



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

## *Soluções Climáticas: a Visão do WWF para 2050*

Documento preparado para a Força Tarefa sobre Energia Global da Rede WWF, por Karl Maloon<sup>1</sup>, Greg Bourne<sup>2</sup> e Richard Mott<sup>3</sup>

### **SUMÁRIO EXECUTIVO**

Este relatório da Rede WWF procura responder à questão: “É tecnicamente possível satisfazer à crescente demanda energética global usando fontes e tecnologias de energia limpa e sustentável capazes de proteger o clima do planeta?” Em outras palavras, pode uma planejada mudança para as fontes e tecnologias de energia sustentável disponíveis atualmente, satisfazer a demanda energética global – mais que duplicada - projetada para 2050 e, ao mesmo tempo, evitar a perigosa mudança climática de mais de 2º Celsius acima dos níveis pré-industriais?

A conclusão do relatório é que as tecnologias e as fontes de energia sustentável conhecidas ou disponíveis hoje são suficientes para vencer este desafio. Se as decisões necessárias forem tomadas nos próximos cinco anos, ainda há tempo para desenvolvê-las e empregá-las. É claro ainda que, no atual momento, as políticas econômicas e as intervenções governamentais necessárias para impulsionar esta transição não são adequadas ou, em muitos casos, não estão nem mesmo em andamento. Esta é uma causa a qual o mundo precisa dar urgente atenção.

A Rede WWF está totalmente ciente de que muitas das ações consideradas neste relatório – um fim à predominância da energia fóssil, uma diminuição progressiva da energia nuclear, uma rápida expansão da energia da biomassa – carregam consigo conseqüências sociais, ambientais e econômicas que devem ser cuidadosamente analisadas e rigorosamente administradas. Por exemplo, atualmente, até mesmo uma restrita mudança para a produção de energia de origem vegetal – o biocombustível -, ameaça à conversão acelerada de *habitats* intactos e uma privação ainda maior dos pobres do mundo, devido à elevação dos preços dos alimentos. Uma transição energética global precisa ser conduzida de modo a refletir as diferentes prioridades e interesses da comunidade mundial como um todo.

Deter as mudanças climáticas é uma tarefa em longo prazo, mas são os governos atualmente no poder que precisam dar os primeiros passos. O futuro depende deles, rapidamente, tomarem decisões cruciais que podem levar a uma economia energética global de baixa emissão em um período compatível com a salvação do clima. Também é fundamental que eles planejem as dimensões sociais e econômicas desta transição para minimizar os impactos negativos de uma mudança urgente como essa.

### **A Força Tarefa sobre Energia Global da Rede WWF**

Em 2006, a Rede WWF convocou uma Força Tarefa sobre Energia Global para desenvolver uma visão integrada sobre energia para 2050. A Força Tarefa examinou o potencial para o cumprimento bem sucedido da seguinte meta para a política energética: **satisfazer o estimado**

---

<sup>1</sup> Diretor, Transition Institute, Austrália

<sup>2</sup> Chefe-Executivo, WWF-Austrália

<sup>3</sup> Vice-Presidente, WWF-EUA



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

**crescimento global em demanda para serviços energéticos e ao mesmo tempo, evitar os mais perigosos impactos das mudanças climáticas pelo uso de fontes de energia socialmente e ambientalmente benignas<sup>4</sup>.**

A abordagem temporal adotada pela Força Tarefa difere de outros estudos de várias formas. Ela conta com fontes competentes para projeções de demanda energética e tendências de mudanças climáticas, usa a habilidade da Rede WWF em estimar os limites sustentáveis das tecnologias e fontes e avalia uma grande variedade de informações publicadas sobre o valor potencial de aperfeiçoamento e utilização destas tecnologias e sistemas. Por último, as informações são apresentadas para análise em um modelo que avalia a viabilidade do cumprimento bem sucedido do propósito descrito acima. Um cenário que aponta para um potencial altamente bem sucedido é ilustrado neste relatório.

A Força Tarefa começou pela revisão de 25 diferentes fontes de energia sustentável. Entre elas, fontes de energia renovável, tais como energia solar e eólica; opções do lado da demanda, como prédios e veículos eficientes e viagens reduzidas; outras tecnologias com baixo ou nenhum carbono, tais como a "Captura e Armazenamento de Carbono" (CCS, na sigla em inglês) e a energia nuclear. A única restrição era que as tecnologias fossem "provadas", por estarem já disponíveis comercialmente.

Cada uma das fontes de energia foi então separada e classificada de acordo com seus impactos ambientais, aceitação social e custos econômicos. Este exercício de classificação revelou três grupos de tecnologias: aquelas com claros benefícios, além da capacidade de reduzir a intensidade de carbono (tecnologias de eficiência dominam este grupo); aquelas com alguns impactos negativos, mas que permanecem com um saldo positivo; e aquelas com impactos negativos claramente maiores que os positivos.

### **O Modelo de Soluções Climáticas da Rede WWF**

Os grupos de tecnologia cujos benefícios excederam os impactos negativos foram, então, passados para o recém projetado Modelo de Soluções Climáticas da Rede WWF. Este modelo foi projetado para determinar a *viabilidade industrial* de se desenvolver e empregar estas fontes e tecnologias em um contexto que possa evitar a perigosa mudança climática no período até 2050, e em níveis que possam acomodar o estimado aumento da demanda energética global.

É importante enfatizar que o Modelo de Soluções Climáticas da Rede WWF *não* é um modelo econômico: nenhum preço foi definido para o carbono, nem os custos das tecnologias foram determinados ou moldados. Cenários econômicos têm sido investigados por outros, incluindo Stern, McKinsey, notando que os custos da perigosa mudança climática são muito maiores do que os custos de evitá-la. Do mesmo modo, nenhuma conjectura foi incorporada sobre as políticas ou medidas necessárias para impulsionar uma transição para as tecnologias de energia sustentável no modelo. Ao contrário, o modelo procura responder somente à estreita questão: se, considerando o que se sabe sobre as fontes físicas, a capacidade das próprias tecnologias e o padrão das transições industriais, é viável empregar as tecnologias necessárias a tempo de evitar as perigosas mudanças climáticas?

---

<sup>4</sup> Nenhuma fonte de energia é livre de impactos. A palavra "benigna" é usada aqui para descrever fontes que o WWF julga que promovem um rendimento positivo de vantagens sobre desvantagens.



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

## Descobertas e Conclusões

Neste importante aspecto, o Modelo de Soluções Climáticas da Rede WWF oferece uma base qualificada para ter esperança. Ele indica que, com um alto grau de probabilidade (isto é, mais de 90%), as conhecidas fontes de energia sustentável e as tecnologias provadas podem ser utilizadas entre agora e 2050 para satisfazer uma projetada duplicação da demanda global por serviços de energia. Nesse mesmo período, serão alcançadas significativas (cerca de 60% - 80%) reduções em emissões que ameaçam o clima, possibilitando uma estabilização a longo prazo das concentrações em 400 ppm (partes por milhão) - embora concentrações a curto prazo atinjam um nível mais alto antes de serem absorvidas pelos oceanos e pela biosfera. Em outras palavras, uma solução ainda é possível.

Contudo, deste princípio de determinação de viabilidade tecnológica, a perspectiva imediatamente torna-se mais complexa e ameaçadora. As políticas e medidas econômicas e as ações intergovernamentais necessárias para impelir esta transição ainda não são adequadas, e tendo em vista o ritmo atual, elas podem levar muitos anos para se adequarem. As reais restrições existentes no mundo, sobre a velocidade da transição industrial, analisada neste modelo, deixam claro que é importante agir agora. A transição sustentável que pode evitar a perigosa mudança climática, contendo a ruptura do limiar de 2<sup>o</sup> Celsius de aumento na temperatura global, não pode esperar cinco anos para ser iniciada. Caso isso ocorra, opções perigosamente insustentáveis podem ser forçadas ou intervenções mais severas poderão trazer significativos impactos na economia global.

O relatório da Rede WWF identifica as seguintes seis soluções e três imperativos como fundamentais para atingir o propósito de satisfazer a demanda energética global sem danificar o clima do planeta:

- 1 **Quebrar a conexão entre serviços de energia e produção primária de energia** – A eficiência energética (a obtenção de mais serviços energéticos por unidade de energia usada) é uma prioridade, especialmente em países desenvolvidos que têm um estoque de capital muito ineficiente. O modelo mostra que, por volta de 2020-2025, as eficiências energéticas possibilitarão satisfazer a crescente demanda de serviços energéticos dentro dos limites de uma demanda líquida estável por produção energética primária, reduzindo a demanda projetada em 39% anualmente e evitando emissões de 9,4 Gigatoneladas Carbono por ano (Gt C/ano), por volta de 2050.
- 2 **Paralisar a perda florestal** – Paralisar e reverter a perda e a degradação de florestas, particularmente nos trópicos, é um elemento crucial de qualquer cenário positivo de clima-energia. A probabilidade de sucesso das soluções climáticas propostas aqui cai progressivamente, de mais de 90% para menos de 35%, na ausência de ação efetiva para restringir as emissões de uso da terra.
- 3 **Crescimento coordenado de tecnologias de baixas emissões** – A busca, rápida e paralela, da completa variação de tecnologias, tais como eólica, hídrica, solar PV e térmica, e bioenergia, é crucial, mas deve seguir um conjunto de restrições ambientais e sociais que garantam, sua sustentabilidade. Até 2050, estas tecnologias poderiam satisfazer 70% da demanda remanescente, depois das eficiências terem sido aplicadas, evitando emissões adicionais de 10,2 Gt C/ano.
- 4 **Desenvolver combustíveis flexíveis, armazenamento energético e nova infra-estrutura** – Profundas reduções no uso de combustível fóssil não podem ser realizadas sem grandes



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

- volumes de energia de fontes intermitentes, como a eólica e solar, serem estocadas e transformadas em combustíveis transportáveis e que possam satisfazer as necessidades térmicas da indústria. Os novos combustíveis que cumprem estas exigências, como o hidrogênio, requerem uma nova e maior infra-estrutura para sua produção e distribuição.
- 5 **Substituição do carvão de alto nível de carbono pelo gás de baixo nível de carbono** – O gás natural como um “combustível de transição” oferece uma importante oportunidade de evitar a vinculação, em longo prazo, à novas usinas de carvão. Isto proporcionará significativas economias de carbono em curto prazo enquanto outras fontes de energia e tecnologias crescem a partir de uma menor base industrial.
  - 6 **Captura e Armazenamento de Carbono (CCS)** – O modelo mostra que, com o objetivo de ficar dentro do orçamento de emissões de carbono, é essencial que usinas de combustível fóssil sejam equipadas com tecnologia de captura e armazenamento de carbono o quanto antes – todas até 2050. Isto tem importantes e imediatas implicações para o planejamento e a locação de novas usinas, já que o transporte do dióxido de carbono para distantes locais de armazenamento seria muito caro. Além de tudo, combustíveis fósseis com CCS poderiam responder por 26% do suprimento em 2050, evitando emissões de 3,8 Gt C/ano.

### Imperativos Adicionais

**Urgência.** Atrasos farão a transição para uma economia de baixo carbono cada vez mais cara e difícil, com riscos muito maiores de falhar. A necessidade de ações antecipadas e decisivas é arrebatadora.

**Um esforço global.** Todo país tem um papel a cumprir, em resposta à escala e ao tipo de desafios surgindo em seu território<sup>5</sup>.

**Liderança.** Empreendimento é necessário pelos governos do mundo para que concordem em **metas**, colaborem em **estratégias efetivas**, e **influenciem e coordenem** o investimento de muitos trilhões de dólares que serão gastos nos desenvolvimentos energéticos nas próximas décadas, aconteça o que acontecer, de modo que as necessidades futuras sejam cumpridas de modo seguro e sustentável.

Após a introdução, este relatório apresenta seções que oferecem maiores detalhes sobre a variação de tecnologias de energia sustentável revisadas pela Força Tarefa da Rede WWF, o Modelo de Soluções Climáticas da organização e as descobertas e conclusões que emergem de suas análises.

---

<sup>5</sup> Ver documentos temáticos



**WWF-Brasil**

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

Um Anexo de Documentos Temáticos curtos com temas, países e detalhes técnicos pode ser acessado em:

[http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/meio\\_ambiente\\_brasil/clima/mudancas\\_climaticas\\_publicacoes/index.cfm?uNewsID=7460](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/meio_ambiente_brasil/clima/mudancas_climaticas_publicacoes/index.cfm?uNewsID=7460)

**Parte I – Temas Chaves e Tecnologias**

- 1 O Imperativo 2º C
- 2 Desmatamento
- 3 Eficiência Energética
- 4 Energia Eólica
- 5 Hidroeletricidade
- 6 Bioenergia
- 7 Gás Natural
- 8- Captura e Armazenamento de Carbono
- 9 -Energia Nuclear
- 10 Pobreza e Energia

**Parte II – Estudos de Caso Regionais**

- 11 Japão
- 12 EUA
- 13 África do Sul
- 14 Rússia
- 15 Índia
- 16 UE
- 17 China
- 18 Brasil

**Parte III – Resumos Técnicos**

- 19 Projeto do Modelo
- 20 Resumo das Informações de Insumos
- 21 Uso Persistente de combustíveis não-CCS



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

## Sumário

1	<b>INTRODUÇÃO</b>	6
2	<b>REVISÃO DA REDE WWF DE FONTES E TECNOLOGIAS ENERGÉTICAS SUSTENTÁVEIS</b>	7
3	<b>O MODELO DE SOLUÇÕES CLIMÁTICAS DA REDE WWF – CONTRIBUIÇÕES</b>	10
3.1	Objetivos do Projeto	10
3.2	Definindo o Desafio	10
3.2.1	Satisfazer as necessidades de serviços energéticos globais	10
3.2.2	Evitar as mudanças climáticas perigosas	11
3.3	Características fundamentais do Modelo	13
3.3.1	Estimular as tecnologias comercialmente disponíveis	13
3.3.2	Estender o conceito de cunhas de estabilização Pacala-Socolow	14
3.3.3	Reduzindo de cima para baixo e de baixo para cima	15
4	<b>O MODELO DE SOLUÇÕES CLIMÁTICAS DA REDE WWF – RESULTADOS</b>	16
4.1	Administrando Risco	16
4.2	Construção de Cunhas de Soluções Climáticas	17
4.3	Como as cunhas substituem a energia de alta emissão	19
4.4	Características fundamentais do cenário da rede WWF	21
5	<b>CONCLUSÕES</b>	21
5.1	Seis soluções fundamentais	21
5.1.1	Separar a demanda de serviços energéticos da produção energética	22
5.1.2	Paralisar a perda e a degradação florestal	22
5.1.3	Crescimento simultâneo de tecnologias energéticas de baixa emissão	22
5.1.4	Combustíveis flexíveis, armazenamento de energia e infra-estrutura	22
5.1.5	Substituir carvão de alto nível de carbono por gás natural de baixo nível de carbono	22
5.1.6	Adotar para “captura e armazenamento de carbono”	23
5.2	Três Imperativos	23
5.2.1	Urgência	23
5.2.2	Um esforço global	24
5.2.3	Liderança	24
6	<b>AGRADECIMENTOS</b>	25



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

## 1 INTRODUÇÃO

Evitar o desdobramento da calamidade global das mudanças climáticas, e ao mesmo tempo, assegurar o suprimento estável e seguro dos serviços de energia para satisfazer as necessidades de uma população mundial crescente e do nível de desenvolvimento, especialmente no auxílio à pobreza, é, provavelmente, o mais importante desafio que nossa geração enfrenta. Fazer isso sem causar novas destruições ao meio ambiente (por exemplo, pelo excessivo desenvolvimento hídrico ou pela massiva conversão de florestas tropicais na produção de biocombustíveis), trata-se de uma dimensão adicional, mas, até agora, pouco considerada.

Com isto em mente, a Força Tarefa sobre Energia Global da Rede WWF realizou o projeto de análise e modelagem descrito neste relatório. Determinar a viabilidade técnica, neste momento tardio, de satisfazer as necessidades de serviços energéticos globais estimadas, e ao mesmo tempo, evitar um nível de mudança climática capaz de trazer conseqüências catastróficas ambientais e sociais foi o propósito do estudo.

O ponto de partida da análise da Rede WWF foi o sólido consenso científico de que qualquer aquecimento induzido humanamente maior que 2<sup>o</sup> Celsius, acima dos níveis pré-industriais, teria um impacto perigoso e altamente prejudicial, tanto nas sociedades humanas e suas economias quanto no meio ambiente global como um todo. A Força Tarefa, então, examinou o estimado crescimento das necessidades de serviços de energia, considerando as tendências populacionais e as metas de desenvolvimento, até o ano de 2050. Ela também procurou determinar como estas necessidades por serviços de energia podem ser satisfeitas permanecendo abaixo do teto de 2<sup>o</sup> Celsius para a média de aumento da temperatura global, e sem valer-se de tecnologias e fontes inaceitavelmente prejudiciais.

O resultado, descrito em detalhes mais precisos e técnicos nas seções que seguem, representa o que nós acreditamos estar entre os primeiros, técnica e industrialmente pragmáticos, cenários energéticos temporais, que contêm a ameaça das mudanças climáticas e, ao mesmo tempo, cumpre os legítimos propósitos de desenvolvimento futuro.

A boa notícia é que parece ser ainda possível evitar as piores conseqüências das mudanças climáticas enquanto se expande os suprimentos de energia para satisfazer tanto as necessidades dos países desenvolvidos quanto as dos em desenvolvimento no século 21. A notícia ruim é que o resultado é extremamente sensível às decisões feitas nos próximos cinco anos. Nestes cinco anos, a trajetória precisa ser ajustada para a tecnologia, os sistemas, a infra-estrutura e a exploração de fontes requeridas, suficientes para assegurar que *as emissões globais de gás de efeito estufa atinjam seu ponto máximo e comecem a declinar dentro de 10 anos.*

O que o estudo não examinou é a deslocação social e econômica que, provavelmente, auxiliaria o tipo de imediata transição energética necessária para evitar as perigosas mudanças climáticas. A respeito disso, não há um único, facilmente recomendável, método para todas as sociedades, mas é importante que tais impactos sejam previstos. Um aquecimento global maior que 2<sup>o</sup> Celsius trará consigo significativos impactos adversos, particularmente nos países mais pobres. Uma repentina mudança global dos sistemas de energia que sustentam as atuais economias nacionais ameaça o seu próprio rompimento.

Apesar disso, o mundo tem sorte de que as tecnologias e fontes estão disponíveis para evitar uma perigosa perturbação do clima global. Com determinação, parece possível, técnica e industrialmente, converter este potencial técnico em realidade. Contudo, atualmente, o mundo



**WWF-Brasil**

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

está em uma diferente e perigosa trajetória. E por mais que os avisos científicos continuem a aumentar e o debate prossiga, parece que há uma grande dificuldade em colocar as coisas em prática.

As páginas seguintes apresentam um projeto para uma perspectiva alternativa – a de um mundo em que as necessidades humanas e o desenvolvimento econômico são sustentados por uma vigorosa mistura de fontes energéticas de baixa emissão e tecnologias eficientes, que permitem que a natureza continue a florescer.

A Visão da Rede WWF para Soluções Climáticas foi produzida com a esperança de que ajudará a auxiliar decisões sobre energia, pela demonstração do potencial tecnológico para um futuro energético mais limpo, mais seguro e verdadeiramente sustentável. Deixando de lado o seu caráter técnico, a mensagem essencial aqui é que com vontade política, na realidade, há um caminho. Mas depende de nós encontrá-lo, ser bem sucedido ou falhar. Este é o principal desafio pelo qual as futuras gerações irão nos julgar.

## **2. REVISÃO DA REDE WWF DAS FONTES E TECNOLOGIAS ENERGÉTICAS SUSTENTÁVEIS**

A base para este relatório começou com uma extensiva revisão literária e consulta a especialistas analisando 25 tecnologias com baixa ou zero emissão de carbono e suas aplicações (incluindo tecnologias e sistemas de uso eficiente) sob perspectivas ecológicas, sociais e econômicas. A lista principal das tecnologias foi limitada àquelas que estão, hoje, disponíveis comercialmente. Desse modo, a revisão não considerou as tecnologias que ainda podem ser desenvolvidas.

Sob este aspecto, a revisão energética que sustenta este relatório foi deliberadamente conservadora: ela limitou o conjunto de soluções consideradas àquelas disponíveis hoje. Algumas tecnologias, tais como “captura e armazenamento de carbono” transpõem a linha da atual disponibilidade – elas são usadas de modo limitado hoje, mas seus potenciais para uma verdadeira aplicação em larga escala permanecem incertos. A revisão, então, considerou o potencial de cada tecnologia ou aplicação para oferecer energia com zero ou baixa emissão, comparada com um cenário energético ainda sem modificações, em que 14 gigatoneladas de carbono seriam emitidas até 2050. Esta comparação estabelece a escala e o contexto para tecnologias alternativas assumirem um papel maior na substituição do dióxido de carbono.

Usando 14 Gt C/ano como uma referência, a Força Tarefa buscou e documentou uma variada contribuição de especialistas em impactos ambientais (não climáticos) e riscos associados com cada tecnologia, obstáculos potenciais para a implementação, a provável aceitação social da tecnologia e os custos relativos. Com informações sobre estes aspectos compiladas em uma matriz, três painéis da Força Tarefa, independentemente, classificaram as tecnologias baseados no risco ambiental, aceitação social e custos, cada um com o mesmo peso. Enquanto um exercício de classificação como esse é necessariamente subjetivo de algum modo, os resultados entre os três painéis da Força Tarefa mostraram um alto grau de consistência.



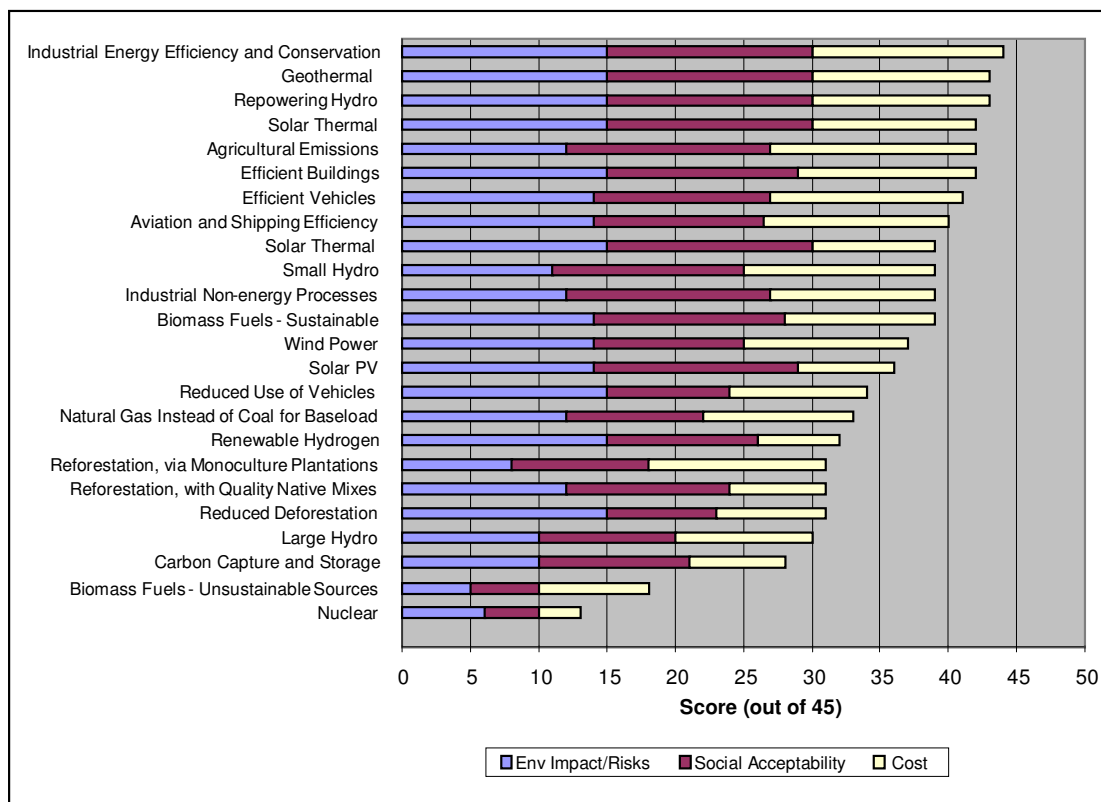


Fig 1. Os resultados do exercício de classificação, registrando um conjunto de 'tecnologias' de baixo e zero carbono (incluindo medidas técnicas de redução da demanda) para seus méritos contra três critérios – impacto/riscos ambientais, aceitação social e custos.

O registro preciso destas tecnologias não foi considerado crucial, na figura acima percebe-se a transparência nas deliberações da Força Tarefa. Este exercício instruiu a seleção (dependendo de importância) e a disposição de certas opções de “tecnologia” em três categorias caracterizadas, como mostrado na figura 2, por:

- \* Enormes benefícios positivos (soluções de eficiência dominam este grupo);
- \* Alguns impactos negativos, mas superados pelos benefícios positivos;
- \* Impactos negativos graves, superando quaisquer benefícios positivos

O último grupo de tecnologias, que foram identificadas como representando uma inaceitável estimativa de risco sobre benefício, inclui:

- \* Energia nuclear (devido aos seus custos; emissões radiotóxicas; segurança; e proliferação de impactos);
- \* Biomassa insustentável (isto é, energia de origem vegetal cultivada em áreas florestais recém desmatadas);
- \* Exemplos insustentáveis de hidrelétricas de grande porte (que podem inundar *hotspots* de biodiversidade e terras férteis, reassentamento forçado em grande escala de comunidades humanas, ou a grave interrupção dos sistemas fluviais).



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

Todos os itens acima podem causar grandes perturbações às populações humanas, assim como ao meio ambiente.

Uma menção especial é feita aqui sobre a decisão de excluir a energia nuclear e certos tipos de biomassa, já que os potenciais de ambos têm atraído bastante atenção no debate das mudanças climáticas.

#### Benefícios >> Impactos

##### Eficiência Energética Industrial e Conservação

- Construções Eficientes
- Veículos Eficientes
- Uso Reduzido de Veículos
- Eficiência na Aviação e no Transporte
- Re-potenciação Hídrica

#### Benefícios > Impactos

- Biomassa Sustentável
- Energia Eólica
- Solar PV
- Energia Solar Térmica
- Aquecimento Solar Térmico
- Hídrica Pequena
- Geotérmica (aquecimento e energia)
- Tecnologias de marés, ondas e oceanos
- Hidrogênio de Renováveis
- Hídrica Grande (existindo fator positivo sustentável)
- CCS
- Gás Natural Substituindo Carvão

#### Benefícios < Impactos

- Biomassa Insustentável
- Hídrica Insustentável
- Nuclear

Fig. 2 Arranjo do WWF das tecnologias de soluções climáticas, baseado em critérios ambientais, sociais e econômicos

O interesse na energia nuclear ressurgiu, já que essa tecnologia cada vez mais é apresentada pelos proponentes, como sendo uma fonte energética de baixo ou nenhum carbono. *Este estudo mostra que há mais que suficientes tecnologias benignas disponíveis, não sendo necessário um envolvimento ainda maior com a energia nuclear e seus muitos riscos associados.*<sup>6</sup>

A biomassa, em alguns aspectos, representa o caso oposto – uma tecnologia com histórico de seqüência confuso, mas que, apesar disso, tem ganho rápido apoio e causado grandes expectativas, incluindo de muitos da comunidade ambiental. A Força Tarefa considerou o alto risco das plantações de biomassa em grande escala causarem impactos ambientais inaceitáveis,

<sup>6</sup> Para uma avaliação completa, ver Tópico do Documento: 'Energia Nuclear'



**WWF-Brasil**

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

especialmente quando cultivadas em áreas recém convertidas de florestas tropicais. Por conseqüência, concluiu-se que a biomassa não deve ser considerada como uma simples categoria, e que era necessário separar designações para “sustentável” e “insustentável” biomassa. A Força Tarefa encomendou uma pesquisa específica para avaliar o possível âmbito de contribuição que pode ser feito pela biomassa *sustentável* a nível global. Além disso, uma mudança significativa para a biomassa como uma fonte energética irá certamente imprimir novas demandas em *habitats* intocados e pode, contrariamente, impactar os pobres do mundo pela elevação nos preços dos alimentos. Estes dois potenciais soam como um claro sinal de advertência e justificam atenção adicional e contínuo manejo.

Contudo, os atuais níveis de biomassa, nuclear e grandes hidrelétricas foram incluídos no modelo, para refletir as realidades existentes, tais como as usinas em existência ou em construção. A capacidade adicional foi considerada apenas se julgadas como sustentáveis (não para nuclear), de acordo com os critérios próprios do WWF (ver tópicos do relatório).

A Rede WWF reconhece que há atualmente novas usinas nucleares sendo ativadas e que outras estão sendo desativadas. O cenário assume que todas as usinas nucleares existentes, construídas ou em construção, continuarão a operar até o fim de suas vidas econômicas, mas não serão substituídas. Isto efetivamente resultaria em uma remoção progressiva da energia nuclear até 2050.

### **3 O MODELO DE SOLUÇÕES CLIMÁTICAS DA REDE WWF – CONTRIBUIÇÕES**

Esta seção sintetiza os principais resultados do projeto modelo da Força Tarefa Energética Global da Rede WWF.

#### **3.1 Objetivos do Projeto**

Nosso ponto inicial é que as seguintes metas devem ser consideradas pela comunidade mundial como imperativas, já que o fracasso, em cada caso, daria origem a conseqüências inaceitáveis:

- \* Fornecer serviços de energia suficientes para satisfazer as necessidades de desenvolvimento global estimadas;
- \* Evitar as perigosas mudanças climáticas e outros sérios impactos negativos sociais ou ambientais de tecnologias energéticas.

Portanto, os objetivos específicos deste projeto são:

- \* Avaliar a disponibilidade das soluções energéticas para cumprir as metas no período até 2050;
- \* Identificar as questões energéticas fundamentais que precisam ser resolvidas para que este potencial seja concretizado.

#### **3.2 Definindo o Desafio**

##### **3.2.1 Satisfazer as necessidades de serviços energéticos globais**

O número de pessoas, o nível de consumo delas e a natureza do que elas consomem, são todos importantes ingredientes para compreender o desafio a ser encarado. Em todos os casos, tentamos fazer uma projeção neutra, meio termo, destas importantes tendências.



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

**População.** O modelo assume um crescimento da população mundial que atinge seu pico em 9 bilhões de pessoas em 2050, como previsto pelo Projeto de Populações das Nações Unidas.<sup>7</sup>

**Consumo.** O modelo supõe uma demanda crescente por serviços energéticos e produção da terra, impulsionada pelo desenvolvimento econômico e pela industrialização nos países em desenvolvimento, enfrentando maiores desafios no auxílio à pobreza<sup>8</sup>, e aumento dos níveis de riqueza em todos os países.

**Demanda Energética.** Para uma visão equilibrada da demanda energética projetada, foi utilizada a sinopse do cenário A1B do Relatório Especial sobre Cenários de Emissões do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC SRES, sigla em inglês), que está no meio termo das projeções de demanda energética.

Contudo, nota-se que o fornecimento de energia (tais como eletricidade ou óleo) é somente um meio para um importante fim – o fornecimento de serviços de energia (tais como iluminação ou transporte).

### 3.2.2 Evitar as mudanças climáticas perigosas

**Limiar de 2º Celsius.** O modelo adota a proposição (feita pelos cientistas ambientais, adotada pela União Européia<sup>9</sup> e solidamente aprovada pela Rede WWF) de que qualquer aquecimento induzido humanamente maior que 2º Celsius acima dos níveis pré-industriais será perigoso para o meio ambiente global, a sociedade humana e as economias nacionais.<sup>10</sup>

**Meta de Estabilização.** Os níveis futuros de aquecimento global estão relacionados aos futuros níveis de gases de efeito estufa na atmosfera. Adotamos uma meta de 400 ppm em equivalente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>e) para gases de efeito estufa. Isto é baseado na análise de Meinhausen<sup>11</sup> do impacto de emissões de efeito estufa no sistema climático, que sugere que tal estabilização propicia uma alta<sup>12</sup> probabilidade de evitar um aquecimento de 2º Celsius. Na verdade, as atuais concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa já excederam este ponto; contudo, o modelo referenciado acima indica uma trajetória em que as emissões atingem um pico de 475 ppm, mas estabilizam em 400 ppm a longo prazo, devido à ação da biosfera e dos oceanos reabsorvendo uma porção de atuais e futuras emissões antropogênicas.<sup>13</sup>

**Orçamento de carbono.** Há um emergente consenso em relação ao nível de reduções de emissões globais necessário – tipicamente 60% abaixo dos níveis atuais até 2050 – com o

<sup>7</sup> Nações Unidas (2004). World Population Prospects: The 2004 Revisions Population Database. Divisão de Populações das Nações Unidas. <http://esa.un.org/unpp/>

<sup>8</sup> Ver tópico do documento 'Pobreza e Energia' e documentos dos países, anexo

<sup>9</sup> Conselho UE (2004). Ata do Conselho Europeu da Primavera de 2004 “o Conselho [...] RECONHECE que para satisfazer o objetivo último da Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudança do Clima (UNFCCC, da sigla em inglês) para prevenir as perigosas interferências antropogênicas com o sistema climático, o aumento da temperatura global total não deve exceder os 2°C acima dos níveis [...]” Conselho Europeu da Primavera de 2004. Documento 7631/04 (anexo), p 20.

<sup>10</sup> Para uma avaliação completa, ver tópico do documento anexo; 'O Imperativo 2º C'

<sup>11</sup> Meinhausen, M. (2004). EU's 2°C Target and Implications for Global Emission Reductions. Apresentação no Instituto Federal de Tecnologia da Suíça.

<sup>12</sup> Isto refere-se à estimativa de Meinhausen (2004) de que uma estabilização a 400 ppm de CO<sub>2</sub>e seria coerente com a probabilidade de 74% de ficar abaixo de 2º de aquecimento (relativo aos níveis pré-industriais)

<sup>13</sup> Meinhausen, M. (2006) What Does A 2 Degree Target Mean for Greenhouse Gas Concentrations. pp: 265 - 279, capítulo 28 em: Avoiding Dangerous Climate Change; Cambridge University Press, 392 páginas, 2006.



objetivo de evitar mudanças climáticas perigosas. Contudo, é o total acumulado das emissões que é importante neste aspecto, então, adotou-se o conceito de um “orçamento de carbono” global – a quantia total de carbono que pode ser liberada de atividades humanas (contando com níveis de emissão naturais e seqüestro) antes que um nível de concentração particular seja alcançado.

**Emissões de uso da terra.** Uma margem também deve ser feita para a contribuição incerta de emissões pelo uso da terra (dos quais o desmatamento tropical será particularmente importante, sendo responsável por um quinto de todas as emissões de gás de efeito estufa). Por isso, descrevemos uma *variação* do “orçamento de carbono”, representando as margens mais altas e mais baixas de orçamento de carbono antropogênico, dependendo do sucesso ou fracasso das atividades para limitar as emissões neste setor de uso da terra.<sup>14</sup>.

**Varição do orçamento de carbono.** O modelo de Meinhausen indica que, para alcançar uma meta de estabilização atmosférica de 400 ppm de CO<sub>2</sub>e, requer-se que as emissões sejam limitadas para um orçamento de carbono fóssil de “cerca de 500 Gt C”. Este valor foi adotado como o mais alto limite admissível de emissões. Contudo, isto supõe uma significativa redução nas emissões de uso da terra, na ausência do que Meinhausen aponta que o orçamento de carbono “pode ser mais baixo (400 Gt C)”. Isto tem, portanto, sido adotado como o limite alternativo mais alto de emissões admissíveis.

**Onda de Carbono** Claramente, tal orçamento será gasto (emitido) durante muitos anos (o modelo estabelece o orçamento de carbono durante um período de 200 anos). O modelo assume o modo em que o orçamento pode ser gasto como uma onda indicativa, como mostrado na Figura 3, coerente com as margens mais altas e mais baixas do total do orçamento de carbono. As suaves curvas desta onda refletem a inércia do atual sistema de energia que resiste à mudança repentina.

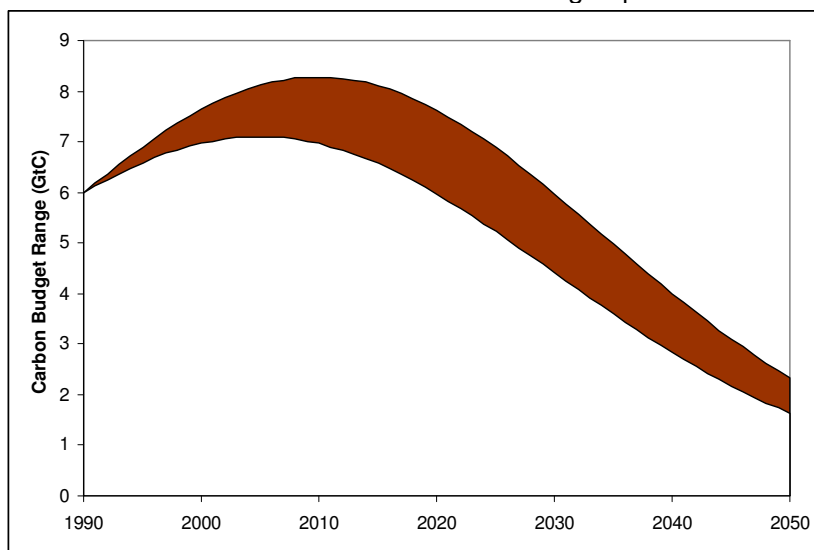


Fig 3 Uma indicativa “onda de carbono” mostra a diferença nos limites mais altos de emissões de carbono admissíveis anualmente, de combustíveis fósseis, em Gt C por ano, para orçamentos de carbono total de 400 Gt C e 500 Gt C considerados até 2200 (mostrando o período de 2050 somente). Portanto, a grossura da onda mostra a crucial extra flexibilidade disponível em emissões antropogênicas se o desmatamento é controlado com sucesso.

**Outros gases de efeito estufa.** Supomos que reduções de dióxido de carbono resultarão na

<sup>14</sup> Ver tópico do documento: 'Desmatamento'



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

redução de outros gases de efeito estufa em proporções iguais, contanto que sejam reconhecidos e incluídos nos mesmos contextos regulatórios. O modelo trabalha, portanto, com emissões de dióxido de carbono somente e não inclui outros gases de efeito estufa. Contudo, o dióxido de carbono oriundo de combustíveis fósseis e desmatamento responde pela maioria das emissões de gases de efeito estufa (62% e 18%, respectivamente). Pela redução das emissões destas fontes, muitas outras emissões de gases de efeito estufa serão reduzidas, além do dióxido de carbono (notadamente metano e óxido nitroso). Um mundo que seriamente se compromete a reduzir a intensidade de carbono de suas fontes de energia para combater a mudança climática, é provável que também reduza seu dióxido de carbono não energético e outros gases de efeito estufa pela adoção de políticas agrícolas e industriais mais inovadoras.

**Uso contínuo de combustíveis fósseis sem a captura de carbono.** O uso da tecnologia de captura de carbono permitirá o uso de emissão baixa de combustíveis fósseis em grandes aplicações. O modelo também leva em conta uma estimativa de contínuo uso de combustíveis fósseis em algumas aplicações onde as alternativas de combustíveis não estão disponíveis e/ou a tecnologia de captura de carbono não tem sido aplicada com êxito. Estas incluem uma proporção de demanda de combustível de aviação ainda não satisfeita pelos biocombustíveis e alguns aspectos da produção industrial e outros nichos de aplicações ou locações.<sup>15</sup>

### 3.3 Características fundamentais do Modelo de Soluções Climáticas

#### 3.3.1 Estimular as tecnologias comercialmente disponíveis

O Modelo de Soluções Climáticas da Rede WWF é principalmente um modelo de fonte, tecnologia e viabilidade industrial. Não é um modelo econômico, preços e custos não foram usados para limitar ou guiar a compreensão das tecnologias. Nenhuma suposição ou inferência foi feita em relação às políticas e medidas necessárias para alcançar os resultados. Contudo, para assegurar que os cenários modelados são economicamente plausíveis e viáveis, somente fontes de energia e soluções climáticas que já são competitivas – ou provável que seja em curto prazo – foram selecionadas. Em alguns casos, tecnologias energéticas distribuídas avaliadas no momento de utilização (como os painéis solares fotovoltaicos ou aquecimento e energia combinados) têm específicas vantagens de custo que o modelo reconhece. No caso do hidrogênio produzido por meio de fontes renováveis de energia, assume-se que o valor somado de armazenamento e criação de combustíveis flexíveis e transportáveis e combustíveis para processos de alta temperatura industrial justificará os custos adicionais.

Embora a viabilidade comercial seja um pressuposto, ela pode não ser alcançável por meio de instrumentos únicos como só o preço do carbono. No entanto, o nível do investimento comercial e público necessário para impulsionar a produção industrial e o desenvolvimento da infra-estrutura na escala exigida dependerá, em longo prazo, de compromissos estáveis dos governos no ritmo e profundidade das restrições de emissão de efeito estufa.

A ausência de plausibilidade econômica é sempre usada para criticar modelos que incluem o uso de emissões baixas e tecnologias de custo mais alto. De qualquer modo, as conclusões da Stern Review – que é essencialmente econômica – projetaram que os custos do aquecimento global severamente impactariam o PIB global, se deixados de lado.

#### 3.3.2 Estender o conceito de 'cunhas de estabilização' de Pacala-Socolow

---

<sup>15</sup> Ver tópico do documento 21 'Contínuo uso de combustível fóssil não CCS', em anexo



**WWF-Brasil**

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

Uma considerável quantidade de modelos, têm sido empreendidos nos campos das mudanças climáticas e da energia. Muitos modelos são construídos de modo a deixar os cenários evoluírem baseados nos custos, tais como o preço do óleo ou o custo do carbono. O Modelo de Soluções Climáticas da Rede WWF adota uma abordagem diferente, focando no potencial da tecnologia e da fonte de evitar as perigosas mudanças climáticas, deixando os sistemas políticos e econômicos responderem por essa necessidade, ao invés de fazer o contrário.

Um modelo de 'cunhas', desenvolvido por Pacala e Socolow<sup>16</sup>, é amplamente considerado como uma abordagem interessante e proporciona um excelente ponto de partida. Ele divide a tarefa da *estabilização* das emissões em 50 anos em um conjunto de sete 'cunhas' (distribuídas pelas emissões – evitando tecnologias), cada uma das quais cresce de uma muito pequena contribuição atual até um ponto onde é evitável a emissão de 1 Gt C por ano por volta de 2050. Seus autores apontam que muito mais dessas 'cunhas' estão tecnicamente disponíveis do que são necessárias para o trabalho da estabilização das emissões globais nos níveis atuais para 2050.

O Modelo de Soluções Climáticas da Rede WWF desenvolve o modelo de 'cunhas' de Pacala-Socolow adaptando-o para ir além da estabilização, para alcançar - até 2050 - as significativas reduções em emissões globais que o atual consenso científico indica serem necessárias para evitar as perigosas mudanças climáticas.

O modelo da Rede WWF:

- \* Estende a penetração de tecnologias que poupam o clima para alcançar uma consistente diminuição com um orçamento de carbono mais rigoroso;
- \* Atrai uma diversidade de opiniões de especialistas sobre o tamanho e escalas potenciais das cunhas de soluções (desde análises publicadas, pesquisa interna, e pesquisas encomendadas a consultores especialistas) como contribuições ao modelo;
- \* Emprega uma abordagem probabilística com aquelas contribuições (usando o método 'Monte Carlo')<sup>17</sup>, de modo que os resultados podem ser considerados como probabilidades de alcançar certos produtos ou riscos de falha;
- \* Modela a conduta real do crescimento da indústria mundial ao assumir: que o crescimento de qualquer tecnologia seguirá a típica trajetória na forma de S; que restrições impõem um máximo no índice de crescimento sustentável; e que a escala final depende em fontes estimadas e outras específicas restrições;

<sup>16</sup> Pacala, S e Socolow, R. (2004) Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem of the Next 50 Years with Current Technologies. Science 13 de Agosto de 2004, Vol. 305.

<sup>17</sup> O método Monte Carlo é largamente usado para prever prováveis resultados em situações onde duas ou mais contribuições têm uma variedade de possíveis valores. O modelo é colocado para funcionar repetidas vezes com diferentes valores de insumos estabelecidos aleatoriamente dentro de seu possível alcance e de acordo com suas probabilidades individuais de distribuições. Conseqüentemente, os resultados oferecem uma probabilidade de resultado que reflete as probabilidades combinadas de distribuições dos insumos. Ver referências no sumário técnico.



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

- \* Busca minimizar a substituição de qualquer estoque ou sistema antes do fim de sua vida física ou econômica;
- \* Permite que algumas soluções desempenhem um papel provisório ao serem introduzidas e, então, retiradas progressivamente quando soluções melhores tornam-se disponíveis;
- \* Exclui opções de tecnologia energética julgadas pela Rede WWF como inerentemente insustentáveis;
- \* Inclui uma contingência que reconhece a possibilidade de que algumas soluções podem se deparar com significativas barreiras para o seu desenvolvimento e, por isso, falhar em cumprir as projeções expostas no modelo;
- \* Consideráveis análises e detalhes da modelação sustentam cada uma destas ações e explicações adicionais estão disponíveis em um documento de suporte técnico.<sup>18</sup>.

### 3.3.3 Reduzindo de cima para baixo e de baixo para cima

A modelagem combina aspectos de 'baixo para cima' (do inglês *top-down*) e de 'cima para baixo' (do inglês *bottom-up*) para capturar o melhor dos dois extremos do debate sobre como melhor abordar reduções de futuras emissões – as exigências globais de energia e oportunidades de redução ('de cima para baixo'), e a ampla variação de opções para cumprir estas necessidades de maneira sustentável ('de baixo para cima').

O aspecto 'de cima para baixo' do modelo é baseado no cenário A1B, do IPCC, para energia e emissões, o que é coerente com a Seção 3.3.1 acima. Contudo, abordagens 'de cima para baixo' podem introduzir perversidades, tais como inflação das linhas que servem de base criando uma ilusão de um maior potencial de redução de emissões. O aspecto de 'baixo para cima' do modelo estabelece um conjunto de 'cunhas de soluções climáticas' para cumprir a projetada demanda por serviços de energia, setor por setor. Isto requer algumas suposições sobre o nível e tipo de consumo, que proporção de energia é usada em transporte, ou em casas ou em indústria e assim por diante.

Supõe-se que em 2050 os padrões de consumo por todo o mundo serão similares àqueles dos cidadãos com desenvolvido nível de vida hoje – por exemplo, os habitantes dos países da OECD (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico). Esta informação é usada para assegurar que as cunhas de soluções climáticas sejam internamente coerentes e evitar a “dupla contagem” de oportunidades de redução que são sobrepostas.<sup>19</sup> Por considerar, o total necessário de serviços de energia para cada setor e, então, o papel de possíveis soluções climáticas, as cunhas de soluções climáticas mantêm, na melhor medida possível, sua conexão com o mundo real.

Para contrastar as duas diferentes abordagens: as cunhas de soluções climáticas podem ser

<sup>18</sup> Um sumário técnico do projeto do modelo pode ser encontrado no Documento 19 do Tópico do Documento do Anexo a este relatório

<sup>19</sup> Por exemplo, a diminuição a partir do transporte pode ser alcançada por veículos mais eficientes ou uma mudança para os biocombustíveis. Contudo, estas medidas não são acumulativas – se todos os carros utilizassem biocombustíveis, a maior eficiência de veículos não teria nenhum impacto nas emissões líquidas.





**WWF-Brasil**

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

estabelecidas de 'baixo para cima' para considerar o total de energia fornecida em resposta às necessidades de cada setor. Ou, na abordagem 'de cima para baixo', usada por Pacala e Socolow, cada uma pode ser vista como uma cunha de energia de baixo ou zero carbono, subtraída da projeção de A1B, e substituindo fornecimentos de combustível fóssil convencional que, de outro modo, teria sido usado para cumprir as necessidades de energia.

Nenhuma ordem de preferência de cunhas de solução é implicada e se o bloco combinado de cunhas de soluções potenciais excede a demanda energética estimada em um dado ano, a extensão desse excesso é efetivamente uma contingência/margem de segurança contra falha de cunhas individuais, subestimação da demanda, ou futuras exigências por maiores reduções que as atualmente estimadas.

#### **4 O MODELO DE SOLUÇÕES CLIMÁTICAS DA REDE WWF – RESULTADOS**

O Modelo de Soluções Climáticas da Rede WWF foi estabelecido para examinar uma variedade de cenários dentro dos limites da metodologia de modelagem escolhida. O cenário apresentado aqui considera o que é necessário para assegurar que as metas definidas pela Força Tarefa Energética Global – necessidades de desenvolvimento energético, proteção climática e o impedimento dos impactos sociais e ambientais – sejam satisfeitas dentro de uma consistente margem de segurança com apropriada gestão de riscos .

Importante dizer que, este cenário (ver Figuras 4 e 5) descreve um futuro em que, devido aos longos tempos de processamento para empregar tecnologia de baixa emissão, as emissões globais de carbono de combustíveis fósseis continuam a aumentar pela próxima década. Com o objetivo de permanecer dentro do orçamento total de carbono, o cenário mostra que ação decisiva é necessária, dentro de cinco anos, para acelerar o crescimento de *todas* as indústrias de energia limpa. Uma transição nesta escala é necessária para evitar o perigoso aquecimento e, sob o modelo, ela parece viável técnica e industrialmente. Contudo, a realização bem sucedida dependerá de suficiente vontade política, globalmente organizada, para impulsionar mudança por meio de uma estrutura econômica e regulatória apropriada.

##### **4.1 Administrando o Risco**

O cenário foi construído com as seguintes exigências:

- \* Cumprir a antecipada demanda em serviços de energia com um excedente de contingência de pelo menos 10%;
- \* Alcançar o objetivo de evitar o aquecimento de 2<sup>o</sup> Celsius por atingir a estabilização dos 400 ppm de CO<sub>2</sub>e;
- \* Não é injustificadamente dependente de nenhuma fonte energética ou tipo de tecnologia;

\* Pode ser alcançado sem recorrer a tecnologias insustentáveis.

## 4.2 Construção de Cunhas de Soluções Climáticas

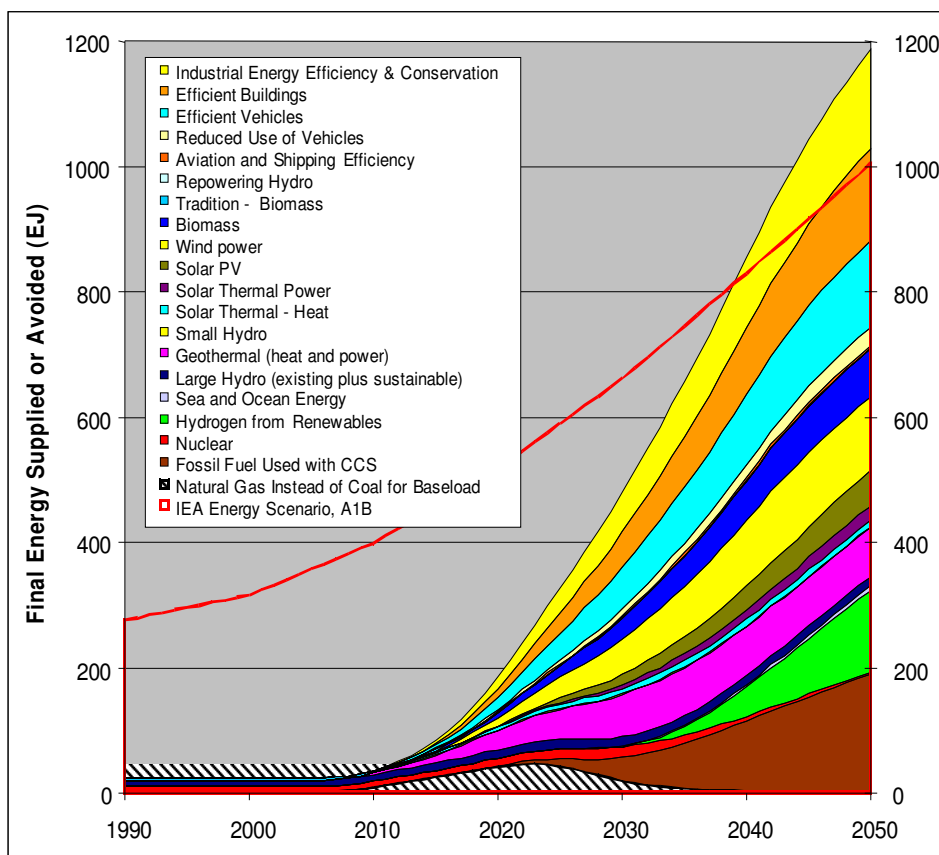


Fig 4 Um cenário representativo do Modelo de Soluções Climáticas descreve as cunhas de tecnologia capazes de evitar as perigosas mudanças climáticas. Cada cunha de solução climática cresce no período e a soma de todas as cunhas torna-se significativa, já que a capacidade industrial e de distribuição aumentam em escala. A linha vermelha no topo refere-se à projeção de demanda energética no cenário SRES A1B. Note que, uma vez que as tecnologias de eficiência energética são mostradas ao lado do fornecimento de energia de fontes de baixa emissão, os resultados são expressos em energia final ,suprida ou evitada (ao invés de produção de energia primária).

Este cenário indica que uma combinação de ganhos de eficiência, fontes de energia renovável e CCS pode cumprir as necessidades energéticas projetadas para 2050.

### Notas

- \* Renováveis: Atualmente, somente a biomassa tradicional e a grande hídrica são fornecedoras de quantidades globalmente significativas de energia renovável, embora o crescimento internacional de outras, tais como eólica e solar, continua a ser exponencial e maior que quaisquer outras tecnologias energéticas.



**WWF-Brasil**

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

\* **Tempo de Atraso:** As medidas de eficiência energética nesta simulação têm um efeito bastante cedo, tendo um notável impacto de 2015 para frente. As renováveis, significativamente, impactam um pouco mais tarde e a Captura e Armazenamento de Carbono (CCS) só começa a penetrar no perfil das emissões no período de 2020 a 2030. Entretanto, o gás (sem CCS) é usado pesadamente, no período de 2010 a 2040, para substituir o uso do carvão.

\* **Energia para Processos Térmicos:** Haverá uma restrição crucial na disponibilidade de combustíveis para processos térmicos industriais que podem ser satisfeitos somente com os níveis de baixa emissão pelo hidrogênio, biomassa ou combustíveis fósseis com CCS.

\* **Emissões Residuais:** Se não houver significativas falhas nas soluções climáticas disponíveis, as únicas emissões de carbono remanescentes de combustíveis fósseis, depois de 2040, serão aquelas de mais alta eficiência do setor de aviação e transporte (veja abaixo), uma pequena fração de gás natural não CCS e emissões residuais de uma crescente porção de CCS baseado no uso de combustível fóssil. O modelo não inclui emissões de dióxido de carbono provenientes de outros processos que não os energéticos, nem emissões de outros gases estufa, além do dióxido de carbono, oriundas de outras atividades humanas como a agricultura ou o uso de gases fluorados de efeito estufa (gases F). Supostamente, estes irão reduzir-se em proporção aproximada com emissões de dióxido de carbono, contanto que tais gases sejam identificados e incluídos nos mesmos contextos regulatórios. Contudo, partindo do princípio de que haja contingência, a diminuição progressiva do uso do combustível fóssil convencional será atrasada por cerca de dez anos, até 2040, veja Figura 5 abaixo.

\* **Após 2030:** A maioria do consumo de energia após 2030 é derivada de várias fontes de energias renováveis, notadamente eólica, biomassa sustentável, geotérmica e vários sistemas para utilização da radiação solar.

\* **Hidrogênio dos Renováveis:** Há muitas fontes de energia renovável que podem fornecer substancialmente mais energia que as grades de energia são capazes de absorver, no entanto, a utilização desta energia requer outra forma de armazenagem. O hidrogênio é um exemplo de tal carregador de energia. A importância do hidrogênio gerado de uma não específica, mas ampla variedade de fontes renováveis (tais como grandes instalações solares térmicas, energia eólica e grandes fontes similares, que de outro modo estariam restritas a limitações da grade) cresce rapidamente a partir de 2030. Isto proporciona mais flexibilidade para a aplicação e tempo de uso para fontes de energia zero ou baixo carbono, especialmente se elas são intermitentes. Isto também permite uma forma energética química para aplicações térmicas e de transporte.

\* **Aviação:** Atualmente, há um crescimento muito alto nos níveis de aviação e, portanto, das emissões anuais de gases de efeito estufa das viagens aéreas. Por um lado, esta tendência reflete os mais baixos níveis de taxação de combustíveis de aviação e suas atuais exclusões do Protocolo de Quioto. Ao modelar a aviação, examinamos algumas possíveis soluções para assegurar que os níveis da aviação possam ser manejados sem o orçamento de carbono. O modelo inclui as seguintes provisões:



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
http://www.wwf.org.br

- Um contínuo aumento na eficiência do avião;
- Um aumento na eficiência de operação do avião pela maximização dos níveis de ocupação em todos os vôos;
- Retirada do uso do querosene mineral (combustível fóssil) com substituições diretas derivadas de biocombustíveis;
- Substituir o uso do avião, quando possível, por alternativas como teleconferência de banda larga, trens de alta velocidade para viagens de curtas distâncias e outras intervenções para evitar a necessidade por ou consumo de viagens aéreas de curta duração.

Ao contrário do transporte baseado na terra, o estoque elétrico de energia ou o hidrogênio ainda não são, e podem nunca ser, aplicáveis para viagens aéreas. Isto significa que combustíveis para aviação podem precisar ser prioritários para o uso de biocombustíveis ou pode haver a necessidade de incluir o uso residual de combustíveis fósseis para aviação. O modelo inclui uma provisão para o uso continuado de alguns combustíveis fósseis para aplicações contínuas, tais como alguns componentes de combustíveis de aviação.

### 4.3 Como as cunhas substituem a energia de alta emissão

A Figura 5 mostra como a mistura de cunhas energéticas tem um desempenho relativo ao da energia que é prevista para ser exigida do cenário de referência A1B.

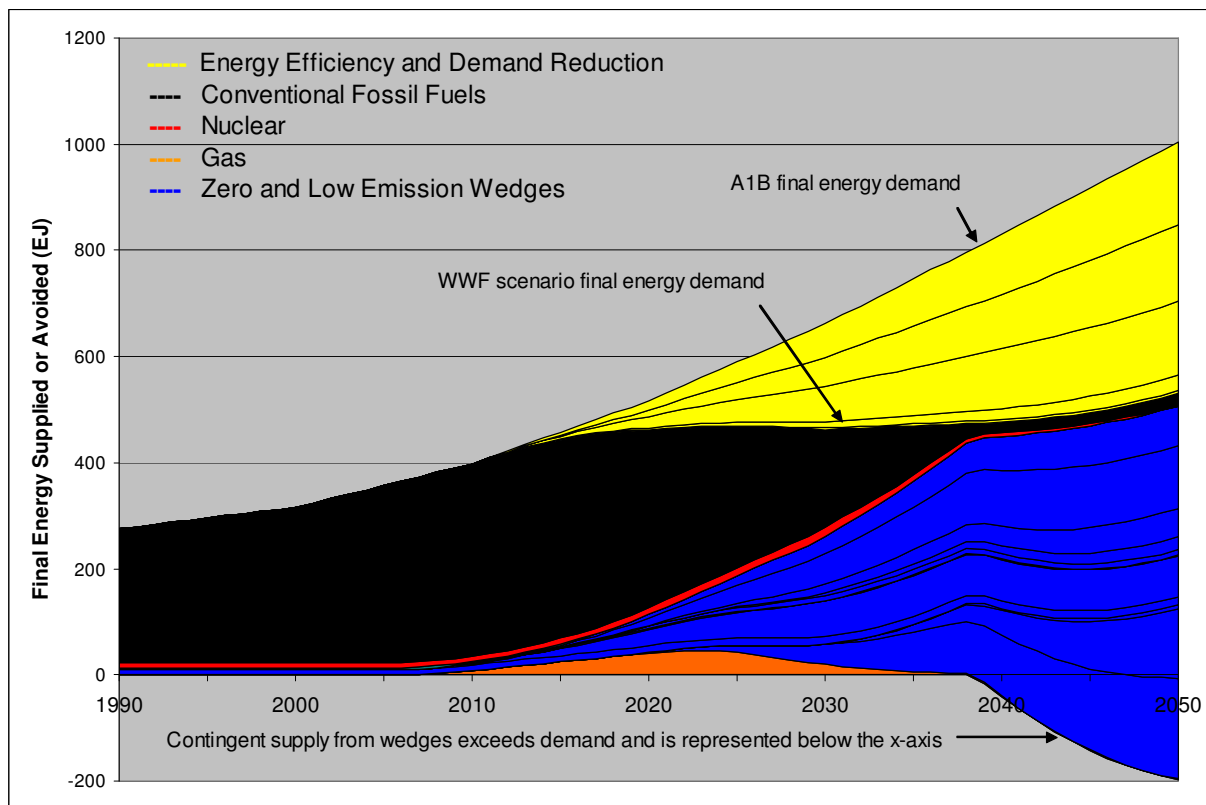


Fig 5 Resultado do Modelo de Soluções Climáticas da Rede WWF. A eficiência energética e medidas de redução de demanda (desenhadas de cima para baixo, em amarelo) estabilizam amplamente a demanda energética por volta de 2020, permitindo



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

que uma demanda crescente de abastecimento dos serviços de energia (não obstante as variações regionais). Entretanto, fontes de energia com zero e baixa emissão são desenvolvidas (a partir de baixo, em azul) até cerca de 2040, quando, assumindo nenhuma falha significativa, o uso de combustível fóssil (em preto) é reduzido para um “persistente” nível residual de 20EJ para aplicações que são difíceis de substituir. O uso da energia nuclear (em vermelho) é diminuído. Claro que pode acontecer de algumas cunhas terem um baixo desempenho ou falharem inteiramente. O cenário proporciona capacidade extra através de uma contingência. Este colchão é representado pelo fornecimento energético ilustrado na área azul abaixo do x.

Em termos gerais, o cenário mostra um mundo energético dominado pela demanda por mais serviços de energia durante todo o período até 2050.

Com as sementes de soluções energéticas semeadas no período até 2012, os efeitos sobre a mistura energética começam a tornar-se tangíveis, com uma deliberada expansão da **eficiência energética** (indústria, construções, e em todas as formas de transporte). O efeito global é causar uma paralisação no consumo final de energia do período a partir de 2020e, enquanto a demanda final dos serviços de energia, na verdade, aumenta durante o período.

Apesar de começar a partir de uma base menor, o crescimento da **energia renovável** torna-se significativo no período por volta de 2020. Além disso, um aumento no uso do gás é postulado para evitar nova absorção (ou consumo) de carvão – criando uma “bolha de gás” que estende-se de 2010 até 2040.

Enquanto a produção de eletricidade renovável torna-se restrita por volta de 2040, o crescimento da produção e distribuição de **hidrogênio** permite que a energia renovável seja tanto armazenada quanto utilizada para usos finais, tais como combustíveis de transporte e processos térmicos domésticos e industriais.

A maioria do restante da diminuição gradual das emissões de combustíveis fósseis convencionais é alcançada pela expansão da **Captura e Armazenamento de Carbono** – tanto sobre o gás como sobre outros combustíveis fósseis ainda usados para energia e processos industriais.

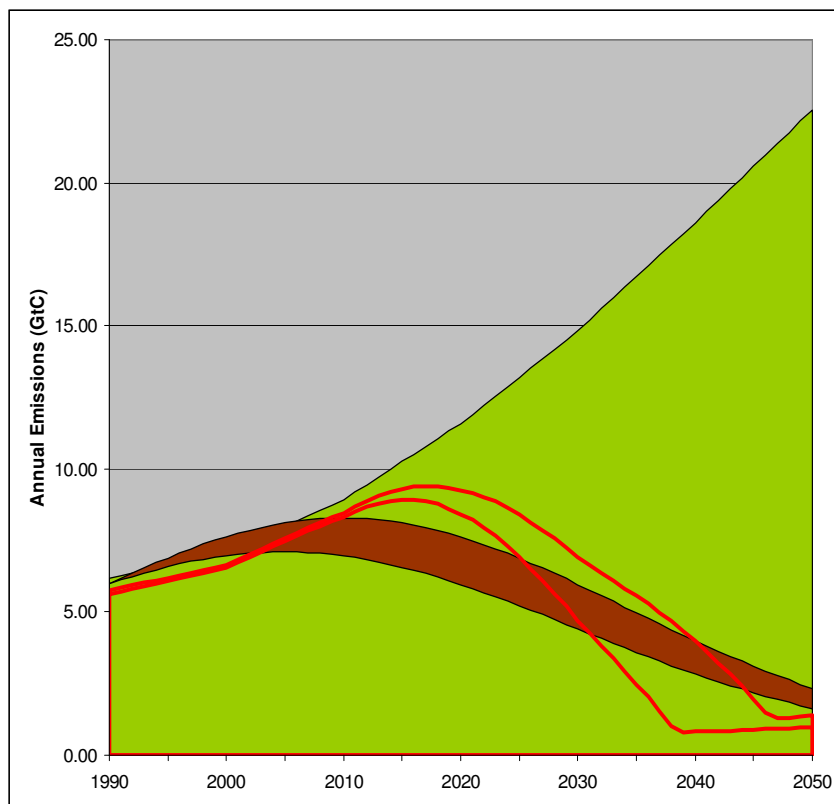
O cenário é resiliente, ou seja com capacidade adaptativa, pois a contingência de 15% (colchão ilustrado na figura 5) permite a possibilidade de baixa atuação de uma ou mais cunhas, dentre elas até mesmo uma total falha da CCS de combustíveis fósseis.

O cenário mostra que é tecnologicamente possível exceder a demanda projetada por energia (enquanto moderada por medidas de eficiência energética) usando a mistura de cunhas que foram desenvolvidas com os critérios industriais colocados para o modelo e baseados em fonte publicada e dados de desempenho. É claro, que isto emprega uma abordagem global unificada. Algumas perspectivas regionais são exploradas em documentos (ou artigos) temáticos secundários.<sup>20</sup>

O efeito global deste cenário sobre emissões é mostrado na Figura 6 abaixo:

---

<sup>20</sup> Ver Tópico do Documento anexado



**Fig 6. Emissões no Modelo de Soluções Climáticas da Rede WWF.** O diagrama mostra a variação de emissões (onda vermelha) no cenário apresentado neste documento. O limite mais baixo vermelho desta variação mostra o potencial técnico de redução de emissões se todas as cunhas são totalmente implementadas, e todo o 'combustível fóssil com cunhas de CCS' (pintada de marrom na Fig 4 acima) abrange usinas queimando gás (que tem intensidade de carbono mais baixa). As emissões seguem a linha de limite superior se cerca de 80% do potencial é alcançado e a cunha 'combustível fóssil com CCS' é feita de (mais alta intensidade de carbono) usinas de carvão. Colocada contra a curva nominal de orçamento de carbono (marrom, da Fig 3), é claro que as emissões globais até 2050 da trajetória inferior cai dentro do total de emissões indicado pela linha (superior ao) que está acima do orçamento (isto é que é permitido se o desmatamento for controlado com êxito). Qualquer falha nos esforços para paralisar o desmatamento (reduzindo o orçamento disponível para emissões de energia para a linha mais baixa da onda marrom) reduzirá as chances de ficar dentro do orçamento de emissões global, especialmente se falhas ou atrasos na implementação de cunhas de solução impulsionam a curva de emissões através do limite superior da onda vermelha. Estas curvas são comparadas com a imagem de fundo do cenário (verde) que representa as emissões que ocorreriam se o cenário energético do IPCC, A1B, fosse suprido com a atual mistura combustível fóssil (isto é aproximadamente 0,02 Gt C/EJ). Os resultados da modelagem mostram que, embora o ponto no qual as emissões globais começam a declinar pode não ocorrer até 2015-2020, há potencial para impulsionar profundas reduções rapidamente, uma vez que o momento industrial atrás da transição está a caminho.

#### 4.4 Características fundamentais do Cenário da Rede WWF

O modelo e cenário da Rede WWF apresentados mostram que, com as restrições tecnológicas, de fontes e industriais construídas dentro do modelo, é possível alcançar um conjunto de transformações no setor energético necessárias para evitar as perigosas mudanças climáticas. Para alcançar isto no modelo:



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

- \* Todas as cunhas de soluções são perseguidas simultaneamente; o tempo de desenvolvimento industrial é inadequado para possibilitar desenvolvimento consecutivo;
- \* O início da maioria das soluções ocorre entre 2007 e 2012, refletindo o fato de que algumas soluções já estão a caminho, apesar de que muitas não estão;
- \* Tecnologias de eficiência energética são empregadas o quanto antes para criar espaço para emissões enquanto outras soluções estão evoluindo em escala;
- \* O índice de desenvolvimento para a maioria das tecnologias de zero e baixa emissão é empurrado para o alto extremo do crescimento industrial viável inicialmente (mais de 30% por ano) e mantido por volta de 20% por ano durante sua fase de processamento
- \* A solução tem uma resistência intrínseca para a falha ou baixo desempenho de uma ou mais cunhas de soluções climáticas, isto inclui a possível falha da CCS.

## 5 CONCLUSÕES

### 5.1 Seis Soluções Fundamentais

Se implementado em paralelo, o modelo da Rede WWF mostra que as seguintes soluções proporcionam um caminho para alcançar a meta de evitar as perigosas mudanças climáticas, além de outras sérias consequências ambientais e sociais. Tópicos do documento (anexados)<sup>21</sup> incluem informações adicionais sobre estas tecnologias e a definição de “sustentável” da Rede WWF para cada uma.

#### 5.1.1 Separar a demanda de serviços de energia da produção energética

Investimentos em eficiência energética, em todos os níveis da geração até o uso real, é sem dúvida o modo mais imediato, efetivo e economicamente benéfico de reduzir as emissões, de “comprar tempo” enquanto as outras energias são desenvolvidas, e para separar a crescente demanda por serviços de energia da produção energética vigente. O modelo indica que, por volta de 2020-2025, com as eficiências energéticas, será possível satisfazer as crescentes demandas por serviços de energia considerando uma demanda por produção de energia primária líquida e estável. A prioridade para os países desenvolvidos é a repotencialização de seus estoques de capital ineficientes com medidas de eficiência energética, e permitir que os países em desenvolvimento possam avançar por meio de investimento em tecnologias e sistemas muito mais eficientes desde o início.

**Por volta de 2050, o cenário da Rede WWF mostra o potencial para o equivalente de 200EJ por ano evitado pela eficiência energética industrial, e uma quantidade similar de eficiência de construções e de uma combinação de uso reduzido de veículos e motores mais eficientes. No total, as eficiências podem reduzir a demanda projetada por volta de 468EJ ou 39% anualmente – o equivalente a evitar emissões de 9,4 Gt C/ano – até 2050.<sup>22</sup>**

<sup>21</sup> Ver Tópico do Documento Anexado

<sup>22</sup> Comparado com nossa referência de cenário de demanda energética (A1B, do IPCC), suprido pela média atual de intensidade de níveis de carbono (cerca de 0,02 Gt C/EJ)



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

### 5.1.2 Paralisar a perda e a degradação florestal

Paralisar e reverter o desmatamento e a degradação das áreas florestais (por exemplo, para carvão ou pastagens), emerge como um elemento absolutamente crucial deste cenário, principalmente no que diz respeito aos países tropicais. A prioridade precisa ser a redução de emissões ao invés do sequestro de carbono. Observa-se que isso não exclui a continuação do uso sustentável das florestas.

**O cenário enfatiza a necessidade de esforços para frear as emissões recorrentes das mudanças no uso da terra e de áreas florestais, contribuindo com uma economia total de 100 – 150 Gt C no sentido de atingir o orçamento geral de carbono. Sem esta contribuição, a probabilidade de sucesso é radicalmente reduzida.**

### 5.1.3 Crescimento simultâneo de tecnologias energéticas de baixa emissão

O modelo avaliou o potencial de uma variedade de tecnologias de baixa emissão, tais como eólica<sup>23</sup>, hídrica<sup>24</sup>, biomassa<sup>25</sup>, geotérmica, solar PV, ondas e marés, e solar térmica. Um rápido incremento dessas tecnologias é necessário, mas dentro de um conjunto de restrições ambientais e sociais para assegurar sustentabilidade. Nos próximos cinquenta anos, a ampliação das tecnologias eólica, hídrica e bioenergia de forma sustentável, será particularmente importante. A bioenergia possui um vasto potencial para aquecimento e meio de transporte, mas pode fracassar se implementada de modo insustentável – isto é, por meio da destruição de *habitats* biodiversos para cultivar plantações destinadas à produção de biocombustível. Grandes usinas hidrelétricas também precisam ser implementadas com restrições.

**Até 2050, o cenário inclui a variação equivalente de 110-250EJ por ano da biomassa sustentável, com uma melhor estimativa de 180EJ/ano. Juntos, esta e outras tecnologias de baixa emissão podem proporcionar 513EJ energia por ano até 2050, ou cerca de 70% do suprimento depois da aplicação dos instrumentos de eficiência, e o equivalente para evitar emissões de 10,2 Gt C/ano.<sup>31</sup>**

### 5.1.4 Combustíveis flexíveis, armazenamento de energia e infra-estrutura

O modelo mostra que profundas reduções no uso de combustíveis fósseis não podem ser alcançadas sem grandes volumes de energias de fontes intermitentes utilizadas por meio do armazenamento de energia para melhor sincronizar com o ritmo da demanda e se transformar em formas de energia necessárias para transporte e aquecimento a alta temperatura (química). O uso de combustíveis fósseis com CCS irá também criar grandes volumes de gás de hidrogênio. Portanto, os resultados sugerem a necessidade de: (a) nova infra-estrutura – de forma significativa - para a produção, armazenamento, transporte e uso do gás hidrogênio e (b) desenvolvimento de uma infra-estrutura de armazenamento de energia que seja modular e interligada à rede de distribuição (*grid-connected*)

### 5.1.5 Substituir o carvão de alto nível de carbono por gás natural de baixo nível de carbono

Em curto prazo, um aumento no uso do gás natural<sup>26</sup> como um “combustível de transição” pode

<sup>23</sup> Ver Tópico do Documento 'Energia Eólica'

<sup>24</sup> Ver Tópico do Documento 'Hidro-eletricidade'

<sup>25</sup> Ver Tópico do Documento 'Bio-energia'

<sup>26</sup> Ver Tópico do Documento 'Gás Natural'





WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

ter um papel importante para evitar a fixação de emissões mais altas de carvão, desse modo, comprando mais tempo de desenvolvimento para outras soluções energéticas crescerem. Enquanto isto é mais aplicável em alguns países que outros, o gás deve ser incrementado em curto prazo (onde puder evitar o uso do carvão), sem causar impactos prejudiciais à biodiversidade. As ainda mais baixas emissões de carbono do gás usado com a tecnologia de captura e armazenamento de carbono também são consideradas. A Rede WWF, portanto, vê o gás natural como um combustível intermediário com importantes aplicações, desde que as questões de segurança energética possam ser resolvidas.

**O cenário inclui um fornecimento de gás natural substituindo o carvão, que atinge o máximo do suprimento em torno de 52EJ em 2023. Supõe-se que isto pode então ser isolado dentro das cunhas de CCS enquanto a tecnologia entra em operação**

#### **5.1.6 Adotar a “captura e armazenamento de carbono”**

O modelo da Rede WWF mostra a importância do CCS<sup>27</sup> caso os combustíveis fósseis continuem tendo um papel contínuo dentro de um setor energético restrito ao carbono. Claramente, enquanto as tecnologias de baixa e/ou zero emissão estão sendo amadurecidas e largamente empregadas, o carvão, o óleo e o gás continuarão a desempenhar um papel no suprimento combinado de energia em médio prazo, por razões examinadas em outra parte deste relatório e nos artigos temáticos anexados. O modelo mostra que, para ficar dentro do orçamento de emissões de carbono, é essencial que usinas de combustíveis fósseis sejam equipadas com tecnologia de captura e armazenamento de carbono o quanto antes – todas até 2050. Esta reivindicação tem implicações maiores e imediatas para o desenho, planejamento e localização de novas usinas, já que o transporte de dióxido de carbono para locais distantes de armazenamento seria muito caro.

**No total, combustíveis fósseis com CCS poderiam responder por 26% do fornecimento (depois da implementação de cunhas de eficiência) em 2050, evitando emissões de 3,8 Gt C/ano.<sup>31</sup>**

Contudo, a CCS é, na melhor das hipóteses, um contribuinte muito importante, mas somente parcial. O modelo mostra que, já que a CCS não captura todas as emissões, a proporção de combustíveis fósseis no fornecimento combinado terá que ser reduzida para 15-30% até 2050 (baixa estimativa para carvão, e a mais alta para o gás). Estes aspectos enfatizam a urgência de um maior investimento em tecnologias de baixo – ou zero- carbono, para manter-se dentro do orçamento de carbono.

Além disso, a exploração continuada dos combustíveis fósseis, mesmo em uma escala global decrescente, irá inevitavelmente envolver a abertura de novas reservas conforme velhas fontes são esgotadas. Novos desenvolvimentos devem cumprir condições rigorosas para proteger os valores ambientais e sociais.

**Uma variedade de potenciais tecnologias eficientes de captura está incluída no modelo probabilístico. O nível de CCS que pode ser usado é sensível a esta eficiência de captura e ao combustível que é usado - sua contribuição é maximizada com o gás.**

<sup>27</sup> Ver Tópico do Documento 'Captura e Armazenamento de Carbono'



**WWF-Brasil**

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

## **5.2 Três Imperativos**

Os seguintes fatores emergem como de particular importância para assegurar um resultado bem sucedido deste desafio:

### **5.2.1 Urgência**

As soluções para as mudanças climáticas têm sido discutidas à exaustão sem suficientes ações decisivas. Entretanto, as tecnologias intensivas de carbono estão rapidamente esgotando o orçamento de carbono disponível, reduzindo as opções e colocando o futuro em perigo. Em cinco anos, medidas devem estar implementadas, para impulsionar o urgente desenvolvimento e emprego de tecnologias benígnas de energia descritas nesta Visão. Atrasos fazem a transição cada vez mais difícil e cara, e aumentam os riscos de fracasso.

### **5.2.2 Um Esforço Global**

O desafio identificado aqui, de satisfazer as necessidades energéticas mundiais, de modo seguro e sustentável, evidentemente requer um esforço global em que cada país tem um papel a cumprir. Para que as piores ameaças das mudanças climáticas sejam evitadas, todos os países devem assumir o desafio identificado aqui, embora cada um tenha diferentes circunstâncias, responsabilidades e prioridades, como ilustrado pelos exemplos do Japão, Estados Unidos, África do Sul, Rússia, Índia, União Européia, China e Brasil.<sup>28</sup>

### **5.2.3 Liderança**

Esforços ou empreendimento mesmo por parte de todos os governos do mundo são necessários para que possam concordar sobre as metas, colaborarem em estratégias efetivas, influenciarem e coordenarem o investimento de muitos trilhões de dólares (que serão investidos em energia nas próximas décadas de qualquer jeito), de modo que as necessidades futuras sejam satisfeitas de modo seguro e sustentável, como proposto aqui.

---

<sup>28</sup> Ver tópicos dos documentos



WWF-Brasil

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
http://www.wwf.org.br

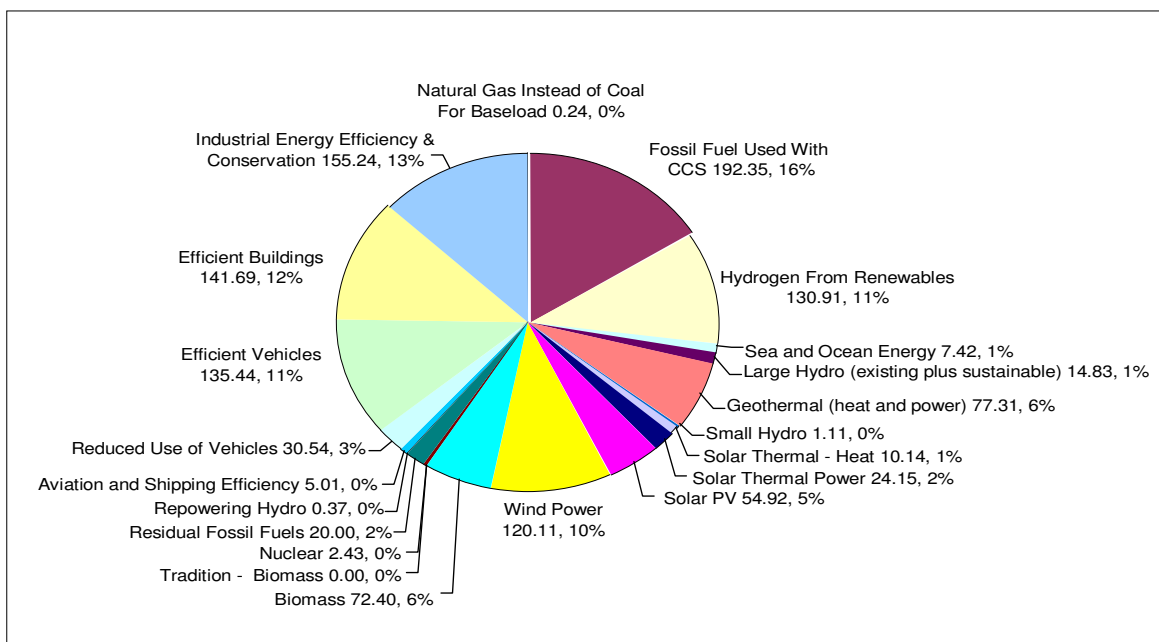


Fig 7 O fornecimento combinado. Uma rápida olhada na contribuição de cada uma das 'Cunhas de Soluções Climáticas em 2050, primeiro em Exajoules e depois como um percentual de energia fornecida ou evitada, comparada com a projeção de demanda energética no cenário SRES A1B, do IPCC. As eficiências reduzem esta demanda por volta de 40%; do restante da demanda, cerca de 70% pode ser cumprido pelas tecnologias de baixo carbono, e cerca de 26% pelos combustíveis fósseis operando com Captura e Armazenamento de Carbono. Energia nuclear, o uso de combustíveis fósseis convencionais sem captura de carbono, e outras fontes pequenas completam os últimos 4%.

## 6 AGRADECIMENTOS

Esta Força Tarefa teve a sorte de contar com as contribuições de muitas pessoas dentro e fora da Rede WWF, incluindo:

**Jim Leape, Diretor Geral, WWF Internacional**

### Membros da Força Tarefa sobre Energia Global do WWF 2005-7

Robert Napier, CEO, WWF-UK (Presidente da Força Tarefa)

Greg Bourne, CEO, WWF-Austrália

Octavio Castelo Branco, membro do Conselho, WWF-Brasil

Dongmei Chen, Diretora de Clima e Energia, WWF-China

Dr Igor Chestin, CEO WWF-Rússia

Jamshyd Godrej, Presidente, WWF-Índia

**WWF-Brasil**

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

Denise Hamu, CEO, WWF-Brasil  
Barbera van der Hoek, WWF-Países Baixos  
Jennifer Morgan, Diretora, Programa Mudança Climática WWF Internacional (até Setembro de 2006)  
Richard Mott, Vice Presidente, WWF-EUA  
Mike Russill, CEO, WWF-Canadá  
Dr Stephan Singer, Diretor de Política Europeia de Clima e Energia, Escritório Europeu de Política do WWF  
Paul Steele, COO, WWF-Internacional COO = Chief operating officer = Diretor de Operações  
Lory Tan, CEO, WWF-Filipinas  
Thomas Vellacott, Diretor de Conservação, WWF-Suíça

**Principais autores da Visão Soluções Climáticas do WWF**

**Greg Bourne**, CEO, WWF-Austrália  
**Dr Karl Mallon**, Diretor, Transition Institute, Austrália  
**Richard Mott**, Vice Presidente, WWF-EUA

**Autores dos tópicos do documento**

Jean-Philippe Denruyter (Bioenergia); Mariangiola Fabbri (Eficiência Energética); Gary Kendall and Paul Gamblin (Gás); Jennifer Morgan (Imperativo 2 Graus); Richard Mott (Nuclear); Jamie Pittock (Hidroeletricidade); Simon Pepper (Energia e Pobreza); Duncan Pollard (Desmatamento); Dr Stephan Singer (CCS, Vento), Giulio Volpi, Karen Suassuna (Brasil); Dongmei Chen (China); Dr Stephan Singer (Europa); Dr Hari Sharan, Prakash Rao, Shruti Shukla, Sejal Worah (Índia); Yurika Ayukawa, Yamagishi Naoyuki (Japão); Dr Igor Chestin, Alexei Kokorin (Rússia); Dr Harald Winkler (África do Sul); Richard Mott (EUA);

**Consultores Externos**

Rhuari Bennett, Diretor, 3KQ, Reino Unido; Dr Karl Mallon, Diretor, Transition Institute, Austrália; Dr Felix Matthes, Öko Institute, Berlim; V Raghuraman, Consultor, Confederation of Indian Industry; Philip Riddell, Consultor Ambiental, França (Potenciais da Bioenergia); Liam Salter, ex-Diretora de Clima e Energia WWF Ásia-Pacífico; Dr Hari Sharan, Presidente, Dasag, Suíça (para Índia); Professor Rob Socolow, Princeton University, EUA; Carlos Tanida, Fundacion Vide Silvestre, Argentina; Dr Harald Winkler, Cape Town University, South Africa; Prof Zhou Dadi, Diretor, Energy Research Institute, China

**Revisores científicos externos**

Prof Dr. José Goldemberg (Ex-Secretário de Estado, Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo, Brasil); Prof Jorgen Randers (WWF-Noruega); Hugh Sadler (Estratégias Energéticas, Austrália); Prof Rob Socolow (Princeton University)

**Contribuintes de material e comentários**

Jamie Pittock, Paul Toni (WWF-Austrália); Markus Niedermair (WWF-Áustria); Sam van den Plas (WWF-Bélgica); Leonardo Lacerda, Karen Suassuna, André de Meira Penna Neiva Tavares, Giulio Volpi, (WWF-Brasil); Arlin Hackman, Julia Langer (WWF-Canadá); Dermot O'Gorman, Liming Qiao (WWF-China); Jean-Philippe Denruyter, Mariangiola Fabbri, Elizabeth Guttentstein, Gary Kendall, Elizabeth Sutcliffe (WWF Escritório Europeu Política); Karoliina Auvinen (WWF-Finlândia); Edouard Toulouse (WWF-França); Regine Guenther, Imke Luebbeke, Christian Teriete (WWF-Alemanha); Liam Salter (WWF-Hong Kong); Máthé László (WWF-Hungria); Samrat Sengupta (WWF-Índia); Wendy Elliott, Kathrin Gutmann, Martin Hiller, Isabelle Louis, Duncan Pollard, William Reidhead, Thomas Schultz-Jagow, Gordon Shepherd, Tien-ake Tiyapongpattana, (WWF Internacional); Matteo Leonardi, Mariagrazia Midulla (WWF-Itália); Yurika Ayukawa (WWF-Japão); Melanie Hutton (WWF-Nova Zelândia); I Poxon, Rafael Senga, Jose Ma Lorenzo Tan (WWF-Filipinas); Alexey Kokorin (WWF-Rússia); Dr Sue Taylor (WWF-África do Sul); Mar Asuncion, Heikki Willstedt (WWF-Espanha); Denis Pamlin (WWF-Suécia); Patrick Hofsteter (WWF-Suíça); Dr Ute Collier (WWF-Turquia); Keith Allott, Richard Dixon, Andrea Kaszewski, James Leaton, Richard Wilson (WWF-Reino Unido); Jane Earley, Hans Verolme, (WWF-EUA).



**WWF-Brasil**

SHIS EQ QL 06/08  
Conj. "E" 2º andar  
Lago Sul 71620-430  
Brasília-DF  
Brasil

Tel: +55 61 3364-7400  
Fax: +55 61 3364-7474  
Panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

**Financiamento**

O WWF gostaria de reconhecer com gratidão o generoso apoio de **David e Elaine Potter Foundation** em relação a este trabalho.

Diretor: Simon Pepper [spepper@tiscali.co.uk](mailto:spepper@tiscali.co.uk)

Facilitador: James Martin-Jones [james@jamesmartinjones.com](mailto:james@jamesmartinjones.com)

Administrador: Amanda Kennett (WWF-UK)