



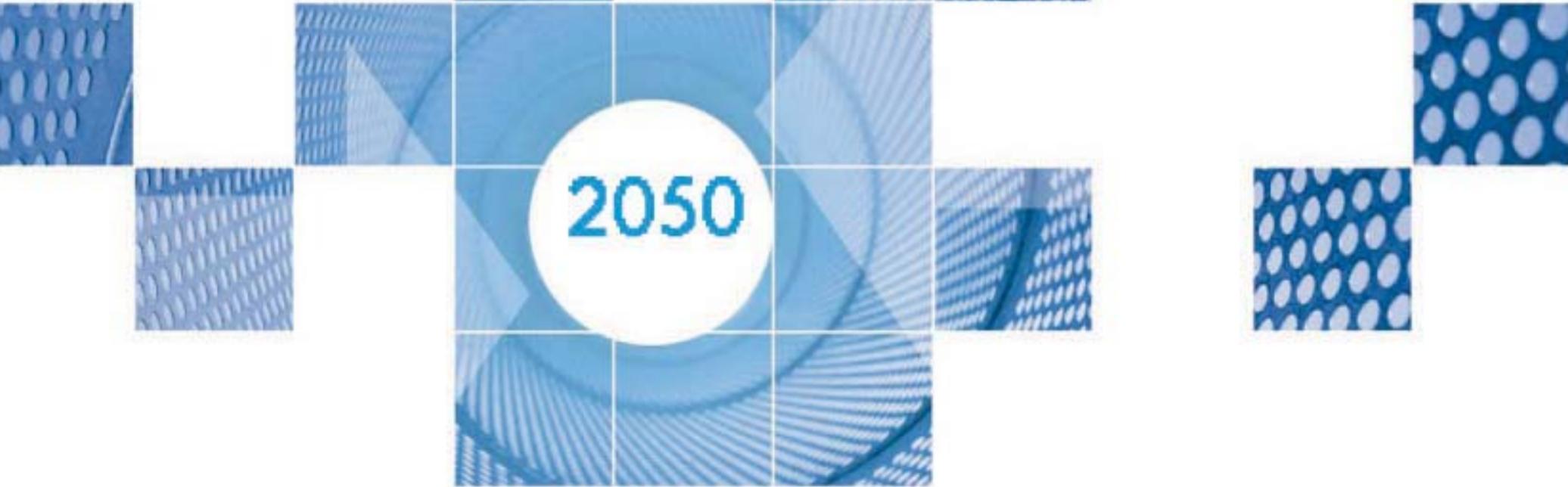
# Energia e Mudanças Climáticas



World Business Council for Sustainable Development



Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável



2050

## O Caminho até 2050

Entre os grandes desafios que aguardam a humanidade no século XXI, o tema mudanças climáticas desponta como um dos mais urgentes. O aquecimento global tem origem no progressivo aumento das emissões de gases de efeito estufa e suas conseqüências para o homem são as piores possíveis. Se mantidos os atuais padrões de produção e consumo de energia, a elevação da temperatura do planeta colocará em risco a capacidade de sobrevivência das futuras gerações.

A construção de um novo modelo econômico é a única solução possível. O equilíbrio racional preconizado pelo desenvolvimento sustentável deve substituir o modelo de visão fragmentada que, historicamente, pôs em campos opostos progresso sócio-econômico e conservação ambiental.

Sem energia não se impulsiona uma economia, nem se combate a pobreza. Mas sua geração e uso não podem resultar em degradação ambiental e humana.

“Fatos e tendências para 2050 – energia e mudanças climáticas” aborda o homem como parte inseparável do meio ambiente, a complexa inter-relação das dimensões econômica, social e ambiental e, sobretudo, indica como alcançar a luz no final do túnel.

Ao traduzir esta publicação do WBCSD, o CEBDS e suas associadas dão mais um importante passo para dotar a sociedade brasileira do conhecimento necessário sobre o tema aquecimento global e, assim, contribuir para a escolha por um futuro melhor. Que todos tomem as decisões certas. Não há outro futuro a não ser o futuro sustentável.

José Armando de F. Campos  
Chairman  
CEBDS - Conselho  
Empresarial Brasileiro para o  
Desenvolvimento Sustentável

Fernando Almeida  
Presidente Executivo  
CEBDS - Conselho  
Empresarial Brasileiro para o  
Desenvolvimento Sustentável

Luís César Stano  
Presidente da Câmara Técnica  
de Energia e Mudança do Clima  
do CEBDS

## Introdução

Esta publicação apresenta um panorama dos principais fatos e desafios com que a sociedade se depara em relação ao desenvolvimento econômico, à demanda energética futura e o impacto que isto poderia causar no sistema climático do planeta. Sendo uma parte constituinte do Projeto do Conselho de Energia e Mudanças Climáticas do World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), esta publicação fornece uma plataforma para discussões futuras visando o desenvolvimento de uma resposta do setor empresarial aos desafios aqui identificados, o que exigirá novas pesquisas e consultas.

Não podemos saber ao certo como nosso planeta se desenvolverá nos próximos cinquenta anos, mas os cenários aqui empregados são condizentes com as metas de desenvolvimento estabelecidas pelas Nações Unidas (ONU) no tocante à redução de pobreza e melhoria do padrão de vida dos países em desenvolvimento. Atingir essas metas acarretará um aumento do consumo de energia.

Embora reconheçamos que diversas atividades humanas causam impactos na emissão de gases de efeito estufa e que muitas dessas práticas terão que ser mudadas, o foco desta publicação reside é a utilização de energia e seus impactos ao redor do mundo.

Utilizamos dados disponibilizados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), pela Agência Internacional de Energia (AIE) e por estudos do próprio WBCSD. Estas informações estão aqui apresentadas de forma simplificada e sucinta, para estimular uma discussão construtiva sobre diversas questões que se apresentam à medida que se começa a enfrentar as mudanças climáticas. Projeções e exemplos baseados em níveis específicos de emissões globais e em eventuais concentrações de CO<sub>2</sub> em nossa atmosfera, objetivam ilustrar a magnitude do desafio que temos pela frente.

# Um breve olhar sobre a questão ...

## Crescimento, desenvolvimento e demanda por energia

Energia é o combustível do crescimento e um requisito essencial para o desenvolvimento econômico e social. Em 2050, a demanda por energia pode dobrar ou triplicar em função do crescimento populacional, expansão da economia e redução da pobreza dos países em desenvolvimento. Será necessária uma transição em nossa matriz energética, semelhante a ocorrida nos últimos 100 anos. Nos dias de hoje, à medida em que as mudanças climáticas emergem como a principal ameaça ambiental, o caminho a ser seguido se torna mais incerto.



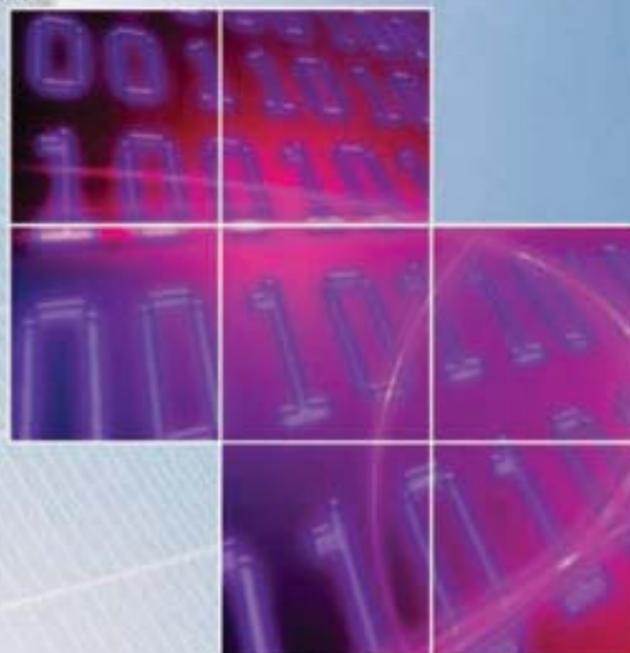
## A dinâmica das mudanças tecnológicas

Muitos defendem mudanças aceleradas em nossa matriz energética, substituindo os combustíveis fósseis, como sendo a única solução à ameaça das mudanças climáticas. No entanto, não sabemos ao certo quais tecnologias ou diretrizes podem fornecer o ímpeto para a mudança. Esta transição, que opera em escala global, necessitará de algum tempo para ser implantada. Sistemas abrangentes e complexos, como as infraestruturas de transportes e energia, podem levar até um século para serem completamente desenvolvidos.



## O consumo de energia e seus impactos no clima

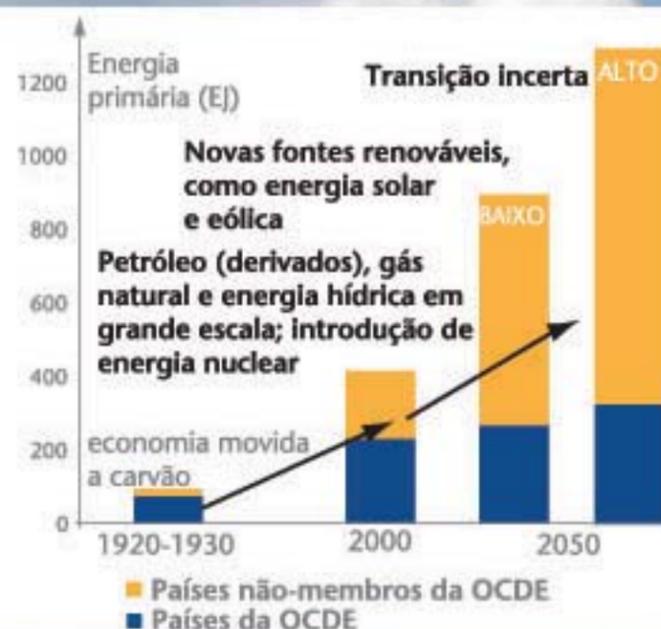
Neste último século, a quantidade de dióxido de carbono em nossa atmosfera aumentou, principalmente em função do uso de combustíveis fósseis, mas também devido a outros fatores que estão relacionados ao crescimento populacional e o aumento do consumo, como mudança no uso da terra. Paralelamente ao aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, houve uma elevação na temperatura média do planeta de quase 1°C. Caso essas tendências permaneçam, as temperaturas globais poderiam se elevar em, pelo menos, mais 1°C - 4°C até o final do século XXI, induzindo mudanças climáticas desastrosas em diversos lugares. Se começarmos a controlar nossas emissões de dióxido de carbono hoje, talvez possamos limitar os efeitos das mudanças climáticas a níveis aos quais possamos nos adaptar.



## Reformulando nosso futuro energético

Até o ano de 2050, a despeito da expectativa de expressivo crescimento na demanda por energia, as emissões globais de carbono deveriam voltar a um patamar similar ao do ano 2000, mantendo uma forte tendência decrescente. Não existe uma solução única capaz de promover esta mudança; ao contrário, precisamos de um *mix* de opções voltadas para a utilização mais racional da energia e diminuição da intensidade de carbono da matriz energética. A construção de novos padrões de oferta e demanda pode nos ajudar a migrar para um tipo de energia verdadeiramente sustentável.

Como qualquer mudança requer tempo, o senso de urgência em se começar hoje, assentando as fundações para o futuro, é evidente. E o setor empresarial tem um papel-chave nessa construção.





Declaração do Milênio das Nações Unidas:  
 “Não pouparemos esforços para libertar os nossos semelhantes, homens, mulheres e crianças, das condições abjetas e desumanas da pobreza extrema, à qual estão submetidos atualmente mais de 1 bilhão de seres humanos.”

Resolução A/RES/55/2 de 8 de Setembro de 2000

- Energia primária
- Países em desenvolvimento (PIB per capita > US\$ 12.000)
- Países emergentes (PIB per capita < US\$ 12.000)
- Países em desenvolvimento (PIB per capita < US\$ 5.000)
- Países mais pobres (PIB per capita < US\$ 1.500)

**E**m 2000, somente um em cada seis habitantes do planeta tinha acesso à energia necessária para desfrutar dos altos padrões de vida dos países desenvolvidos. Além disso, o um bilhão de habitantes dos países desenvolvidos consumia mais de 50% da oferta de energia em todo o mundo, enquanto que o um bilhão mais pobre do planeta consumia somente 4%. Ninguém considera a pobreza aceitável. Por isso, o mundo estabeleceu várias metas para erradicá-la e melhorar o padrão de vida das populações menos favorecidas. Mas atingir essas metas demanda energia, a força motriz do padrão de vida moderno. Um maior acesso a serviços de energia, como a eletricidade, tornou-se um fator decisivo para escapar da armadilha da pobreza. Além disso, a energia potencializa as oportunidades de desenvolvimento industrial e traz melhorias à saúde e educação.

A Figura 1 ilustra como a demanda energética aumenta à medida que a população cresce, o desenvolvimento é alavancado e o padrão de vida se eleva. Essa figura contrasta os resultados do “Business as Usual”, com dois cenários de desenvolvimento.

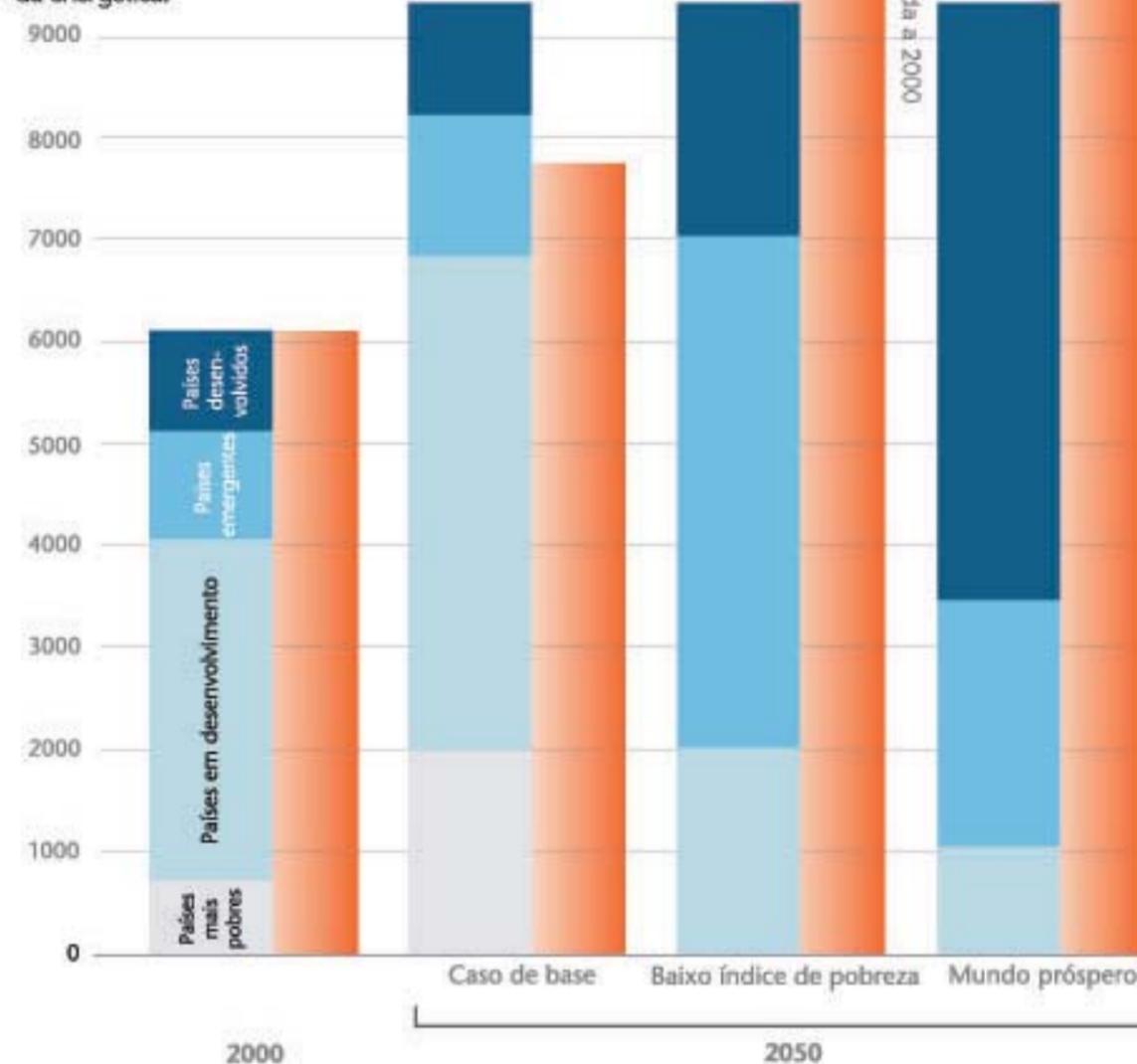
> Até 2050, a população mundial poderá crescer até 9 bilhões (ONU, 2002). Se não houver uma mudança no padrão de desenvolvimento global, mais dois ou três bilhões de pessoas estarão vivendo na pobreza (caso de base).

Dois novos padrões de desenvolvimento são apresentados. Ambos ilustram as metas de erradicação de pobreza extrema da ONU, evidencian-

do cenários que se desdobram a partir do estágio atual de desenvolvimento mundial, seja para um mundo com “baixo índice de pobreza” ou para um “mundo próspero”.

> As pressões de crescimento populacional e as metas de elevar os padrões de vida se entrelaçam de modo a nos apresentar um desafio energético ímpar para o século XXI. Para mudar o padrão de desenvolvimento precisaremos de investimentos consideráveis, dado o crescimento da demanda energética, pelo menos, entre 100% e 200% a partir de 2000.

Figura 1: Crescimento populacional e padrões de vida mais altos levam a um aumento substancial na demanda energética.

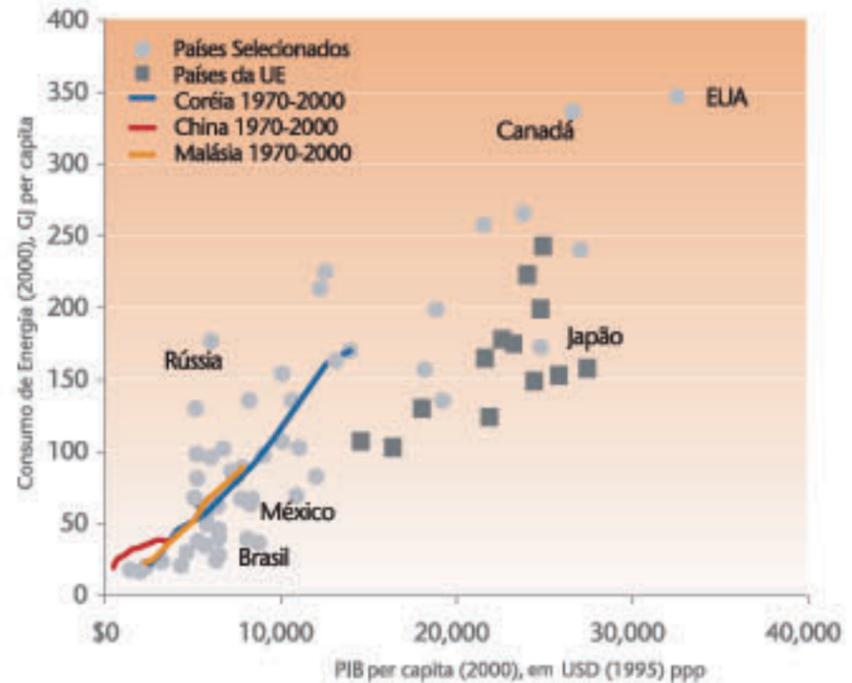


Energia primária mais que triplicada, comparada a 2000

Fonte: Adaptação do WBCSD da AIE 2003.

### Energia, o combustível do crescimento

Com um PIB per capita acima de US\$ 3.000,00 (1995 PPP), a demanda energética explode na medida em que a industrialização e a mobilidade pessoal decolam. A partir de US\$ 15 mil a demanda cresce mais lentamente, pois o boom da industrialização já se completou e uma economia de serviços passa a predominar. Com um PIB per capita acima de US\$ 25 mil o crescimento econômico pode ser mantido sem induzir a aumentos significativos no consumo de energia, mas o nível absoluto varia enormemente dependendo de circunstâncias nacionais.

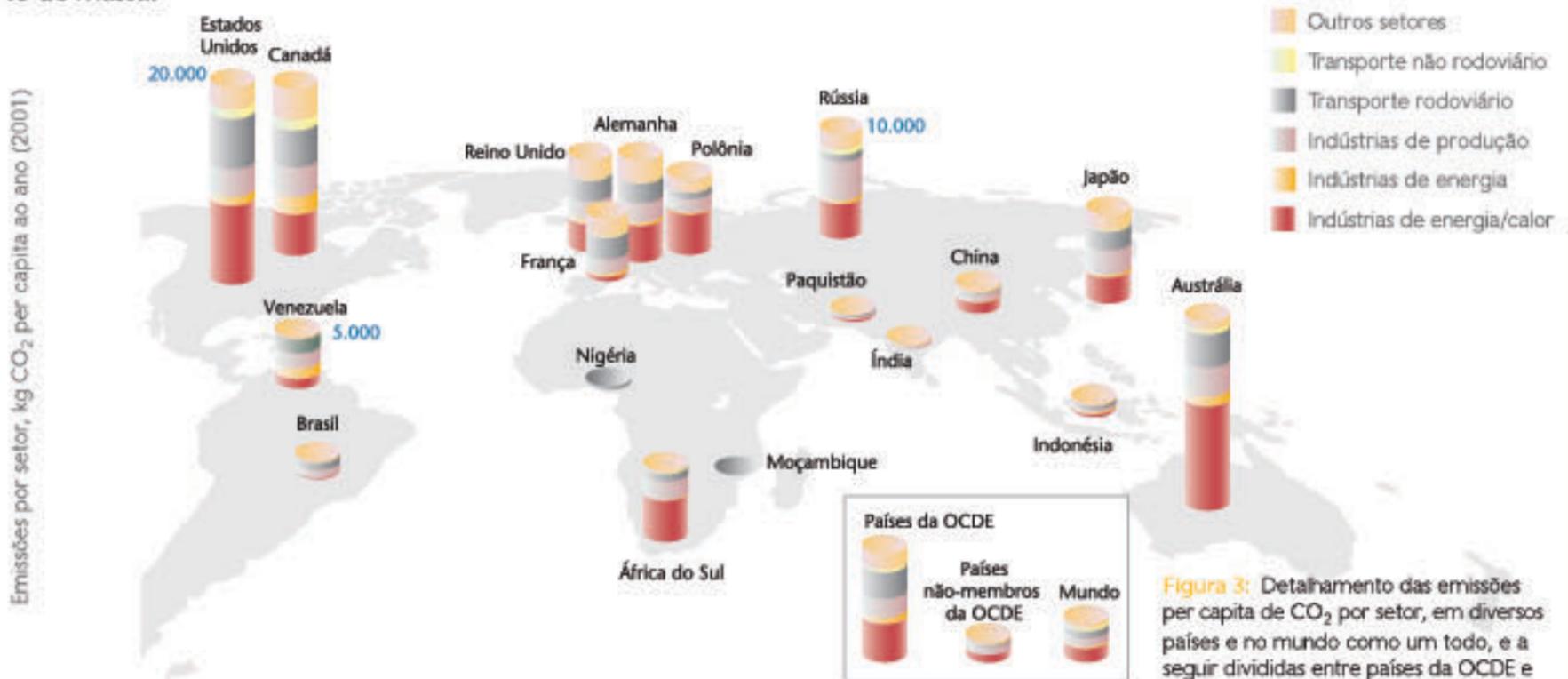


Fonte: Adaptação do WBCSD da AIE 2003.

Figura 2: Renda X consumo de energia em 2000, com as tendências de 1970-2000 para a Coréia, China e Malásia.

### Consumo de energia, desenvolvimento e emissões de CO<sub>2</sub>

As emissões de CO<sub>2</sub> apresentam grande variação em todos os níveis de desenvolvimento. Mesmo em países com economias semelhantes, variações podem surgir em função de fatores como a geografia, características da matriz energética doméstica, aceitação pública de diferentes fontes energéticas e alternativas de mobilidade, incluindo aqui o desenvolvimento de transporte de massa.



Emissões por setor, kg CO<sub>2</sub> per capita ao ano (2001)

Fonte: adaptação feita pelo WBCSD da AIE, 2003

Figura 3: Detalhamento das emissões per capita de CO<sub>2</sub> por setor, em diversos países e no mundo como um todo, e a seguir divididas entre países da OCDE e países não-membros da OCDE.



Figura 4: Intensidade de CO<sub>2</sub> de vários tipos de geração de energia e a intensidade atual em diversos países (dados de 2000, geração de eletricidade/calor incluindo indústrias automobilísticas). As fontes de combustível de cada país estão listadas em ordem de importância. Fontes com participação inferior a 10% não foram apontadas.

Fonte: adaptação do WBCSD da AIE, 2003 e CIA, 2004.



Neste último século, a quantidade de dióxido de carbono em nossa atmosfera aumentou, principalmente devido ao uso de combustíveis fósseis, mas também em decorrência de outros fatores que estão relacionados ao crescimento populacional e o aumento do consumo, como mudança no uso da terra. Embora ainda se debata sua magnitude, existem evidências concretas de que o mundo está aquecendo. A maior parte da comunidade científica, liderada pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) e pela Academia Norte-Americana de Ciências, estabeleceu uma ligação entre estes dois fenômenos, numa plausível relação de causa e efeito.

O IPCC elaborou diversas linhas de desenvolvimento possíveis para o

século XXI (vide o Glossário para mais detalhes) para ilustrar a magnitude das mudanças que as atividades humanas podem estar provocando no clima. A título de ilustração, somente duas dessas linhas são utilizadas nesta publicação. Estas estão baseadas numa estimativa de crescimento da população mundial e as mudanças que se pode esperar, na medida em que os países em desenvolvimento de hoje lutam para acabar com a pobreza, enquanto outras nações conquistam melhorias nos padrões de vida de suas populações (conforme ilustrado na Seção 1).

A linha de desenvolvimento de alto consumo de energia (IPCC A1B) descreve um panorama futuro de rápido crescimento econômico e rápida introdução de tecnologias novas e mais eficientes. Neste mundo, há uma convergência da renda média per capita regional, de modo que a atual distinção entre 'ricos' e 'pobres', virtualmente, desaparece.

A linha de desenvolvimento de baixo consumo de energia (IPCC B2) representa um nível intermediário de crescimento econômico com ênfase em soluções locais. Neste panorama, mudanças tecnológicas ocorrem mais lentamente, mas são de natureza mais diversificada, com ênfase na proteção ambiental. O consumo de energia primária e o mix de combustíveis para as duas linhas de desenvolvimento, baseados no Modelo Integrado Ásia Pacífico (AIM, vide Glossário), são demonstrados ao lado.

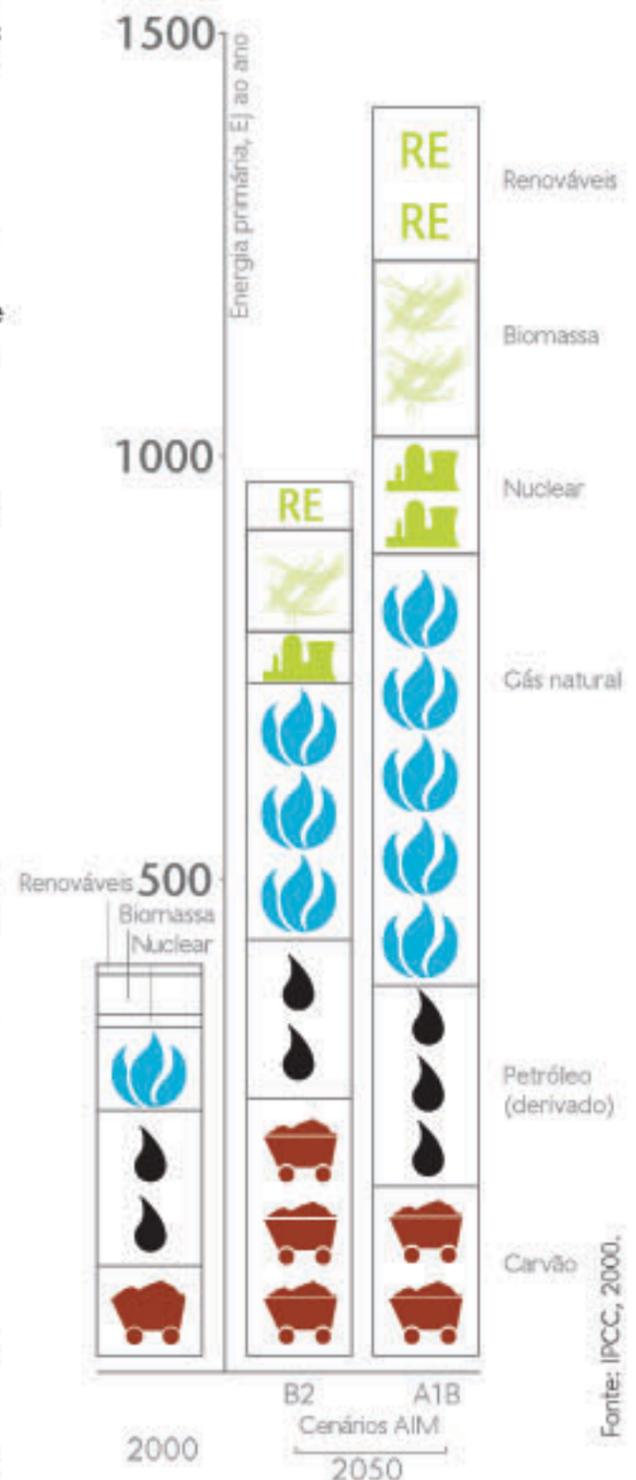
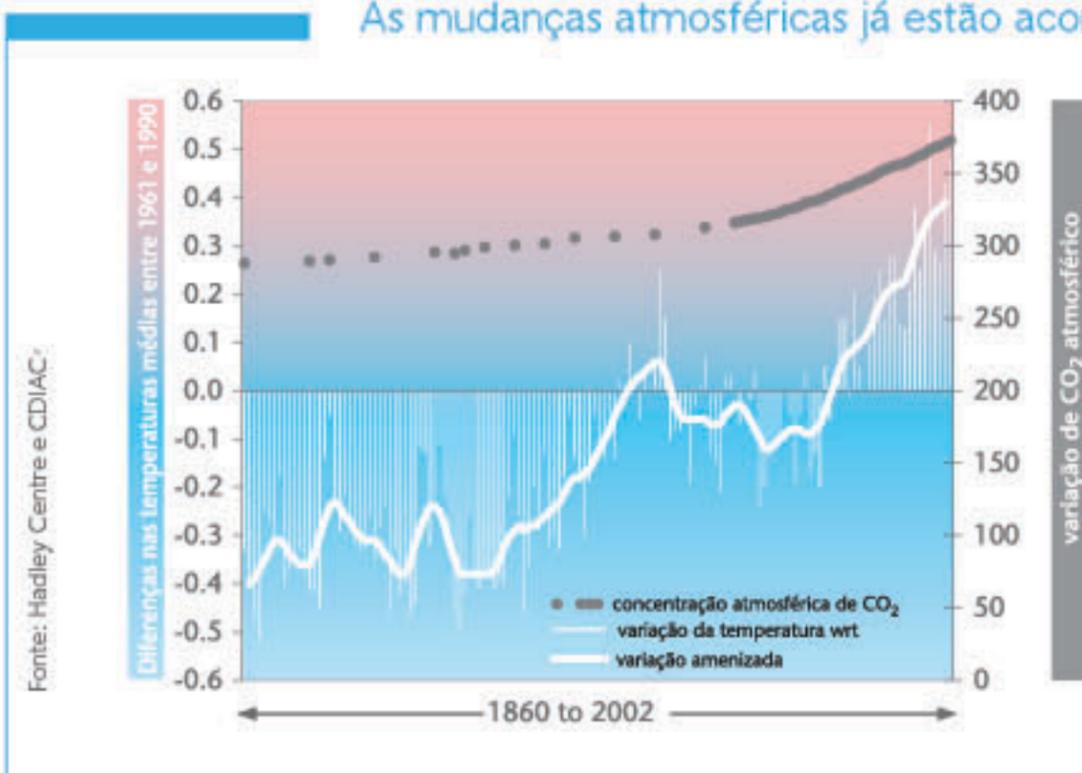


Figura 5: Os cenários do IPCC mostram diversas opções de consumo de energia e mixes de combustíveis em 2050, dependendo das estimativas de crescimento e desenvolvimento e das mudanças tecnológicas nos próximos anos.

## As mudanças atmosféricas já estão acontecendo!



Ao longo do último século, houve um aumento da concentração atmosférica de dióxido de carbono de 280 ppm para 370 ppm. Paralelamente a este aumento, a temperatura média global sofreu uma elevação de aproximadamente 1°C. As projeções indicam que se esta tendência se mantiver, as temperaturas globais poderiam se elevar em mais 1°C - 4°C até o final do século XXI (vide Figura 7).

Figura 6: Variação de CO<sub>2</sub> atmosférico e da temperatura global desde 1860.

## Existe um limite aceitável para as emissões de CO<sub>2</sub>?

A medida tipicamente utilizada para responder a esta pergunta é a concentração final de CO<sub>2</sub> na atmosfera, ou nível de estabilização. Até a revolução industrial este limite permaneceu em 280 ppm. Os cenários do IPCC apontam para concentrações em contínua elevação durante o século XXI, atingindo um nível de estabilização não inferior a 700 - 1000 ppm.

Tais níveis de CO<sub>2</sub>, segundo o IPCC, têm grande probabilidade de causar impactos perigosos. Um aumento de 2° - 4°C na temperatura poderia acarretar eventos climáticos extremos, ameaçar os ecossistemas mais sensíveis como os recifes de corais e elevar o nível dos oceanos. Um aumento de 4° - 6°C na temperatura global poderia causar alterações estruturais em nossos padrões climáticos, possivelmente decorrentes de mudanças nas principais correntes marítimas, como a Corrente do Golfo.

Um nível de estabilização inferior a 500 ppm dificilmente será alcançado, pois requer uma reversão rápida na curva das emissões antes do ano de 2020. Mas uma estabilização em um nível ligeiramente superior seria mais facilmente alcançada, já que nos permitiria elaborar um cronograma em que mudanças significativas em nossa matriz energética poderiam ser implantadas.

No entanto, a inércia é uma característica inerente ao sistema climático, onde a concentração de CO<sub>2</sub>, a temperatura e o nível dos oceanos continuarão a se elevar por centenas de anos mesmo após a redução das emissões. Ou seja, alguns impactos das mudanças climáticas causadas pelo homem ainda demorarão a se fazer sentir.

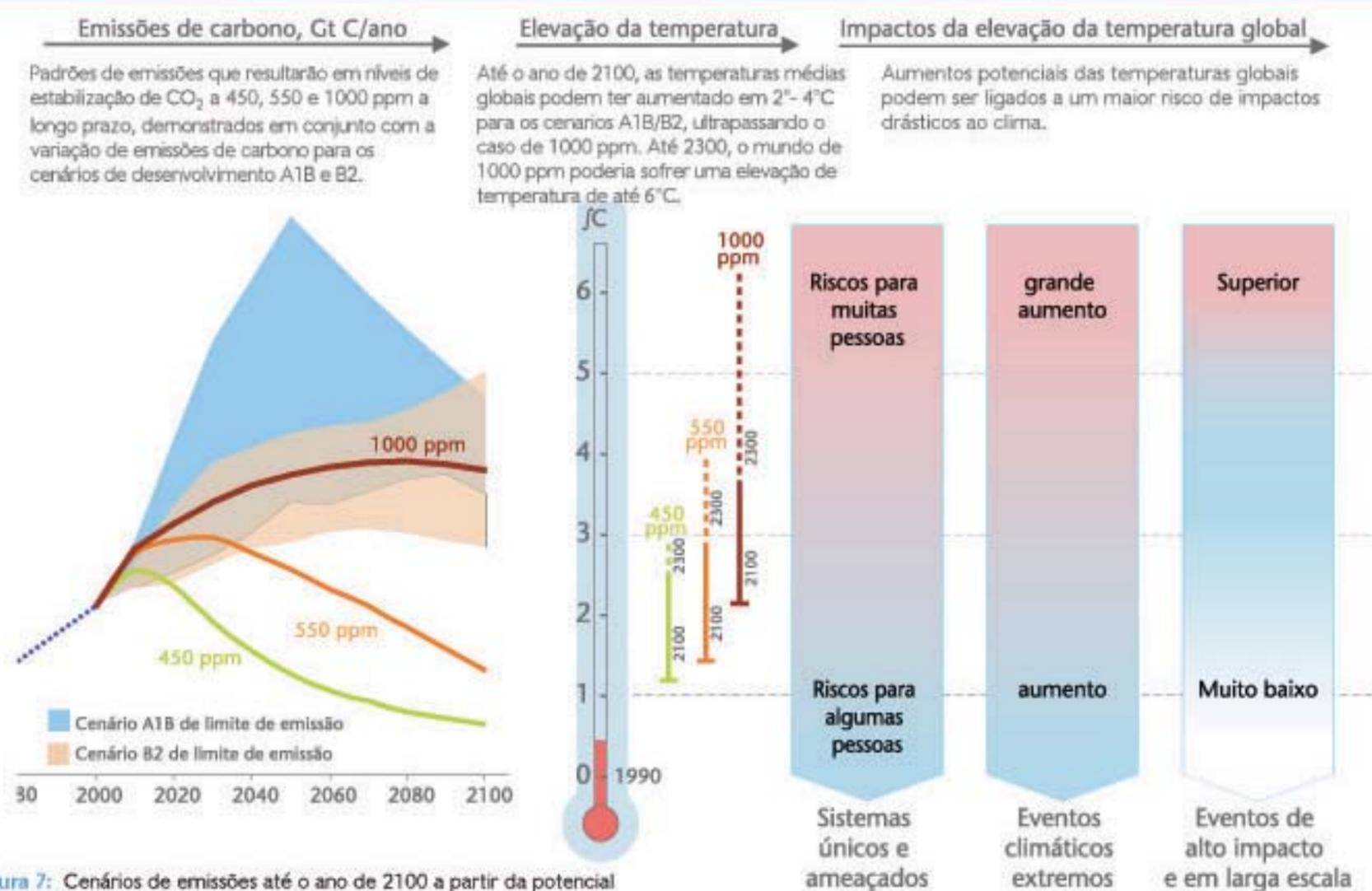


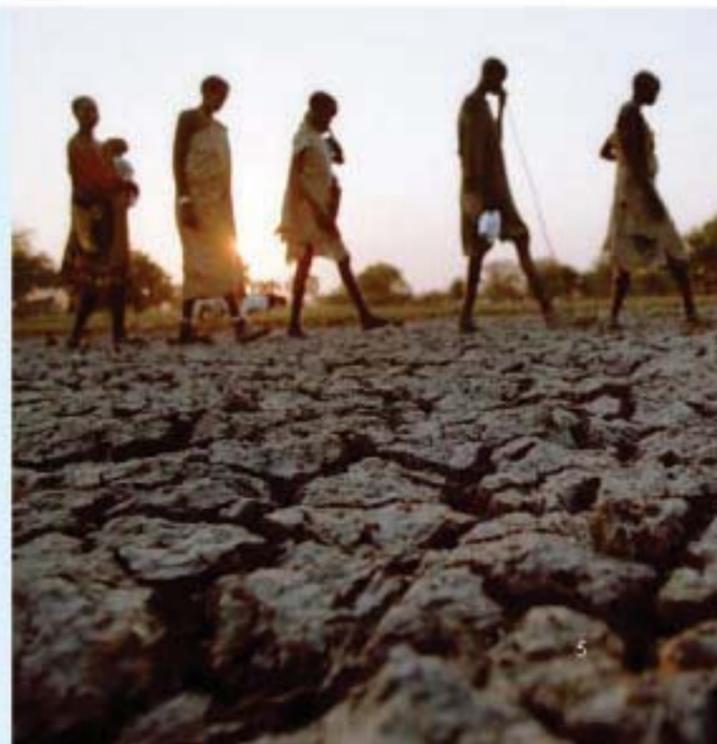
Figura 7: Cenários de emissões até o ano de 2100 a partir da potencial elevação da temperatura global e seus respectivos impactos no clima.

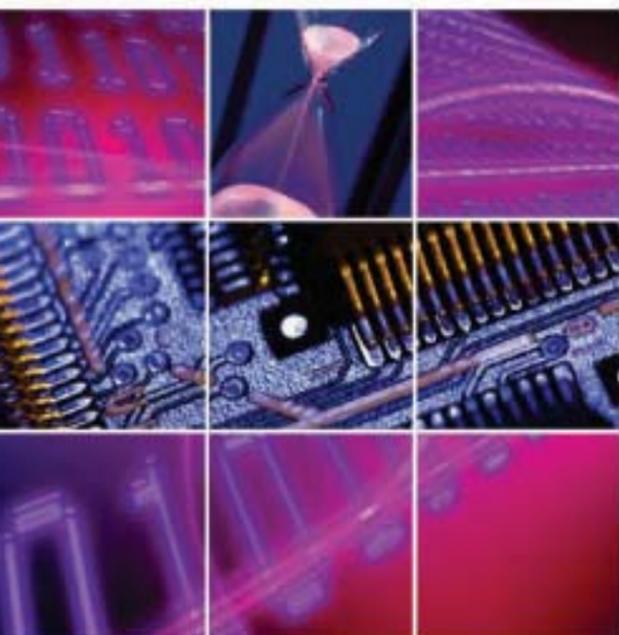
## A adaptação às mudanças climáticas

Os impactos causados no clima do planeta poderiam ser enormes mesmo em um nível de estabilização atingível. Sendo assim, a adaptação às mudanças climáticas deve ser contemplada por qualquer estratégia futura. Os impactos deverão variar de região para região; detalhes não podem ser precisados.

Talvez tenhamos que lidar com impactos na saúde, derivados da disseminação de doenças tropicais, escassez de água, em função de alterações nos padrões das monções e quebras de safras agrícolas, derivadas de alterações durante a estação de crescimento das lavouras. Os impactos econômicos e sociais aliados a essas mudanças podem ser enormes e medidas preventivas devem incluir:

- > Defesa contra enchentes em áreas em terras baixas, desde a Flórida até Bangladesh;
- > Planos para refugiados de nações-ilha, como as Ilhas Maldivias;
- > Melhor gestão dos recursos hídricos (ex. aquedutos) em função das alterações nos padrões de precipitação.





Muitos advogam que uma rápida mudança em nossa infraestrutura energética é a única solução para enfrentar a ameaça das mudanças climáticas. Em termos mais realistas, no entanto, as principais transições que deverão ocorrer em nível global levarão algum tempo para serem implementadas. A velocidade com que novas tecnologias se difundem depende de vários fatores:

- > Dimensão, tanto em tamanho quanto em tempo. Grandes sistemas como as infraestruturas de transporte e de energia podem levar um século para serem totalmente desenvolvidos e, geralmente, o grau de mudança tecnológica está diretamente ligado à duração do estoque de capital e à vida útil dos equipamentos, conforme demonstrado na Figura 9.
- > Os custos são outro impedimento às mudanças. Tecnologias emergentes e futuras, incluindo novas fontes renováveis, somente serão amplamente difundidas quando puderem competir com tecnologias já existentes. No entanto, uma proposição de valor totalmente nova (ex., o MP3 versus uma fita cassete mais barata) pode promover uma mudança muito mais rápida que leva a redução de custos.
- > Fronteiras regionais também podem barrar as mudanças. Novas tecnologias lançadas em países desenvolvidos podem ter seu ciclo de vida terminado antes de serem amplamente adotadas em regiões em desenvolvimento. Neste sentido, o Fusca, da VW, é um exemplo de uma tecnologia que continuou a ser produzida e usada em vários países mesmo depois de ter desaparecido da Europa e EUA.

## Com que rapidez as mudanças podem acontecer?

A revolução causada pela Internet é resultado do desenvolvimento e convergência de várias tecnologias. Os criadores do ENIAC1 não previam um cenário com um computador em cada residência; e os pioneiros das primeiras redes neurais tinham como objetivo interligar as universidades e instalações militares, e não a possibilidade de se fazer compras *online*. Alguns anos após o advento do PC, muitos ainda viam sua aplicação como sendo limitada.

Apesar de suas naturezas distintas, muito paralelos podem ser traçados entre as modificações tecnológicas no campo da informática e a revolução nos setores de energia e transporte. A indústria petrolífera deve seu *boom* ao desenvolvimento do automóvel e a crescente disponibilidade de combustível que resultou da demanda por automóveis. Ambos agregaram um enorme valor à nossa sociedade, apesar de a ideia de se ter um carro ou um computador em cada residência fosse vista como desnecessária ou proibitiva, sob a perspectiva de custo. Ambas as transformações devem ser mensuradas na unidade de tempo de décadas, o que confronta com nossa percepção do que pode mudar da noite para o dia.

Figura 8: A convergência tecnológica apoiou o desenvolvimento da Internet ao longo de 40 anos.

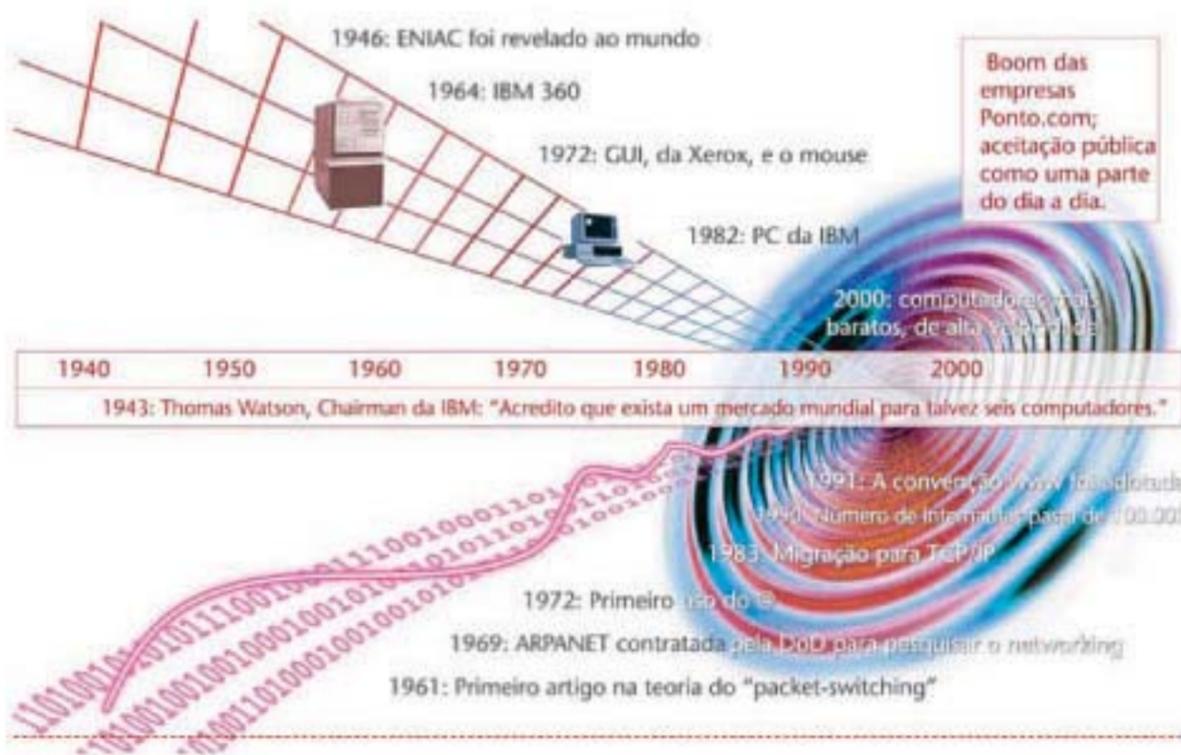


Figura 9: Vida útil média de algumas infraestruturas, um fator determinante do grau de adoção de novas tecnologias pela economia.

Infraestrutura	Vida útil estimada em anos	Infraestrutura	Vida útil estimada em anos
Usina hidrelétrica	75 ++	Usina nuclear	30-60
Edifício	45 +++	Turbina a gás	25 +
Usina de Carvão	45 +	Automóvel	12-20

Figura 10: O Fusca original da VW terá rodado por quase 100 anos em todo o mundo quando seus últimos exemplares saírem de circulação.



### Por que é difícil mudar?

Implementar mudanças em escala global é uma tarefa bastante pesada. Mesmo com estimativas de crescimento desafiadoras (e possivelmente irrealistas) utilizando desde o início tecnologias de ponta, que provavelmente não poderão ser difundidas em larga escala, dificilmente conseguiremos manter as emissões nos níveis atuais, quanto mais reduzi-las.

Os dois casos de estudo abaixo ilustram este processo.

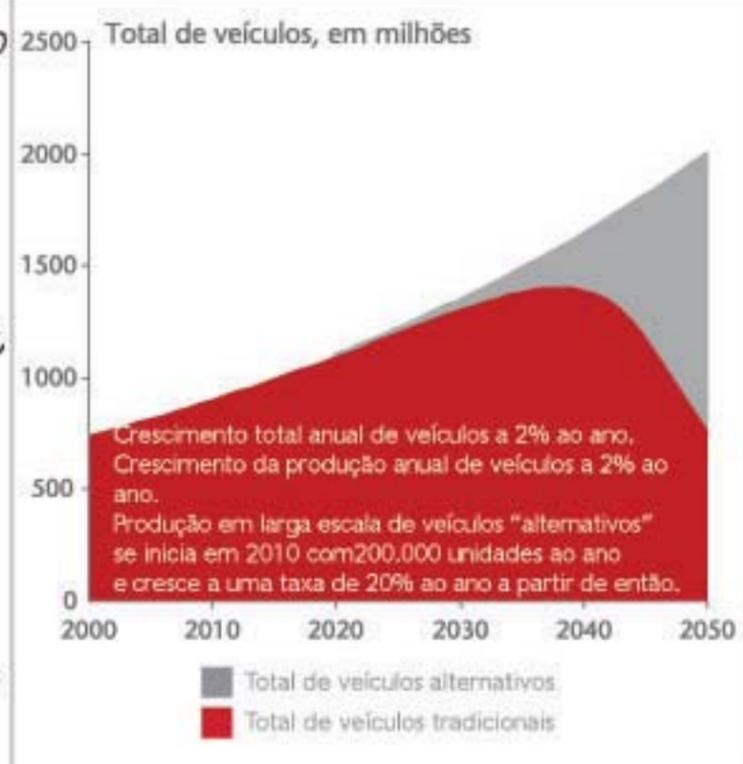
#### Caso 1: A rápida introdução de uma tecnologia de transporte rodoviário com emissão zero de carbono

Limitar as emissões de CO<sub>2</sub> a níveis sustentáveis no setor de transportes é uma meta vital no que tange às mudanças climáticas. Segundo o relatório *Mobility 2030* (WBCSD, 2004), "mesmo sob as melhores circunstâncias, atingir esta meta levará mais tempo (provavelmente muito mais) do que duas ou três décadas".

Tomemos o caso dos veículos utilitários leves (VUL), que hoje representam em torno de 50% de todas as emissões do setor de transportes. Em 2000 havia 750 milhões desses veículos em uso e esse número tem aumentado a uma taxa de 2% ao ano. Para conseguirmos reduções significativas das emissões de CO<sub>2</sub> neste setor, estes veículos deveriam ser substituídos por outros movidos a uma tecnologia mais moderna. Devemos, por outro lado, considerar que a vida útil média de um carro é de 12-20 anos e que a necessidade de adaptar postos de combustíveis para combustíveis menos intensivos em carbono poderia dificultar a introdução de novos veículos.

A ilustração à direita mostra que mesmo com uma rápida e contínua adoção em larga escala de veículos com emissão zero, somente de 2040 em diante os veículos tradicionais começariam a entrar em desuso. Isto significa que as emissões de CEE (gases de efeito estufa) de todos os VULs só começariam a diminuir nessa época, salvo se as emissões dos veículos tradicionais se reduzissem drasticamente (vide o Relatório do WBCSD, 2004, para uma avaliação mais detalhada do impacto de carbono referente às tecnologias de veículo específicas).

Figura 11: Uma ilustração do rápido desenvolvimento e adoção dos veículos com carbono zero.



#### Caso 2: A adoção imediata de tecnologias neutras do ponto de vista das emissões de carbono no setor energético

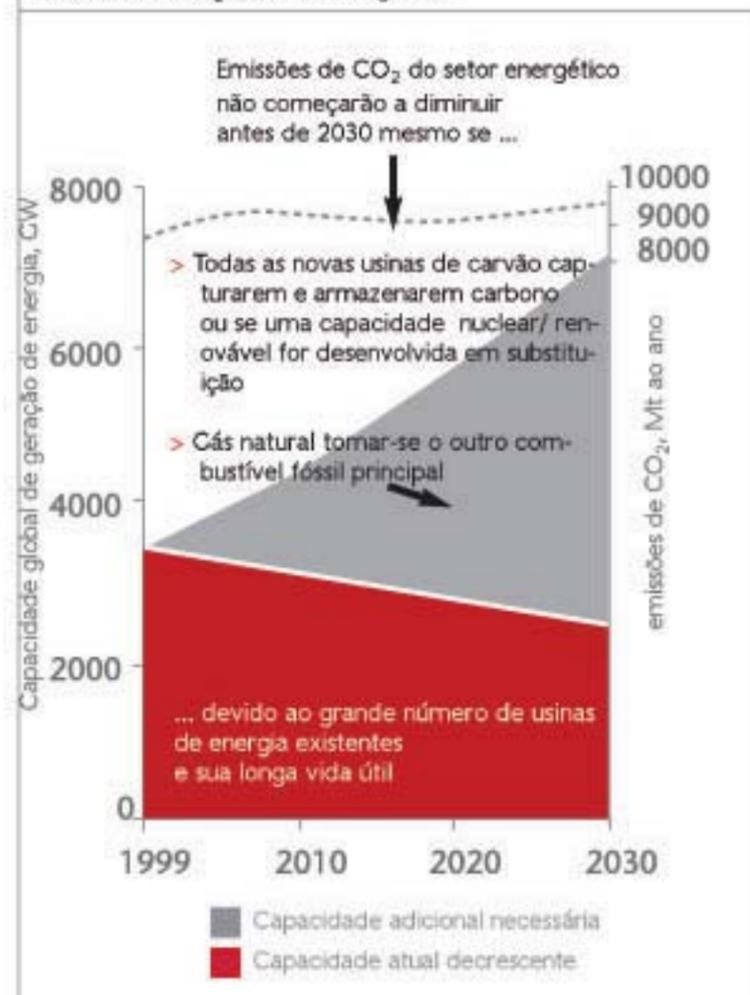
O cenário referência da AIE (*World Energy Outlook 2002*) estima que para atender à demanda global por eletricidade, a capacidade mundial de geração precisará dobrar entre 1999 e 2030 (de 3500 para algo em torno de 7000 GW).

O cenário também pressupõe que teremos construído uma capacidade de geração de energia a partir do carvão de 1400 GW e 2000 GW de gás natural (tanto para substituir instalações desativadas quanto para atender novas demandas). Tal fato duplicará os níveis de emissões de CO<sub>2</sub> do setor energético durante este período.

Mas o que aconteceria se todas as novas indústrias movidas a carvão utilizassem a captura e armazenamento de carbono ou se uma capacidade nuclear/renovável fosse construída? Isso seria suficiente para reduzir as emissões do setor energético? Na melhor das hipóteses, poderíamos estabilizar as emissões do setor energético, pois a vida útil de 45+ anos (vide Figura 9) das instalações existentes e previstas de serem construídas nos deixa um certo legado para 2030 e talvez um pouco mais.

A implantação dessa estratégia será uma difícil tarefa para vários países em desenvolvimento que consideram a abundante oferta local de carvão e o desenvolvimento de tecnologias mais baratas como a resposta ideal à crescente demanda por energia.

Figura 12: O impacto de tecnologias neutras nas emissões de CO<sub>2</sub> do setor energético.



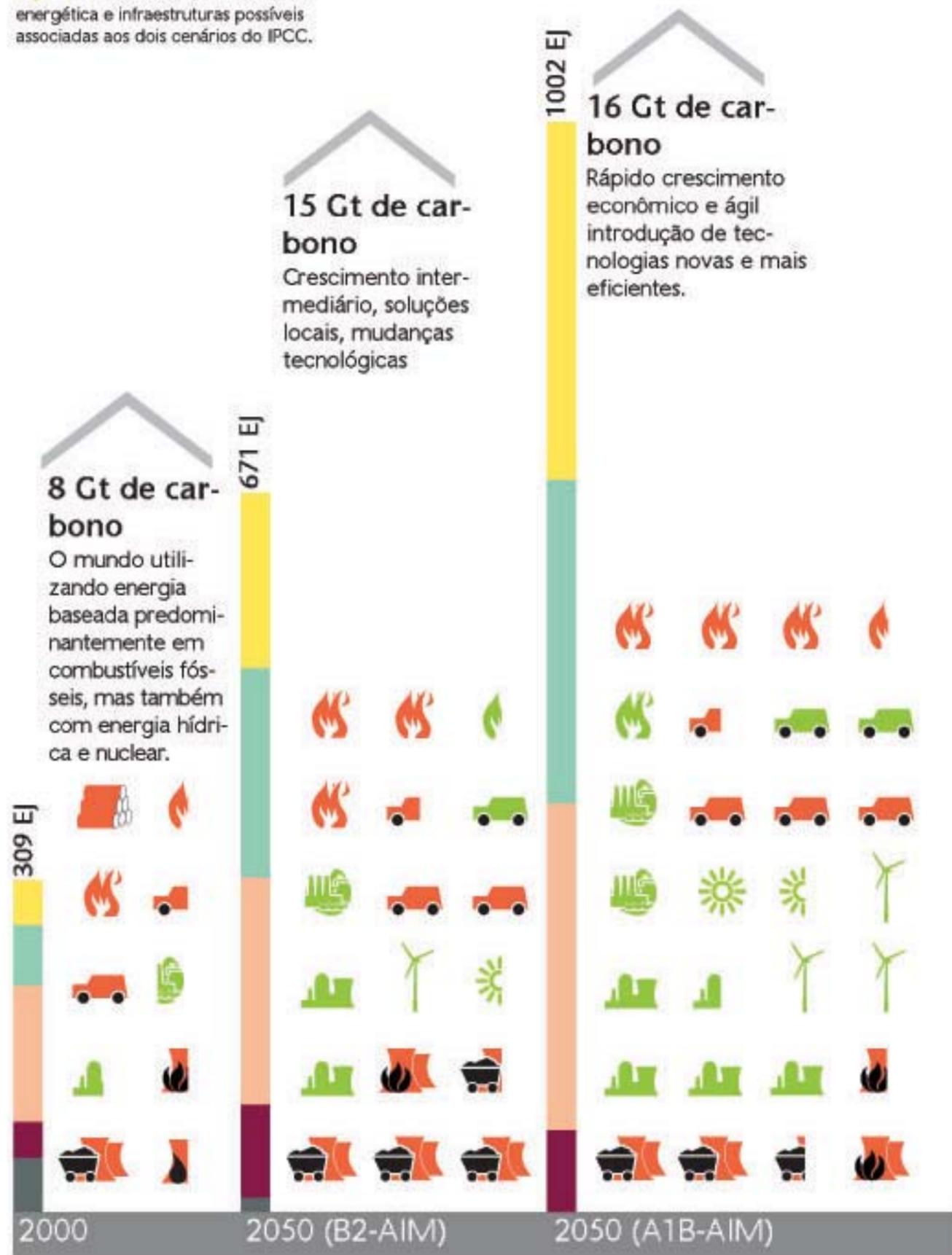
# O desafio que temos pela frente



**A** redução do crescimento econômico não é uma resposta aceitável para termos um mundo com menos emissões de carbono. O que precisamos é desfazer a ligação direta existente hoje entre padrões de vida e consumo de energia. Os países em desenvolvimento têm o direito de aspirar à qualidade de vida dos países da OCDE e a chave para atingir essa meta reside em uma maior eficiência, diversidade e desenvolvimento tecnológico sem o aumento alarmante das emissões de carbono de maneira não sustentável.

Já existem exemplos de mudanças, como um maior uso de gás natural, formas mais avançadas de energia renovável e veículos de alta eficiência. Os dois cenários selecionados pelo IPCC (A1B-AIM e B2-AIM) baseiam-se nessas mudanças e as evoluções esperadas para os próximos anos são ilustradas pela figura ao lado. Mas somente isso não será suficiente, pois ambas as linhas de desenvolvimento levam a uma estabilização final de CO<sub>2</sub> em torno de 1000 ppm.

Figura 13: Nossa atual infraestrutura energética e infraestruturas possíveis associadas aos dois cenários do IPCC.



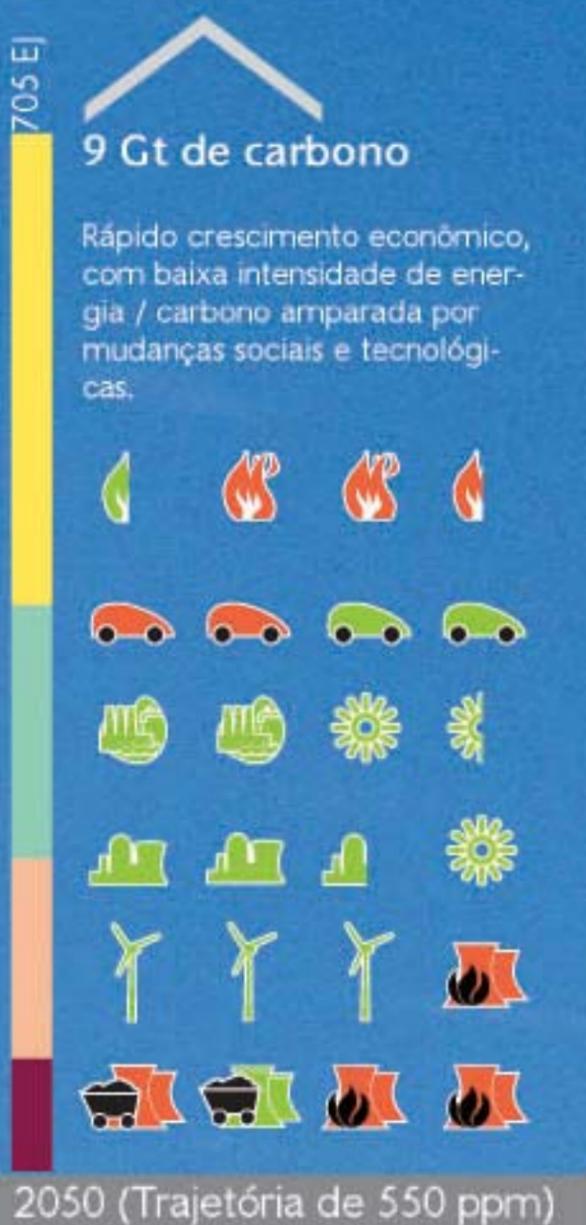
## Energia final

- Não-comercial
- Sólidos
- Líquidos
- Gases
- Eletricidade



## Redução das Emissões

Figura 16: Ilustramos aqui um dentre os muitos caminhos possíveis para termos um mundo menos intensivo em carbono. De todo modo, todos os caminhos requerem soluções que pressupõem diversas tecnologias, assim como medidas de conservação de energia.



### Uma maior adoção de gás natural

Sob a ótica das emissões de GEE, o gás natural é mais eficiente do que o carvão convencional (nao havendo captura de CO<sub>2</sub>) ou do que o petróleo (vide Figura 4). Uma TGCC de 1400 T CW ao invés de usinas movidas a carvão implica em menos 1 Gt carbono emitido para a atmosfera por ano:

- Um aumento consistente de 2,6% ao ano durante os próximos 50 anos se faz necessário para vivermos em um mundo de 9 Gt. Este índice é superior aos 2,4% previstos pela AIE em seu relatório *World Energy Outlook* (2000-2030).
- O gás natural ainda é um combustível fóssil com limites econômicos de oferta, tendo assim um papel transitório e não de longo prazo.

### Transporte em massa

As emissões per capita de CO<sub>2</sub> variam em uma proporção de 3:1 em países desenvolvidos com estilos de vida semelhantes, devido a diferenças em suas infraestruturas e à atitude do público com relação ao transporte em massa.



### Energia nuclear

Uma usina nuclear de 700 T CW é preferível a sua equivalente, movida a carvão. A substituição de uma pela outra reduziria as emissões de carbono em 1 Gt ao ano.

No entanto:

- Os 4+% de crescimento necessários excedem os <2,5% de crescimento de energia nuclear na década de 1990.
- A energia nuclear ainda precisa vencer obstáculos relativos à aceitação pública.

### Transporte rodoviário

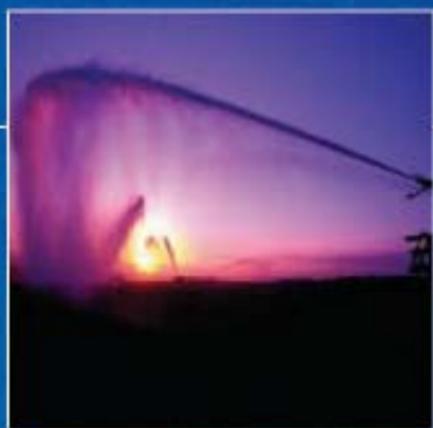
A contribuição deste setor nas emissões de carbono de 2000 foi de 1,5 Gt. Este nível pode elevar-se a 3 Gt até 2050 à medida que a frota mundial de veículos exceder a marca de 2 bilhões. No entanto:

- Se todos esses veículos aumentarem seu nível de eficiência (usando, por exemplo, tecnologias avançadas de diesel ou tecnologias híbridas), as emissões poderiam ser reduzidas em 1 Gt em 2050.
- Se 800+ milhões de veículos utilizassem uma nova infraestrutura de transporte a hidrogênio com emissão zero (incluindo a tecnologia de célula de combustível), haveria também uma redução para 1 Gt nas emissões.

O mundo de 9 Gt aqui apresentado baseia-se no uso de veículos ICE (motor com combustão interna) de alta eficiência, movidos parcialmente a bio-combustível (vide "Bioprodutos")



## Eficiência conservação energética



## Energias Renováveis

Uma redução anual de 1 Gt nas emissões de carbono poderia ser obtida se as usinas convencionais de carvão 700 T CW fossem substituídas por energias renováveis.

**Energia eólica** – turbinas eólicas com mais de 300.000 5 MW seriam necessárias, cobrindo uma área equivalente a de Portugal, mas mantendo uma grande parte dessa área ainda aproveitável. Muitas instalações encontram-se atualmente em alto mar.

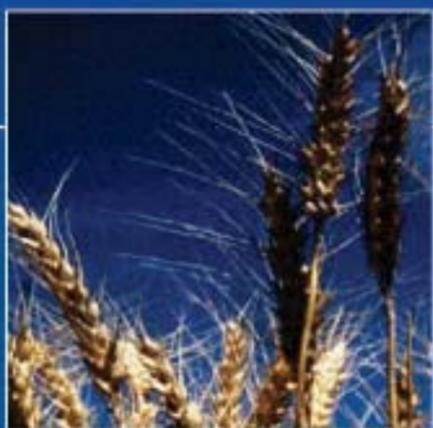
**Energia solar** – Está se tornando uma importante fonte de eletricidade para mais de 2 bilhões de pessoas em todo o mundo que não têm acesso à infraestrutura energética.

**Energia geotérmica** – A capacidade atual e o potencial de crescimento são semelhantes à energia eólica, permitindo também manter a área aproveitável a outros usos.

**Energia hidrelétrica** – Oferece uma fonte de energia renovável em uma escala realista em vários países em desenvolvimento, onde seu potencial não é amplamente utilizado.

## Edifícios

O Programa de “Edifícios com Energia Zero” do DOE (Departamento de Energia dos Estados Unidos) mostra que uma redução de 90% pode ser obtida ao se projetar novas construções altamente eficientes, com energia de célula combustível, solar, geotérmica e outras tecnologias de distribuição e co-geração de energia.

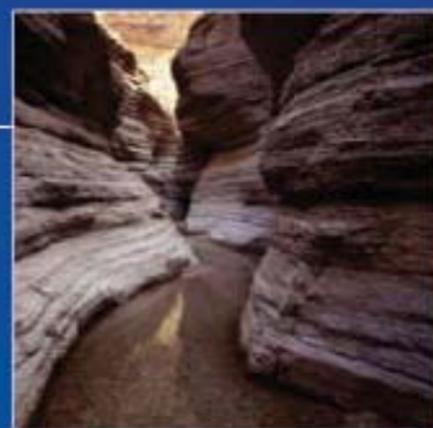
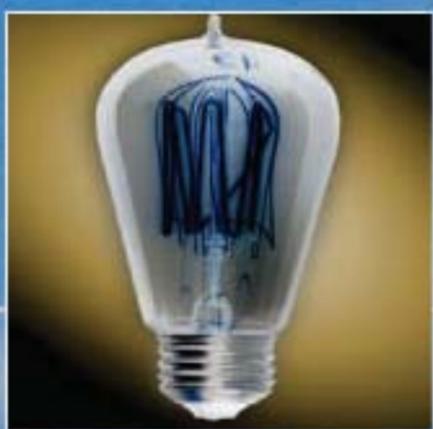


## Bioprodutos

Biocombustíveis e produtos à base de biomassa podem reduzir as emissões derivadas da geração de energia, dos processos de produção e transportes. Em 2000, o uso não sustentável de biomassa elevou em 1 Gt as emissões de carbono na atmosfera decorrentes da produção de somente 50 EJ de energia final não comercial (típica de, por exemplo, cozinhar, em países em desenvolvimento). Até 2050, os biocombustíveis e a produção de biomassa sustentável pode contribuir com 100 EJ de energia final com pouca ou nenhuma emissão líquida de CO<sub>2</sub>.

## Iluminação com baixo consumo de energia

Atualmente, mais de 0,5 Gt de emissões de carbono são provenientes, direta ou indiretamente, da iluminação. Dois bilhões de pessoas em países em desenvolvimento usam a queima direta de combustíveis como sua única fonte de iluminação, consumindo mais energia per capita para os mesmos fins do que em muitos países desenvolvidos. Uma mudança para uma tecnologia de iluminação mais avançada, como os LEDs (diodo emissor de luz) brancos poderia trazer reduções globais de até 50% nas emissões deste setor.



## Captura e armazenamento de carbono

Esta tecnologia pode constituir um novo caminho para utilização das abundantes reservas de carvão em todo o mundo. Usinas de carvão de 700 T CW utilizando a captura e armazenamento de carbono trariam uma redução de 1 Gt nas emissões. No entanto, ainda temos que vencer os seguintes desafios:

- Desenvolvimento de uma tecnologia de separação de CO<sub>2</sub> com baixos custos
- Aceitação da sociedade dessa tecnologia
- Identificação de desenvolvimento de instalações suficientes
- Desenvolvimento de protocolos de monitoramento

## Novas abordagens e procedimentos

Vivemos em uma ‘sociedade da informação’ que nos oferece oportunidades concretas para a conservação da energia. Uma melhor gestão de nossos ativos, oferecendo serviços a partir da demanda, juntamente com a comunicação móvel, nos permite ter menos desperdício, necessitar de menos transporte e, em última instância, ter menos emissões de GHC. Avanços na tecnologia sem fio podem permitir que países em desenvolvimento adotem rapidamente essas abordagens, evitando assim investimentos desnecessários em infraestrutura, os quais podem então ser utilizados para alavancar seu progresso seguindo uma tendência de menor consumo de energia em relação ao PIB.



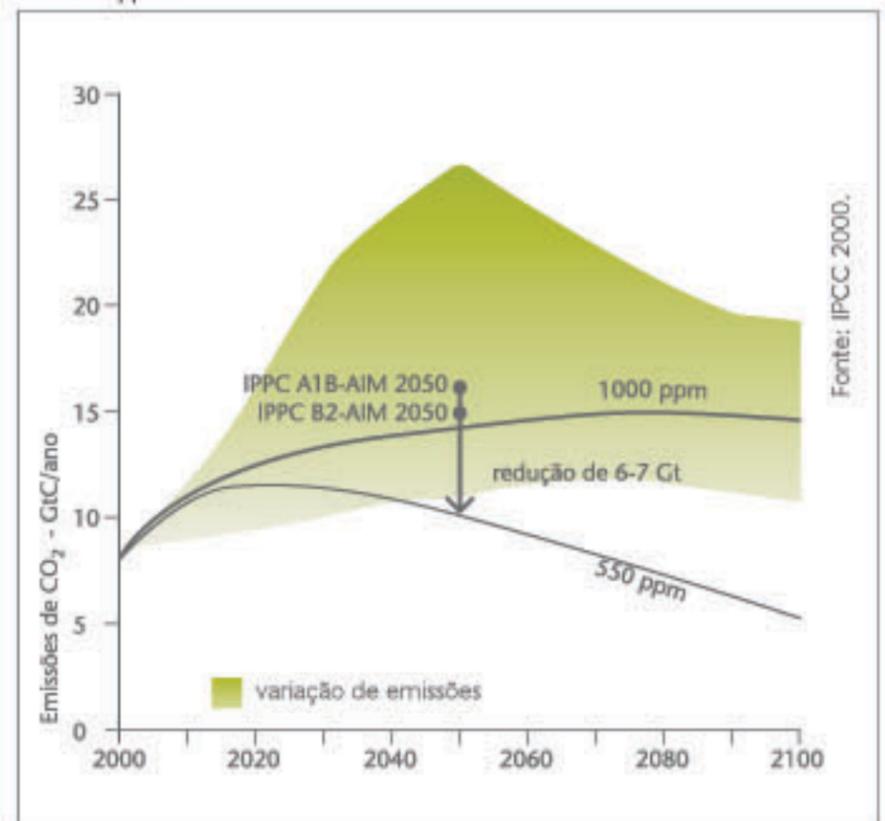
Há vários caminhos que levam a um mundo com baixas emissões de carbono, apesar de ilustrarmos abaixo somente um deles. De todo modo, todos os caminhos requerem soluções através de diversas tecnologias de redução das emissões, assim como a conservação de energia e medidas de eficiência.

### Como conseguir uma estabilização de CO<sub>2</sub> atmosférico aceitável?

Uma redução de 6-7 Gt de emissões de carbono (22 Ct CO<sub>2</sub>) ao ano até 2050, comparada aos cenários A1B e B2 nos colocaria numa trajetória de 550 ppm ao invés de 1000 ppm. Para isso, uma marcante (r)evolução em nossa infraestrutura energética se faz necessária, utilizando recursos e tecnologias como:

- Uma maior utilização de gás natural
- Energia nuclear
- Renováveis
- Bioprodutos
- Outras medidas eficientes

Figura 14: A redução de emissões de CO<sub>2</sub> necessária para uma trajetória de 550 ppm.

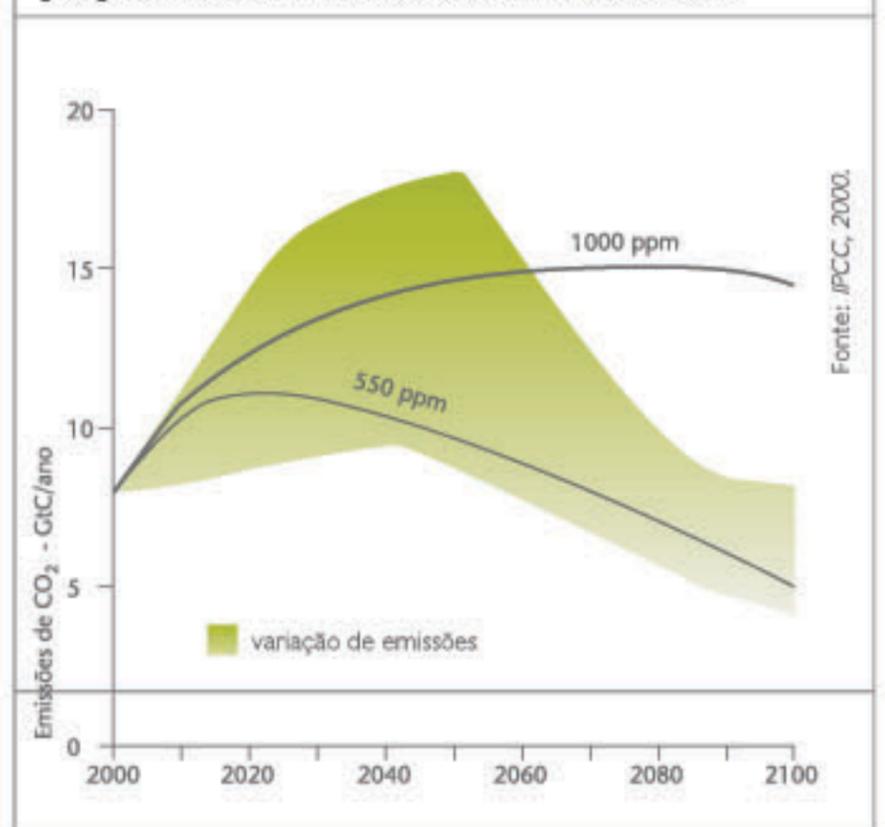


### Conservação de energia, eficiência energética e mudanças sociais

Para termos um mundo menos intensivo em carbono se faz necessária uma mudança radical na relação entre energia e desenvolvimento, de modo a se atingir os níveis de desenvolvimento almejados utilizando-se em média 30% menos energia. Tanto a conservação de energia, através de mudanças comportamentais, quanto o uso de uma energia mais eficiente, amparado por tecnologias apropriadas, desempenham um papel fundamental.

Esta tendência é característica da linha de desenvolvimento B1 do IPCC, que prevê um futuro com uma abordagem globalmente coerente ao desenvolvimento sustentável e descreve um mundo com mudanças aceleradas e convergentes em direção a uma economia de serviços e informação mediante a redução no uso de materiais e a introdução de tecnologias limpas, neutras e mais eficientes. Este cenário leva a um nível relativamente baixo de emissões de GHG, mesmo sem intervenções explícitas para o controle das mudanças climáticas.

Figura 15: Cenário B1 do IPCC demonstra o impacto de uma abordagem globalmente coerente com o desenvolvimento sustentável.



## Glossário

**AIE:** Agência Internacional de Energia, do original *International Energy Agency* - IEA, um órgão intergovernamental comprometido com a garantia da oferta de energia, crescimento econômico e sustentabilidade ambiental através da cooperação para com uma política energética. Uma das principais publicações da AIE é o relatório *World energy outlook (WEO)*.

**AIM:** Cenários do Modelo Integrado Ásia Pacífico (do original *Asian Pacific Integrated Model* - AIM), do Instituto Nacional de Estudos Ambientais do Japão (National Institute of Environmental Studies in Japan). Vide "Cenários IPCC" abaixo.

**ARPANET:** A *Advanced Research Projects Agency Network*, nome adotado em 1965 pela ARPA (Agência de Projetos de Pesquisa Avançada), foi formada pelo governo americano para estabelecer sua liderança em ciência e tecnologia aplicável na área militar e tornou-se a primeira rede mundial de comunicação entre usuários de computadores.

**Captura e armazenamento de carbono:** Uma alternativa de longo prazo para a emissão de dióxido de carbono na atmosfera é a sua captura e armazenamento geológico, o qual envolve a injeção de CO<sub>2</sub> em reservas geológicas (como salitres e poços esgotados de combustíveis fósseis). Se a fonte de CO<sub>2</sub> não for pura o suficiente, a separação deve ser inicialmente conduzida.

**Cenários IPCC:** O IPCC desenvolveu quatro linhas de desenvolvimento para descrever caminhos possíveis de modo a abranger diferentes desenvolvimentos demográficos, sociais, econômicos, tecnológicos e ambientais. Importante ressaltar que essas linhas de desenvolvimento não incluem iniciativas específicas tais como a implantação do Protocolo de Quioto.

Cada cenário, representa uma interpretação quantitativa específica de uma das linhas de desenvolvimento. Para cada uma delas, foram criados cenários distintos a partir de diferentes modelagens. Todos os cenários que se baseiam em uma mesma linha de desenvolvimento constituem uma "família".

Nesta publicação, usamos as linhas de desenvolvimento A1B (mix equilibrado de oferta energética) e B2, e para a ilustração de infraestruturas energéticas específicas, Cenários do Modelo Integrado Ásia Pacífico (AIM) do Instituto Nacional de Estudos Ambientais do Japão. O A1B-AIM é um cenário-referência para a linha de desenvolvimento A1, com emissões localizadas no rádio médio de todos os 40 cenários do IPCC. Foram também feitas referências à linha de desenvolvimento B1 e sua família de cenários, dada sua destacada ênfase na eficiência energética e baixas emissões futuras decorrentes.

**Concentração:** Quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera em qualquer momento de tempo, medida geralmente em parte por milhão (ppm). Nesta publicação, a concentração de CO<sub>2</sub> refere-se a CO<sub>2</sub> somente, não incluindo outros gases de efeito estufa (GHG).

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** Principal produto gasoso decorrente da combustão de hidrocarbonos, tais como o gás natural, petróleo e carvão. O existe naturalmente na atmosfera e é um dos gases de efeito estufa (GHG), mas sua concentração tem aumentado muito ao longo do último século.

**DOE:** Departamento de Energia dos Estados Unidos.

**Emissão:** O lançamento de material (CO<sub>2</sub>, neste caso) na atmosfera, medido comumente em toneladas ao ano.

**Energia final:** A energia que utilizamos em nossos automóveis, casas, escritórios e fábricas.

**Energia primária:** A energia total disponível de recursos como carvão, petróleo e gás natural, pressupondo um uso 100% eficiente desses recursos.

**ENIAC:** Computador e Integrador Numérico Eletrônico, do original *Electronic Numeric Integrator and Calculator*, desenvolvido em 1943 pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (Dod) para seu Laboratório de Pesquisas Balísticas.

**Estabilização:** A concentração equilibrada de CO<sub>2</sub> na atmosfera em longo prazo. O CO<sub>2</sub> constantemente migra da atmosfera para os oceanos, plantas e animais e então retorna à atmosfera, onde uma concentração equilibrada tem sido mantida por milhares de anos. Após a mudança desse equilíbrio, causada por emissões adicionais, um novo equilíbrio ou estabilização pode levar séculos para ser estabelecido.

**Gases de efeito estufa (GHG):** Gases na atmosfera da Terra que absorvem e re-emitem radiações infravermelhas, fazendo assim com que a atmosfera retenha o calor. Estes gases são emitidos naturalmente e também pela ação do homem. O principal GHG é o vapor de água. Outros GHGs primários incluem o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido de nítrico (N<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), os cloro-fluorcarbonetos (CFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>).

**Gigatons (Gt):** Como as emissões de carbono na atmosfera são enormes, elas são medidas em gigatons, ou bilhões de toneladas. Um Gt de CO<sub>2</sub> na atmosfera equivale a 0,3 Gt de carbono.

**ICE:** Motor com combustão interna, do original *Internal Combustion Engine*.

**IPCC:** Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, do original *Intergovernmental Panel on Climate Change*, criado pelas Nações Unidas para compilar todas as informações científicas, técnicas e socioeconômicas relevantes para uma melhor compreensão das mudanças climáticas, seus impactos potenciais e as opções para sua adaptação e mitigação.

**Joule, Gigajoules (GJ) and Exajoules (EJ):** Uma joule é uma medida de uso de energia mas, por representar uma pequena quantidade, deve ser expressa em grandes números quando se discute a energia global. Uma gigajoule representa um bilhão de joules (1 seguido de 9 zeros), uma exajoule é expressa em 1 seguido de 18 zeros e representa 278 bilhões de kWh, ou 278 mil GWh, ou ainda o equivalente a 32 1 GW usinas de energia funcionando um ano inteiro.

**OECD:** Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, do original *Organization for Economic Development and Cooperation*.

**Partes por milhão (ppm):** Partes (moléculas) de uma substância

contidas em um milhão de partes de outra substância. Neste documento “ppm” é usado como uma medida volumétrica para expressar a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera em dado momento.

**PIB:** Principal indicador da atividade econômica, o **PIB - Produto Interno Bruto** - exprime o valor da produção realizada dentro das fronteiras geográficas de um país, num determinado período.

**PPP:** Paridade do Poder de Compra, do original *Purchasing Power Parity*, a taxa de conversão de moedas que equaliza o poder aquisitivo de diversas moedas. PPPs comparam os custos em diferentes moedas de uma cesta fixa de bens e serviços comercializados e não comercializados e produz uma medida ampla do padrão de vida.

**TGCC e CHP:** A Turbina a Gás em Ciclo Combinado, do original *Combined Cycle Gas Turbine - CCGT*, é um tipo de usina altamente eficiente que pode converter mais de 50% da energia química de um gás em energia elétrica. Sua eficiência pode ser ainda maior em uma Usina de Ciclo Combinado de Geração de Energia (**CHP**, do original *Combined Heat Power Plant*).

**Watt, Kilowatt (KW), Megawatt (MW), Gigawatts (GW) e Watt-Hora (Wh):** Um watt representa uma taxa de uso de energia equivalente a um joule por segundo. Um megawatt representa um milhão de watts e um gigawatt, um bilhão de watts. A geração de energia é sempre expressa em watt-horas (Wh), representando o suprimento ou uso de um watt por um período de uma hora. O uso de energia em residências é expresso em kilowatt-horas (kWh). Um aparelho que necessita de 1000 watts para funcionar e que fique ligado por uma hora consumirá um kilowatt-hora de eletricidade. Vide também a definição de joule.

## Referências e fontes principais

- BP 2003: *Statistical review of world energy*.
- CIA, Central Intelligence Agency 2004: *The world fact-book*.
- Evan Mills Ph.D., IAEEL and Lawrence Berkeley National Laboratory 2002: *The \$230-billion global lighting energy bill*.
- Hadley Centre and Carbon Dioxide Information Analysis Centre (CDIAC) – (Centro de Análise e Informação sobre o Dióxido de Carbono): <http://cdiac.esd.ornl.gov/home.html>.
- AIE 2003: *CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion 1971-2001*.
- AIE 2002: *World Energy Outlook*.
- IPCC 2001: *Climate change 2001, Synthesis report*.
- IPCC 2000: *Emissions scenarios: A special report of working group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- UN 2002: *World population prospects*.
- WBCSD 2004: *Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability*.

## O WBCSD

O World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) é uma coalizão de 170 empresas internacionais unidas pelo mesmo compromisso para com o desenvolvimento sustentável, a partir de três pilares: crescimento econômico, equilíbrio ecológico e progresso social. Nossos afiliados provêm de mais de 30 países e 20 dos principais setores industriais. Reunimos também uma Rede Global e 50 conselhos empresariais regionais e nacionais e parceiros, envolvendo aproximadamente 1.000 líderes empresariais em todo o mundo.

### Nossa missão

Exercer a liderança empresarial que catalise mudanças em direção ao desenvolvimento sustentável, e promover a ecoeficiência, inovação e responsabilidade social corporativa.

### Nossas metas

A partir dessa missão, nossos objetivos e estratégias incluem:

- > **Liderança empresarial** – advogar a liderança empresarial nas questões ligadas ao desenvolvimento sustentável.
- > **Elaboração de políticas** – participar da elaboração de políticas de modo a criar uma plataforma que permita às empresas contribuir efetivamente para o desenvolvimento sustentável.
- > **Excelência de práticas** – demonstrar o progresso das empresas em gestão ambiental e responsabilidade social corporativa e compartilhar práticas de excelência com nossos afiliados.
- > **Alcance Global** – contribuir para um futuro sustentável para os países em desenvolvimento e em transição.

### Responsabilidades

Esta publicação, lançada em nome do WBCSD, assim como outras, resulta de um esforço colaborativo dos membros da Secretaria e de executivos de várias empresas afiliadas. Todas as versões pré-finais foram revisadas por diversos membros, de modo a garantir que este documento refletisse a visão da maioria das empresas-membro do WBCSD. Isto não significa, no entanto, que todas as empresas-membro concordem com cada palavra aqui expressa.

### Projeto do Conselho de Energia e Mudanças Climáticas

- Co-organizadores:** Anne Lauvergeon (AREVA), John Manzonei (BP) e Egil Myklebust (Norsk Hydro).
- Grupo de Trabalho:** representantes de 75 empresas-membro e de 12 Conselhos Empresariais Regionais para o Desenvolvimento Sustentável (BCSDs).

Nossos agradecimentos a todos os membros do Grupo de Trabalho de Energia e Mudanças Climáticas por sua valiosa contribuição para esta publicação.

- Diretor do Projeto:** Laurent Corbier (WBCSD)  
**Autor Principal:** David Hone (Shell)  
**Co-autor:** Simon Schmitz (WBCSD)  
**Design:** Michael Martin and Anouk Pasquier (WBCSD)

**Créditos de Fotografias:** As fotos da capa, página 8 e página 9 foram cortesmente cedidas pela Toyota Motor Corporation.

- Copyright** © WBCSD, August 2004.  
**ISBN** 2-940240-63-9  
**Impressão:** Atar Roto Presse SA, Switzerland.

Impresso em papel contendo 50% de conteúdo reciclado e 50 % originário principalmente de florestas certificadas (FSC e PEFC). 100 % sem cloro. Certificação ISO 14001.

### Pedidos de Publicações

WBCSD, c/o Earthprint Limited  
Tel: (44 1438) 748111  
Fax: (44 1438) 748844  
wbcسد@earthprint.com

### Pedido da Publicação em Português

Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável  
Tel: (55 21) 3139-1250  
clima@cebds.com

### Nossas publicações também estão disponíveis nos sites:

[www.wbcسد.org](http://www.wbcسد.org)  
[www.earthprint.com](http://www.earthprint.com)  
[www.cebds.com](http://www.cebds.com)

**Tradução para o português:** Cocca Capocchi Language Services, Rio de Janeiro.

**Responsável:** Maria Alice Capocchi Ribeiro.

**Revisão Técnica:** Flávio Almeida, Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS).

# O que é o CEBDS

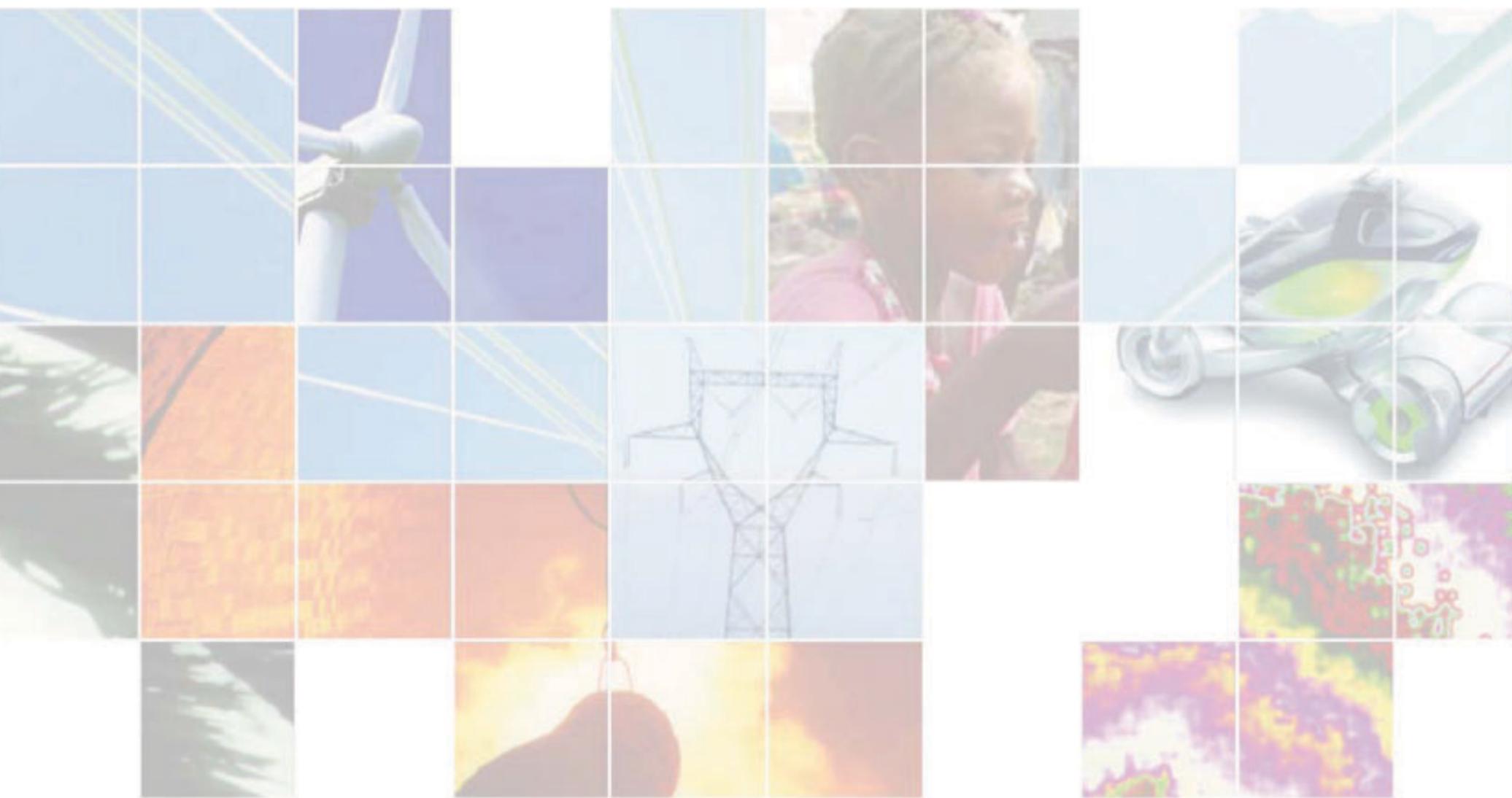
Criado em março de 1997, o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) assumiu o papel de interlocutor do setor empresarial junto ao governo e à sociedade civil organizada para liderar um processo de mudança fundamental para a sobrevivência das futuras gerações: substituir a economia convencional por um novo modelo, que incorpore aos negócios as dimensões social e ambiental

Representante no Brasil de grandes grupos empresariais que respondem por 40% do PIB nacional e geram cerca de 500 mil empregos diretos, o CEBDS faz parte de uma rede de conselhos nacionais vinculados ao WBCSD ( World Business Council for Sustainable Development).

Para assegurar a presença das pequenas e médias empresas no caminho da sustentabilidade, o CEBDS participa, como instituição coordenadora, da Rede Brasileira de Produção Mais Limpa. A rede é formada por núcleos estaduais destinados a fomentar práticas de ecoeficiência e responsabilidade social corporativa nos segmentos empresariais de menor porte.

Como porta-voz do setor empresarial brasileiro, o CEBDS tem encaminhado as discussões, em âmbito nacional e internacional, dos temas centrais para fundir os conceitos e viabilizar o desenvolvimento como, por exemplo, mudança climática, biodiversidade e biotecnologia, legislação ambiental, responsabilidade social corporativa, ecoeficiência e educação para sustentabilidade.

Para conhecer melhor as atividades do CEBDS, acesse o site [www.cebds.com](http://www.cebds.com)



Av. das Américas 1.155  
conj. 208 - Barra RJ - Rio de Janeiro  
Brasil

Tel: +55 (21) 3139-1250  
Fax: +55 (21) 3139-1254

E-mail: [cebds@cebds.com](mailto:cebds@cebds.com)  
Web: [www.cebds.com](http://www.cebds.com)

4, chemin de Conches  
CH - 1231 Conches-Geneva  
Switzerland

Tel: (41 22) 839 31 00  
Fax: (41 22) 839 31 31

E-mail: [info@wbcsd.org](mailto:info@wbcsd.org)  
Web: [www.wbcsd.org](http://www.wbcsd.org)