seres humanos que habitaram a ilha de Páscoa, deveria ser utilizada como exemplo prático para a humanidade aprender e repensar seus valores, questionando o que é o real desenvolvimento, assim como se este não deveria ter delimitações para ser passível de ser qualificado como sustentável.

O instituto de resiliência de Estocolmo é um instituto que foi criado com o objetivo de ser um centro de pesquisa transdisciplinar que busca o avanço na compreensão dos sistemas sócio-ecológicos trabalhando na investigação e elaboração de novas ideias para serem aplicadas na prática da gestão e da governança global. Resiliência, palavra que faz parte do nome do instituto, é o potencial que uma configuração particular de um sistema tem para manter sua estrutura em funcionamento em caso de distúrbios, ou seja, é a habilidade do sistema se reorganizar quando há uma mudança estrutural.

Neste capítulo serão abordados dois artigos do centro de resiliência de Estocolmo que de forma ampla trabalham em cima destes limites categorizando e quantificando fronteiras que não podem ser ultrapassadas, pois caso nós, seres humanos, topo da cadeia alimentar, não nos adequarmos ao meio e respeitarmos seus ciclos que promovem a vida,

---

<sup>24</sup>CECHIN, Andrei. “A natureza como limite da economia” – A contribuição de Nicholas Georgescu – Roegen. São Paulo, Edusp, 2010.

estatisticamente a probabilidade de nos extinguirmos, num futuro próximo do tempo histórico da terra, é grande. O princípio da precaução sugere que não seria sábio para a humanidade levar substancialmente o sistema terrestre para longe das condições do Holoceno, dado que uma trajetória continuada de afastamento das condições do Holoceno levaria a Terra ter uma alta probabilidade de entrar num estado muito diferente do que é conhecido hoje, sendo este muito menos hospitaleiro ao desenvolvimento de sociedades humanas.<sup>25</sup>

Em seu primeiro artigo: “Planet Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity”<sup>26</sup>, categorizam nove fronteiras ambientais que uma vez ultrapassadas poderão gerar mudanças abruptas e não lineares em escala continental e planetária. Utilizando o conhecimento científico na época da publicação foram propostas a quantificação de sete delas: mudanças climáticas (concentração de CO<sub>2</sub> menor do que 350 PPM na atmosfera e/ou uma mudança máxima de +1 W/m<sup>2</sup> na radiação solar); acidificação oceânica (o estado de saturação da superfície do mar com relação a aragonita tem que ser maior ou igual a 80% do que os níveis pré industriais); degradação do ozônio estratosférico (a redução da concentração de ozônio em relação à níveis pré indústrias de 290 unidades Dobson não podem ultrapassar 5%); ciclo do fósforo e nitrogênio (limitando o influxo de fósforo nos oceanos a uma taxa menor do que dez vezes a sua taxa natural, e limitando a fixação de N<sub>2</sub> a 35 milhões de toneladas por ano); utilização de água doce (menor do que 4.000 km<sup>3</sup>/ano de uso para consumo); uso da terra (sendo este quantificado como o uso menor do que 15% das terras não geladas para a agricultura); perda de biodiversidade (sendo esta taxa necessariamente menor do que 10 extinções por um milhão de espécies anualmente). As duas outras fronteiras que não foram passíveis de serem quantificadas são: poluição química e a concentração de partículas de aerossol na atmosfera.

Em sua pesquisa, eles estimam que a humanidade já ultrapassou três das sete fronteiras propostas: mudanças climáticas, perda de biodiversidade e mudanças no ciclo do nitrogênio. A transgressão destas fronteiras pode causar alteração dos parâmetros de limite

---

<sup>25</sup> ROCKSTROM, Johan e STEFFEN, Will, “Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity.” [http:// www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/](http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/)

<sup>26</sup> Ibidem.

de outras fronteiras, uma vez que estas são interdependentes; ou até mesmo, ciclos viciosos que acabem gerando a transgressão das outras fronteiras remanescentes.

Afirmam que apesar das fronteiras propostas ainda serem meras estimativas que podem ser modificadas futuramente, hoje são as melhores quantificações que podem ser realizadas dado o conhecimento atual. Tais cientistas classificam essas fronteiras como o campo de jogo planetário em que a humanidade pode jogar de forma segura, caso não queiram induzir uma mudança ambiental em escala global.

#### **4.1 Ligando escalas regionais e globais**

Cinco anos após terem escrito “Planet Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity”, tais cientistas realizaram uma atualização das fronteiras planetárias no sentido de guiar o desenvolvimento humano num planeta em constante mudança. No seu novo artigo publicado em Janeiro de 2015 “Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet”, introduzem um nova forma de mensuração chamado two tier approach, ou seja, nesse novo estudo a maioria das fronteiras serão quantificadas em dois níveis, refletindo a importância da relação cruzada entre o nível regional de heterogeneidade dos processos que sustentam as fronteiras com o seu nível global.<sup>27</sup> Tais cientistas focam principalmente nas cinco fronteiras planetárias sub globais que tem forte escalas operacionais: integridade da biosfera, ciclos biogeoquímicos, uso da terra, utilização de água doce e emissão de aerossóis. O nível de análise sub global para estas cinco fronteiras não é idêntico e varia de acordo com a sua participação no processo de dinâmica da terra. Mudanças na integridade da biosfera ocorrem ao nível dos biomas terrestres, grandes sistemas de água doce ou o ecossistema marinho são as maiores unidades sub globais, o papel direto na regulação climática biofísica é primariamente devido as mudanças nos biomas florestais e o fluxo biogeoquímico exemplificado por N<sub>2</sub> e P provocam severas perturbações localizadas em zonas de intensa agricultura afetando o fluxo global de nutrientes.

---

<sup>27</sup> ROCKSTROM, Johan e STEFFEN, Will, “Planetary Boundaries: guiding human development on a changing planet.”2015

Em suma, onde for apropriado a atualização das fronteiras individuais, tais pesquisadores inovam incluindo simultaneamente o valor global agregado das variáveis de controle de cada fronteira e a sua função de distribuição regional.

## **4.2 A atualização dos limites do possível**

Em seu novo artigo, o Centro de Resiliência de Estocolmo define que duas das nove fronteiras previamente estipuladas: mudanças climáticas e a perda de biodiversidade, possuem um peso maior sobre as possíveis mudanças ocasionadas pelo impacto antropogênico.

A formulação das demarcações para a fronteira sobre mudanças climáticas proposta leva em conta o aumento da temperatura terrestre em quase 2° C, praticamente já contratado, a circulação termohalina, o rápido aumento do nível do mar, a maior mortalidade dos corais e o seu esbranquiçamento, a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera comparativamente com os níveis pré industriais, assim como o contínuo derretimento das calotas polares. Através deste estudo, concluíram que para o meio continuar provendo seus recursos ecossistêmicos, as variáveis controle devem permanecer como previamente estipuladas, em 350 PPM de CO<sub>2</sub> anual e +1 W/m<sup>2</sup> de radiação solar em relação ao nível pré industrial. Todavia, a zona de incerteza quanto a banda de variação e concentração de CO<sub>2</sub> anual diminuiu de 350-550 PPM para 350-450 PPM. Vale ressaltar que a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera em 2013 já era 397 PPM e a mudança na radiação solar desde 1750 já era + 2.3 W/m<sup>2</sup>, dados que possivelmente pioraram dado a lacuna de políticas públicas que promovam a sustentabilidade do meio.

Segundo Chapin (2000) a taxa corrente e projetada da perda de biodiversidade se constitui na sexta maior extinção na história do Planeta Terra, sendo esta a primeira a ser unicamente causada pela humanidade. Desde o Antropoceno, a atividade humana aumentou a taxa de extinção num intervalo de cem a mil vezes em relação a experiência prévia vivida na Terra. Tal acontecimento resultou numa média da taxa de extinção global maior ou igual a 100 milhões de espécies por ano (MACE 2005). Essa alta taxa é algo muito grave pois está dez vezes acima da fronteira estipulada inicialmente, assim como possui uma alta correlação de impacto com as outras fronteiras como já mencionado anteriormente. Dessa forma, o novo estudo dos cientistas do Centro de resiliência de Estocolmo, traz uma nova

abordagem em como lidar o problema, mapeando os papéis fundamentais da biosfera no Planeta Terra. Sugerem que a fronteira proposta se transforme em mudanças na integridade da biosfera, e que ela seja categorizada de duas formas: através da captura do material genético das espécies existentes, dado que possibilita o estudo da resiliência na sobrevivência da biosfera nos diversos cenários possíveis; e através da captura do papel da biosfera no funcionamento da Terra quantificando a sua distribuição.

No primeiro caso, mesmo que a taxa de extinção de milhões de espécies por ano seja uma variável coletada com defasagem de tempo, ela continua sendo a melhor variável controle existente para mapear o primeiro nível na integridade da biosfera, e sua fronteira é conservada como proposta anteriormente, mantendo uma taxa de extinção tolerável de no máximo 10 milhões de espécies por ano.

No segundo caso, é proposto como variável controle: o Índice de Biodiversidade Intacta (mais conhecido como BII) que captura as mudanças nas populações animais e vegetais oriundo do impacto humano em relação aos níveis pré indústrias. Ele é atualmente a melhor forma de capturar a distribuição do papel da biosfera no funcionamento da terra, ou seja, a integridade de cada bioma. Tais cientistas propõem uma fronteira preliminar de 90% do BII como teste que pode ser posteriormente revista.

A terceira fronteira proposta pelos cientistas, se constitui na preservação da camada de ozônio, dessa forma, o ozônio utilizado como variável controle tem que ter uma concentração superior a 276 unidades Dobson na atmosfera. Atualmente o único local em que a concentração de ozônio é menor do que o nível proposto é na Antártida, mas após a ratificação do Protocolo de Montreal a maioria dos países do mundo vem trabalhando para minorar essa degradação.

O protocolo de Montreal, que ocorreu em 1987, foi o acordo em que 150 países signatários se comprometeram a reduzir a degradação da camada de ozônio. Tais países conseguiram ao longo de duas décadas diminuir em 95% o uso de clorofluorcarbonetos (CFCs) e halogênicos, principais compostos químicos que contribuem para a degradação do O<sub>3</sub>, substituindo-os por hidrofluorcarbonos que não são nocivos à concentração de O<sub>3</sub> na atmosfera.<sup>28</sup> Tal esforço conjunto, que a cada dia obtém maior sucesso, é um bom exemplo de que ainda há esperança para a promoção de políticas públicas que minorem o impacto

---

<sup>28</sup> FAHEY, David, "The Montreal Protocol Protection of Ozone and Climate" 2013.

antropogênico e promovam a sustentabilidade do meio evitando que o Planeta Terra entre em numa zona de incerteza desnecessária.

A quarta fronteira proposta pelos cientistas, é a acidificação oceânica. O oceano funciona como um filtro que absorve 25% do CO<sub>2</sub> emitido anualmente<sup>29</sup>, tal processo leva a um aumento da acidez da água e uma diminuição o pH da superfície oceânica. Com a crescente emissão de dióxido de carbono em relação aos níveis pré industriais o pH do oceano que é neutro, em torno de 8,2, tem diminuído e já está abaixo de 8.<sup>30</sup> Diversos seres vivos que vivem no mar tem uma alta sensibilidade à acidez da água, e são diretamente impactados pela sua alteração. Para quantificar esta quarta fronteira utilizaremos a concentração de aragonita no mar. Ela é numa forma de carbonato de cálcio utilizado para construir conchas, esqueletos de corais e fitoplânctons, que se constituem na base da cadeia alimentar oceânica. Tais cientistas propõe a quantificação da fronteira em uma concentração do estado de saturação da aragonita no mar superior a 80% do seu nível pré industrial ou seja, 2,75 unidades ômega. Atualmente o nível de saturação da aragonita no mar está acima de 84% em relação ao seu nível pré industrial, ou seja dentro de seu intervalo tolerável.

A quinta fronteira proposta é a delimitação do ciclo de utilização do fósforo (P) e do nitrogênio (N<sub>2</sub>). Vale ressaltar que apesar de cada elemento químico merecer ser tratado de forma individual, tais cientistas trabalham em cima deles de forma conjunta pois a sua sobre utilização gera consequências muito parecidas.

A amplamente difundida utilização de fertilizantes industriais desestabilizou a química do planeta. A aplicação de adubos sintéticos mais que dobrou os fluxos de nitrogênio e fósforo no meio ambiente, à razão de 133 milhões de toneladas de nitrogênio e 10 milhões de toneladas de fósforo por ano. As duas substâncias levam à intensa poluição da água, degradam numerosos lagos e rios e afetam áreas oceânicas litorâneas ao criar extensas “zonas mortas” hipóxicas. São necessários novas práticas agrícolas que aumentem a produção de alimentos e sustentem o meio ambiente.<sup>31</sup>

---

<sup>29</sup> ROCKSTROM, Johan e STEFFEN, Will, “Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity.” [http:// www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/](http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/)

<sup>30</sup> FOLEY, A. Jonathan, “Limites para um planeta sustentável.” Scientific American Brasil N° 48 Pg. 24.

<sup>31</sup> Ibidem.

Em, seu novo estudo sobre o ciclo do P, os cientistas liderados por Johan Rockstrom sugerem uma nova fronteira que englobe dois níveis, o regional e o global. Na situação local, propõe que a taxa de fluxo do fósforo para os oceanos não deve ultrapassar 6,2 milhões de toneladas por ano evitando a eutrofização generalizada nos sistemas de água doce e salgada. Infelizmente, o influxo atual, 14 milhões de toneladas por ano, já é duas vezes maior do que a fronteira proposta. Já na situação global é mantido a fronteira sugerida anteriormente, limitando o influxo de fósforo no oceano a uma taxa menor do que dez vezes a sua taxa natural (< 11 toneladas de P a cada ano).

Já a taxa de remoção de nitrogênio da atmosfera causada pelo impacto antropogênico é atualizada limitando-a para 62 milhões de toneladas por ano. Cabe ressaltar que atualmente, todas as três fronteiras propostas para controlar o ciclo do P e do N<sub>2</sub> já estão largamente ultrapassadas.

O uso da terra, desmatada principalmente para fins agrícolas, é a sexta fronteira proposta. Em seu primeiro artigo, os cientistas sugeriram a variável controle deveria ser o conjunto das terras não geladas, ou seja, locais produtivos em que não nevasse. Para mensurar a fronteira recomendaram que os seres humanos deveriam utilizar uma porcentagem menor do que 15% dessas terras para a agricultura. Em seu novo artigo, dado a alta correlação do uso da terra com mudanças que não ocorrem apenas naquele local, como a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, o ciclo da água e os ciclos de energia, tais cientistas propõe modificar a variável controle para índices que meçam a quantidade de florestas remanescentes em cada bioma. Modificam a variável controle pois acreditam que o desmatamento das florestas influencia diretamente os processos biofísicos mencionados acima. Quantificam que as florestas tropicais e boreais deveriam ter sua mata nativa preservada em 85% enquanto que as florestas temperadas apenas 50%. Explicam que essa grande diferença ocorre devido a distinção da relevância de cada bioma em relação aos processos biofísicos que eles promovem. Eles também chamam a atenção que caso a humanidade consiga manter 90% do índice BII, dificilmente esta fronteira será transposta.

A sétima fronteira proposta é a limitação da utilização da água doce. Segundo Rockstrom (2009), a manipulação global dos ciclos de água doce afetam a biodiversidade, o sequestro de carbono da atmosfera, assim como a regulação do clima.

Ao redor do globo, retiramos anualmente assombrosos 2.600 km<sup>3</sup> de água de rios, lagos e aquíferos para a irrigação (70%), a indústria (20%) e o uso doméstico (10%). Em consequência, muitos rios caudalosos tiveram seu fluxo reduzido; outros secando por completo. Exemplos disso incluem o rio Colorado, que não deságua mais no oceano, e o mar de Aral, na Ásia Central, agora em grande parte desertificado. A demanda futura pode ser fenomenal. Melhoras drásticas na eficiência global do consumo de água, particularmente para irrigação, ajudariam a evitar perdas mais sérias.<sup>32</sup>

O segundo estudo realizado pelo Instituto de Resiliência de Estocolmo, mantém a quantificação proposta em seu primeiro estudo sugerindo uma delimitação do uso global da água doce em 4.000 Km<sup>3</sup> / ano, mas também propõe uma nova abordagem complementar que regule o nível regional do fluxo de água doce. Tal regime, em inglês representado pela sigla EWF (environmental water flows), é utilizado como base para calcular a média mensal do fluxo da água que quantificará a variável controle. Nas escalas regionais e locais em que o fluxo da água é: baixo, intermediário e alto, mensuram que a atividade humana deveria absorver no máximo: 25%, 40% e 55% respectivamente, do fluxo de água existente nos rios para poder manter a resiliência do ciclo.

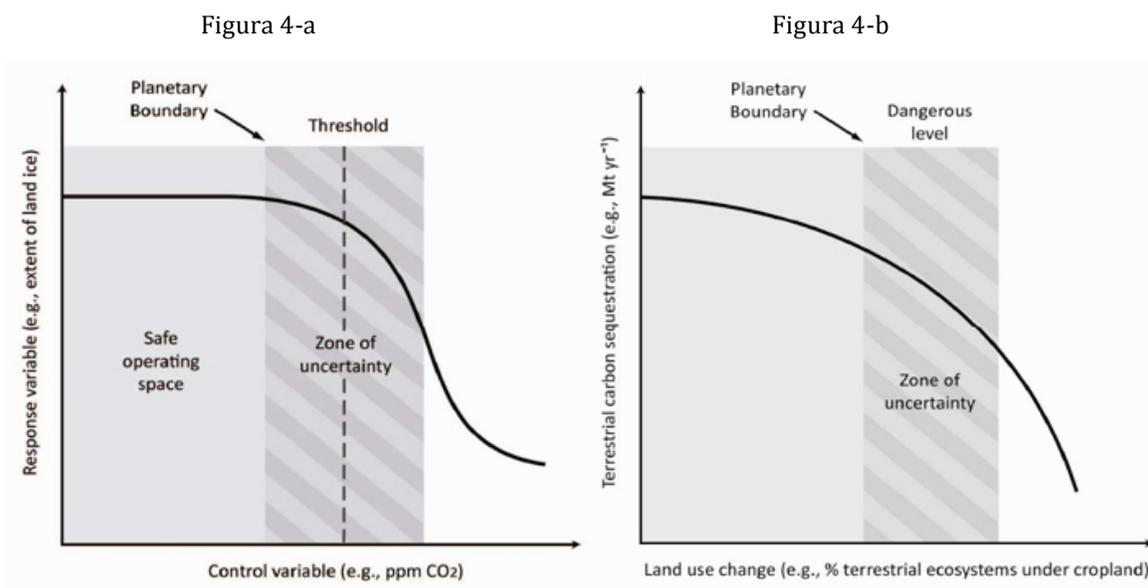
A oitava fronteira é baseada na concentração de aerossóis na atmosfera. Segundo Rockstrom (2009) os aerossóis causam sérios problemas na saúde do homem, e geram 7,2 milhões de morte por ano. Rockstrom enfatiza que eles também afetam o funcionamento da terra em diferentes formas, porém focam no impacto gerado pelos aerossóis na circulação da atmosfera oceânica, e utilizam como variável controle a AOD (aerosol optical depth). Rockstrom e os cientistas do Instituto de Resiliência de Estocolmo propõe uma fronteira que não ultrapasse 0,25 da AOD, entretanto, os dados do seu estudo recente mostram que ela já foi transposta em 0,5 AOD.

A nona e última fronteira é a poluição química que permanece sem um limite estipulado. Atualmente, o mundo comercializa mais de 100 000 substâncias químicas diferentes. Vale ressaltar, que o universo destas substâncias é enorme, tendo crescido numa proporção muito curta no tempo, fazendo com que seja extremamente difícil classificar quais substâncias são tóxicas ao meio. Logo, ainda não existem dados suficientes que os possibilite nomear uma fronteira.

---

<sup>32</sup> FOLEY, A. Jonathan, “Limites para um planeta sustentável.” Scientific American Brasil Nº 48 Pg. 24.

## Descrição conceitual das fronteiras planetárias:

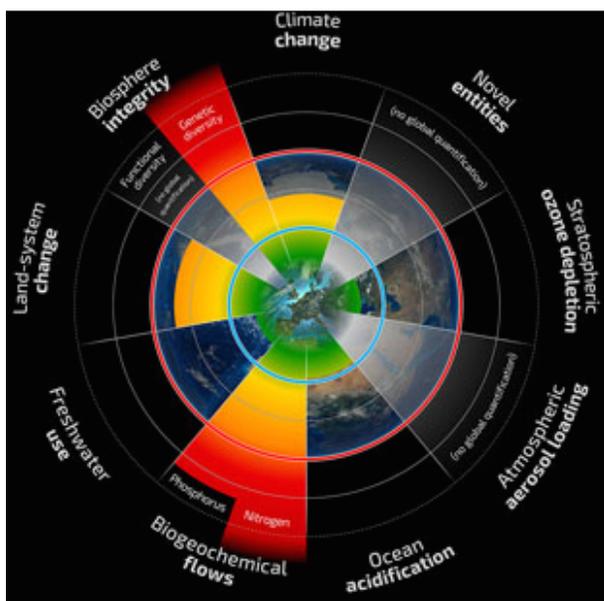


Fonte: Stockholm Resilience Centre.

A figura acima representa um bom exemplo prático da interação que pode ocorrer quando uma, ou mais, das nove fronteiras planetárias é transposta. Particularmente na figura 4-a trabalha-se com as mudanças climáticas e na figura 4-b com a mudança no uso da terra. Na figura 4-a observa-se a variável controle (control variable) e a variável resposta (response variable) no eixo x e y respectivamente. A maior emissão de CO<sub>2</sub>, provoca um maior aquecimento global diminuindo a quantidade de gelo no planeta Terra. No entanto, ao ultrapassar o limiar (threshold) observa-se uma maior variação diminuindo ainda mais a variável resposta. Na zona de incerteza a relação de interação das variáveis entre si não é definida, sendo desconhecida a capacidade de resiliência do meio ambiente. A figura 4-a impacta a figura 4-b a nível regional, fazendo com que o sequestro de carbono realizado indiretamente pela terra (terrestrial carbon sequestration) diminua em relação aos patamares vigentes anteriormente; isto é, com o mesmo uso da terra uma taxa menor de sequestro do carbono ocorrerá. A transposição de uma fronteira, fato ilustrado no exemplo acima, é algo crítico pois diminui o nível previamente proposto de outra(s) fronteira(s), como ocorre em um efeito dominó, levando a resiliência do meio a atingir patamares cada vez menores e menos propícios à vida humana.

A figura 5 permite uma visualização mais clara de onde situa-se cada fronteira proposta. Quatro processos descritos ao longo deste capítulo já entraram na zona de incerteza, sendo que dois destes descritos já a ultrapassaram, fato crítico que pode desencadear processos irreversíveis que diminuem drasticamente a capacidade de assimilação do meio. Das cinco fronteiras remanescentes três continuam dentro da sua zona de operação segura e duas ainda não foram passíveis de serem quantificadas.

**Figura 5: Mapeando as fronteiras globais propostas pelo Instituto de Resiliência de Estocolmo.**



Fonte: Stockholm Resilience Centre.

Legenda:

	⇒ Já ultrapassou a zona de incerteza (alto risco)
	⇒ Já entrou na zona de incerteza (risco aumentando)
	⇒ Não ultrapassou a fronteira proposta (zona segura)
	⇒ Fronteiras ainda não quantificadas

Infelizmente, a humanidade ainda não acordou do sonho, e continua acreditando que a produção contínua e sem limites é possível, mas o Instituto de Resiliência de Estocolmo, através de ambos os estudos alertam para existência de claros limites de esgotamento da resiliência do meio, fronteiras que não deveriam ser ultrapassadas para o Planeta Terra não se afastar das condições climáticas vigentes no Holoceno que são muito mais hospitaleiras para a vida humana.

## 5. Conclusão

A primeira onda de industrialização, surgida na Inglaterra em meados do século XVIII, era baseada como input no mero extrativismo mercantil-colonial e que tinha, logo na segunda metade do século XIX, o início do uso dos combustíveis fósseis como meio de alimentar a industrialização que se espalhava pela Europa e iniciava seu ingresso nos EUA. O eixo comum de ambas as ondas era maximizar a eficiência produtiva que, ao gerar o lucro empresarial, acabava por procurar formas de reduzir os salários e as proteções trabalhistas e sindicais. O processo linear de produção material e de gestão dos resíduos (subprodutos do hiperconsumismo) no esteio da industrialização de terceira fase agora globalizada iria trazer os futuros problemas ambientais, percebidos de forma mais gritante somente no último quartel do século XX. Ou seja, a linearidade material-produtiva, com base nos combustíveis fósseis (petróleo, gás e carvão) representa grandes desafios para a ecopolítica. Superar, no sentido hegeliano do termo, não é suficiente, é necessário redirecionar o fetiche de hiperconsumismo e de descartabilidade, que gera tragédias anunciadas como aquecimento global, extinção de várias espécies e refugiados ambientais. O surgimento de novas tecnologias limpas, a promoção de uma nova consciência ecológica global bem como a promoção de valores de mercado com a sustentabilidade tornam-se, portanto, essenciais e urgentes.<sup>33</sup>

Segundo Rockstrom (2015), a única realidade previsível é que já adentramos no território do imprevisível. A humanidade, terá de correr contra o tempo para achar diversas soluções que minorem os impactos do aquecimento global. A grande questão é se a humanidade será suficientemente altruísta e abrirá mão do consumo presente para beneficiar as gerações vindouras. Dilema extremamente complicado e que nunca antes foi vivenciado na história da Terra. Quanto maior a postergação da tentativa de diminuição dos impactos antropogênicos sob o meio ambiente, mais oneroso será tentar minorar o efeito das mudanças climáticas vigentes.

No melhor cenário possível, caso tomada a decisão de enfrentar o enorme problema existente, será necessário o alinhamento de muitos governos promovendo a criação de uma governança global pró ativa que regule e precifique mandatoriamente todas as facetas que geram a crise do meio ambiente. Os limites físicos do planeta precisam ser respeitados. Necessitarão ser impostos limites para a poluição, aquecimento e desmatamento de cima

---

<sup>33</sup> CASTRO, Thales. “Mudanças climáticas e seus impactos nas relações econômicas internacionais” Cadernos Adenauer: Economia Verde. Editora Conrad Adenauer Stiftung, 2012.

para baixo, criando incentivos de forma que limitem, e acabem com desvios. A humanidade deveria abrir os olhos e enxergar que o único sistema demasiadamente grandioso para fracassar é o Planeta Terra, e deveriam fazer de tudo para evitar que isso ocorresse, pois caso isso ocorra o maior prejudicado será o próprio ser humano.

Atualmente os gases que geram o efeito estufa já são precificados e regulados, através do sistema *cap and trade*, mas não de forma mandatória. A internalização mandatória destes são a melhor sinalização que poderia ser dada ao mercado, para que ocorra a correção das falhas mercadológicas existentes. Esquentar mais o planeta deixará de ser algo sem custo e se tornará extremamente oneroso. Presidentes das diversas empresas espalhadas pelo globo terão de aumentar as taxas de desconto vigentes que medem a viabilidade do *ramp up* de seus novos projetos. Muitos destes por serem extremamente dependentes de fontes de energia não renováveis, assim como por poluírem demasiadamente o meio ambiente, causando gigantescas externalidades, serão financeiramente inviáveis.

Nesse cenário, diversas fontes de energias renováveis serão economicamente mais atrativas. Alguns conglomerados com uma visão ponderada de risco e um bom planejamento estratégico já vem investindo no setor a alguns anos. A Apple recentemente comprou um latifúndio na costa oeste dos Estados Unidos que será utilizado para a promoção de energia solar fotovoltaica. A Tesla já investe a anos em pesquisa e desenvolvimento com o intuito de desenvolver baterias cada vez mais eficientes para seus carros elétricos.

Países desenvolvidos como a Dinamarca e a Alemanha já tem como meta ter diversas fontes de energia limpa e renovável como pilares da sua base energética.<sup>34</sup> Vale ressaltar que 40% da energia consumida na Dinamarca advém de fontes renováveis, e até 2050 o país pretende ter 100% da sua energia produzida proveniente da mesma fonte, acabando com a queima de combustíveis fósseis.<sup>35</sup>

---

<sup>34</sup> Ciclo de palestras organizado pela FGV: Global Climate Governance: The Truth. Palestra realizada por Christian Stoffaes: “Climate change and the economy – limits to growth versus new industrial revolution.”2015.

<sup>35</sup> GILLIS, Justin, “Pioneira na energia eólica, Dinamarca quer se livrar dos combustíveis fósseis.” The New York Times. Novembro de 2014.

Cabe lembrar que nem tudo são flores, as energias renováveis também tem aspectos negativos. O principal é a intermitência, que gera uma maior imprevisibilidade na produção de energia. Dessa forma, é recomendável que os países recorram a um *pooling* de fontes energéticas diferentes diminuindo o impacto gerado por cada uma delas. Empiricamente, em períodos de seca há menor concentração de chuvas, porém há maior incidência de ventos fazendo com que a geração de energia eólica seja inversamente correlacionada com a geração de energia hídrica, tornando a produção de ambas complementar. Nenhuma fonte de energia é perfeita, mas uma das diversas soluções necessárias para mitigar os efeitos que causam o aquecimento global pode ser alcançado através da diversificação da matriz energética global.

Com tantos fracassos consecutivos dentro das rodadas climáticas organizadas pela ONU, aparenta ser ilusório a possibilidade da criação de um alinhamento entre os diversos países do mundo. Apesar de parecer utópico, uma coordenação mundial é cada vez mais concebível dado o cenário contemporâneo. Atualmente existe uma tendência crescente de uma maior conscientização quanto a valoração da necessidade de se preservar a natureza. Recentemente, até o papa que é uma figura pública que representa a liderança da religião católica, resolveu se manifestar. Lançou uma encíclica sobre o clima e o meio ambiente com o objetivo de conscientizar a todos a respeito da responsabilidade moral do impacto gerado, enfatizando que a humanidade deveria se esforçar ao máximo para reduzir e evitar os efeitos negativos gerados ao meio ambiente.

Logo, apenas com a criação de uma governança global plena será possível acabar com as falhas mercadológicas existentes, fazendo a correção necessária nos preços relativos, nos planos de risco, assim como no investimento, para que a humanidade consiga fazer com que o crescimento mundial ocorra de uma forma sólida, mas também sustentável.

## 6. Referências Bibliográficas

CECHIN, Andrei. “**A natureza como limite da economia**” – A contribuição de Nicholas Georgescu – Roegen. São Paulo, Edusp, 2010.

ROEGEN, Nicholas Georgescu, “**The Entropy Law and the Economic Process.**” Harvard University Press. 1971.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. “**Desenvolvimento Sustentável: uma perspectiva econômico – ecológica**”, em Revista Estudos Avançados 74, vol 26, n 74, jan/abr 2012, USP.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. “**Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares.**” (1999)

RESENDE, André Lara. “**Os limites do possível**”, São Paulo, Editora Schwartz, 2013 – Parte 1 pgs 21 a 113.

EHRlich, Paul R; e EHRlich Anne H, “**Can a collapse of global civilization be avoided?**” Annu. Rev. Earth Planet Sci. 2013.41. Universidade de São Paulo 2013.

VIANNA, Sérgio Besserman. “**Clima e economia: A dimensão social é evidente; a econômica, menos óbvia.**” Jornal O Globo Dezembro de 2014.

FOLEY, A. Jonathan, “**Limites para um planeta sustentável .**” Scientific American Brasil Nº 48 Pg. 24.

MENDLEWICZ, Nicole “**A sustentabilidade empresarial: Estudo e análise da empresa fibria**” Monografia de Conclusão de curso Pontifícia Universidade Católica. Junho de 2014.

ROCKSTROM J., STEFFEN W., RICHARDSON K., CORNELL S., FETZER I., BENNETT E., BIGGS R., CARPENTER S., VRIES W., WIT C., FOLKE C., GERTEN D., HEINKE J., MACE G., PERSSON L., RAMANATHAN V., REYERS B., SORLIN S., “**Planetary Boundaries: guiding human development on a changing planet.**” Science June 2015 [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)

ROCKSTROM J., STEFFEN W., NOONE K., PERSSON A., CHAPIN S., LAMBIN E., LENTON T., SCHEFFER M., FOLKE C., SCHELLNHUBER H., NYKVIST B., WIT C., HUGHES T., LEEUW S., RODHE H., SORLIN S., SNYDER P., CONSTANZA R., SVEDIN U., FALKENMARK., KARLBERG. L, CORELL R., FABRY V., HANSESN J., WALKER B., LIVERMAN D., RICHARDSON K., CRUTZEN P., FOLEY J. “**Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity.**” [http:// www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/](http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/)

GILLIS, Justin, “**Pioneira na energia eólica, Dinamarca quer se livrar dos combustíveis fósseis.**” New York Times Novembro de 2014

<http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2014/11/1552524-pioneira-na-energia-eolica-dinamarca-quer-se-livrar-dos-combustiveis-fosseis.shtml>

LINS, C.; ZYLBERSZTAJN, D. “**Sustentabilidade e Geração de Valor: A transição para o Século XXI.**” Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC), disponível em

[http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM\\_Approved27Sep2013.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM_Approved27Sep2013.pdf), acessado em outubro de 2013.

STERN, N. 2007. “**The economics of climate change – the Stern review.**” Cambridge University Press, Cambridge, UK.

SOLOW, Robert M “**A contribution to the Theory of Economic Growth**” Journal of Economic 70, Fevereiro de 1956.

GODARD, O. “**Environnement et théorie économique: de l’internalisation des effets environmental issues**”, 1992.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. “**Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso Futuro Comum**”. Rio de Janeiro: Editora FGV, 1991.

InterAcademy Council, “**Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future**”, relatório, Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Amsterdã, outubro de 2007, disponível em <http://royalsociety.org/downloaddoc.asp?id=4695>.

Ciclo de palestras organizado pela FGV: Global Climate Governance: The Truth. Palestra realizada por Christian Stoffaes: “Climate change and the economy – limits to growth versus new industrial revolution.” Fevereiro de 2015.

International Geosphere-Biosphere Programme 2004, “Executive Summary”, “**Global Change and the Earth System - a Planet Under Pressure**” Steffen, W. e Elliott, S. (eds.), IGBP Secretariat, Stockholm. pp.15,17

CHAPIN, F. S., III, E. S. ZAVELETA, V. T. EVINGER, R. L. NAYLOR, P. M. VITOUSEK, S. LAVOREL, H. L. REYNOLDS, D. U. HOOPER, O. E. SALA, S. E. HOBBIE, M. C. MACK, and S. DIAZ. 2000. “**Consequences of changing biotic diversity.**” Nature 405:234–242.

MACE, G., H. MASUNDIRE, J. BAILLIE, . 2005. Biodiversity. Pages 79–115 in H. Hassan, R. Scholes, and N. J. Ash, editors. “**Ecosystems and human wellbeing: current state and trends.**” Island Press, Washington, D.C., USA.

FAHEY, David, **“The Montreal Protocol Protection of Ozone and Climate”** The Cegla Center for Interdisciplinary Research of the Law. 2013.

CASTRO, Thales. **“Mudanças climáticas e seus impactos nas relações econômicas internacionais”** Cadernos Adenauer: Economia Verde. Editora Conrad Adenauer Stiftung, 2012.