

## **Sumário Executivo**

### **Ameaças climáticas e soluções**

As mudanças climáticas globais, conseqüências do incessante aumento dos gases de efeito estufa na atmosfera do planeta, já estão alterando ecossistemas e provocando cerca de 150 mil mortes por ano. Um aquecimento global médio de 2°C ameaçará milhões de pessoas com o aumento de fome, malária, inundações e escassez de água. O principal gás responsável pelo efeito estufa é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), produzido pela queima de combustíveis fósseis para a geração de eletricidade e transporte. Para que a elevação da temperatura seja mantida dentro de limites aceitáveis, é necessário reduzir significativamente as emissões destes gases de efeito estufa. Esta redução se justifica em termos ambientais e econômicos.

### **Mudanças climáticas e segurança da oferta de energia**

Os recentes aumentos excessivos do preço do petróleo colocaram a discussão sobre a segurança de oferta no topo da agenda política e energética internacional. Uma das razões para a alta do preço do barril é o esgotamento progressivo do suprimento de todos os combustíveis fósseis – petróleo, gás e carvão – e a conseqüente elevação dos custos de produção. Os tempos de “petróleo e gás baratos” estão chegando ao fim. Urânio, o combustível das usinas nucleares, também é um recurso finito. As reservas de energias renováveis, por sua vez, são tecnicamente acessíveis a todos e abundantes o suficiente para fornecer, para sempre, cerca de seis vezes mais energia do que é consumido hoje no mundo.

Tecnologias de energias renováveis variam entre si em termos de desenvolvimento técnico e competitividade econômica, mas há uma variedade de opções cada vez mais atrativas. As fontes de energia renovável incluem vento, biomassa, painéis fotovoltaicos, solar para aquecimento de água, geotérmica, oceânica e hidrelétrica. Em comum, há duas características: a produção de pouco ou nenhum gás de efeito estufa e o emprego de fontes naturais virtualmente inesgotáveis. Algumas dessas tecnologias já são competitivas - e devem se tornar ainda mais - com investimentos em pesquisa e desenvolvimento, a possibilidade de valor comercial no mercado de créditos de carbono e, por outro lado, o aumento contínuo no preço dos combustíveis fósseis.

Em paralelo, há um enorme potencial para a redução no consumo de energia, sem que isto implique na redução na oferta de serviços de energia. Este estudo detalha uma série de medidas de eficiência energética que, juntas, podem reduzir substancialmente a demanda de energia em indústrias, residências e no setor de serviços.

Apesar de a energia nuclear produzir pouco dióxido de carbono em comparação às energias fósseis, sua utilização implica em múltiplas ameaças à sociedade e ao meio ambiente. Dentre elas, estão os impactos ambientais da mineração, o processamento e o transporte de urânio, o risco da proliferação de armas nucleares, o problema insolúvel dos resíduos nucleares e a ameaça constante de acidentes graves. Por isto, a opção nuclear não foi considerada nesta análise. A solução para nossas necessidades futuras de energia encontra-se no maior uso das fontes de energias renováveis, tanto para transporte, quanto para geração de energia elétrica.

## **A [R]evolução Energética**

A urgência de ação no combate às mudanças climáticas exige no mínimo uma [R]evolução Energética. No centro desta revolução está a mudança no modo como usamos, distribuimos e consumimos energia. Os cinco princípios-chave para essa mudança são:

- Implementação de soluções renováveis, especialmente por meio de sistemas descentralizados de energia
- Respeito aos limites naturais do meio ambiente
- Eliminação gradual de fontes de energia sujas e não sustentáveis
- Promoção da igualdade na utilização dos recursos
- Desvincular o crescimento econômico do consumo de combustíveis fósseis.

Sistemas descentralizados de energia, nos quais energia ou calor são produzidos próximos ao destino final de uso, reduzem o desperdício atual de energia no transporte e distribuição. A descentralização é essencial para estabelecer a [R]evolução Energética e garantir o suprimento de energia para os dois bilhões de pessoas no mundo todo que vivem sem acesso a ela.

Dois cenários para o ano de 2050 foram elaborados neste relatório. O Cenário de Referência tem por base um cenário de “*business as usual*” publicado pela Agência Internacional de Energia (AIE) no relatório *Perspectiva Energética Mundial 2007* (World Energy Outlook 2007, na sigla em inglês), e projetado para 2030. O novo cenário *Perspectiva Energética Mundial 2007* da AIE considera uma taxa de crescimento anual do Produto Interno Bruto (PIB) de 3,6%, ligeiramente superior à taxa de 3,2% considerada no relatório de 2004. O relatório de 2007 também prevê um consumo final de energia, em 2030, 4% superior ao do WEO 2004.

China e Índia devem crescer mais rapidamente do que outras regiões, seguidas pelo grupo de Outros Países Asiáticos em Desenvolvimento, África e Economias de Transição (principalmente países da extinta União Soviética).

O Cenário [R]evolução Energética tem como meta para 2050 a redução das emissões mundiais de CO<sub>2</sub> em 50% em relação aos níveis de 1990, o que significa a redução das emissões per capita de dióxido de carbono para menos de 1.3 toneladas por ano, a fim de manter o aumento da temperatura global abaixo de 2°C. Um segundo objetivo é mostrar que essa meta pode ser alcançada mesmo com a eliminação gradual da energia nuclear.

Para alcançar esses objetivos, o cenário é caracterizado por esforços significativos na exploração do amplo potencial de eficiência energética. São também exploradas todas as possibilidades econômicas de fontes de energias renováveis para a geração de calor e de eletricidade, assim como a produção de biocombustíveis.

Atualmente, as fontes de energia renováveis suprem apenas 13% da demanda mundial de energia primária. A biomassa, utilizada principalmente para aquecimento, é a maior fonte renovável de energia. A participação de energia renovável na geração de eletricidade é de 18%. A contribuição das renováveis para a demanda de energia primária na oferta de aquecimento é de aproximadamente 24%, sendo grande parte por conta de usos tradicionais como lenha. Cerca de 80% do suprimento primário global de energia ainda vem de combustíveis fósseis. A [R]evolução Energética prevê um caminho de desenvolvimento que transforma o atual modelo energético em um sistema sustentável por meio das seguintes medidas:

- Ampla exploração do potencial de eficiência energética, garantindo que a demanda de energia primária cresça pouco – dos atuais 474.900 PJ/a (2005) para 478.420 PJ/a em 2050, ao invés de 867.600 PJ/a apresentados no Cenário de Referência. Essa redução drástica é um pré-requisito crucial para possibilitar uma participação significativa de fontes

renováveis de energia na oferta de energia, compensando a eliminação gradual da energia nuclear e a redução do consumo de combustíveis fósseis.

- aumento do uso da cogeração, melhorando a eficiência da conversão de energia dos sistemas de suprimento, utilizando cada vez mais gás natural e biomassa. No longo prazo, a diminuição da demanda por aquecimento e o enorme potencial para a produção de calor diretamente de fontes de energia renovável limitarão um maior uso da cogeração.

- o setor de eletricidade será o pioneiro na utilização da energia renovável. Até 2050, cerca de 77% da eletricidade será produzida a partir de fontes renováveis (incluindo grandes hidrelétricas). Uma capacidade de 9.100 GW vai gerar 28.600TWh/a de eletricidade renovável em 2050.

- no setor de aquecimento, a contribuição das renováveis chegará a 70% até 2050. Combustíveis fósseis serão substituídos por tecnologias modernas mais eficientes, em particular biomassa, coletores solares e energia geotérmica.

- antes da introdução de biocombustíveis no setor de transportes, deve-se explorar os grandes potenciais de eficiência. Neste estudo, a biomassa é empregada prioritariamente para aplicações estacionárias. Assim, a produção de biocombustíveis é limitada pela disponibilidade de matéria-prima sustentável. Veículos elétricos devem ter um papel cada vez mais importante a partir de 2020.

- até 2050, 56% da demanda de energia primária deverá ser suprida por fontes renováveis.

Acima de tudo, para alcançar um crescimento economicamente atrativo das fontes de energias renováveis, é importante equilibrar o uso das diversas tecnologias. Esse equilíbrio depende do potencial técnico, dos custos atuais, do potencial de redução de custos e do desenvolvimento tecnológico.

## **Custos**

Os custos levemente maiores de geração de eletricidade (comparados com combustíveis convencionais) apresentados no Cenário da [R]Evolução Energética são compensados, em grande parte, pela demanda reduzida por eletricidade. Tomando-se por base um custo médio de US \$30/MWh para a implementação de medidas de eficiência energética, o custo adicional para o suprimento de eletricidade no Cenário da [R]Evolução Energética chegará a um máximo de US\$10 bilhões/a em 2010. Estes custos adicionais, que representam os investimentos da sociedade para o suprimento seguro de energia, economicamente viável e ambientalmente responsável, continuam a diminuir depois de 2010. Até 2050, os custos anuais de suprimento de eletricidade serão de US\$2.900 bilhões/a, um valor menor do que o apresentado no Cenário de Referência.

É esperado que o preço médio do barril de petróleo aumente de US\$52,5 por barril em 2005 para US\$100 em 2010, e continue aumentando até chegar a US\$140/barril em 2050. Os preços de importação do gás natural devem quadruplicar entre 2005 e 2050, enquanto os preços do carvão devem quase dobrar, chegando a US\$360/tonelada em 2050. Um adicional de preço relativo ao CO<sub>2</sub>, que vai de US\$10/tonelada em 2010 para US\$50/tonelada em 2050, também deve ser considerado.

## **Evolução das emissões de CO<sub>2</sub>**

No Cenário de Referência, as emissões de CO<sub>2</sub> quase dobrarão até 2050 – cenário distante de um padrão sustentável de desenvolvimento. Já no Cenário da [R]Evolução Energética, as emissões diminuirão de 24,35 bilhões de toneladas em 2003 para 10,59 bilhões de toneladas em 2050. As emissões anuais per capita cairão de 3,8 toneladas para 1,2

tonelada. Apesar da eliminação gradual da energia nuclear e do aumento da demanda de eletricidade, as emissões de CO<sub>2</sub> no setor de eletricidade diminuirão radicalmente. No longo prazo, os ganhos em eficiência e o aumento do uso de veículos elétricos acarretarão redução das emissões de CO<sub>2</sub> até mesmo no setor de transportes. Com uma participação de 35% do total das emissões de CO<sub>2</sub> em 2050, o setor elétrico reduzirá muito suas emissões, mas seguirá liderando o ranking dos maiores emissores de CO<sub>2</sub>, seguido pelo setor de transportes e pelas indústrias.

**Para tornar a [R]Evolução Energética uma realidade e evitar os perigos das mudanças climáticas, o Greenpeace reivindica que o setor de energia:**

1. Elimine gradualmente todos os subsídios para combustíveis fósseis e energia nuclear
2. Internalize os custos externos (sociais e ambientais) da produção de energia por meio de metas de redução de emissões e comércio de certificados de emissões
3. Estabeleça padrões de eficiência energética rigorosos para todas as aplicações, construções e veículos consumidores de energia
4. Defina metas legais para energias renováveis e cogeração
5. Reforme o sistema elétrico de forma a garantir acesso prioritário dos gerados renováveis à rede elétrica
6. Ofereça retorno estável e definido para os investidores no setor, por exemplo, via programas de tarifas *feed-in*
7. Implemente mecanismos melhores de rotulagem e divulgação, a fim de fornecer mais informações ambientais sobre produtos e equipamentos elétricos
8. Aumente os orçamentos para pesquisa e desenvolvimento de energias renováveis e eficiência energética.

**Figura 1:** Evolução do consumo global de energia primária no Cenário da [R]evolução Energética ('Eficiência' = redução comparada ao Cenário de Referência)

**Insert graphs**

## **Cenários de longo prazo para a [R]evolução Energética**

O Cenário da [R]Evolução Energética aponta um caminho sustentável para uma nova forma de produzir e utilizar energia até 2050. O Greenpeace, o DLR (Centro Aeronáutico e Espacial Alemão, na sigla em alemão) e a indústria das energias renováveis foram além e desenvolveram esse cenário de modo a uma eliminação completa dos combustíveis fósseis na segunda metade deste século.

Um cenário de longo prazo de quase 100 anos dificilmente pode ser preciso. Projeções das taxas de crescimento econômico, de preços dos combustíveis fósseis e toda a demanda de energia são certamente uma especulação e de forma nenhuma representam previsões oficiais. Tampouco é possível fazer uma análise regional, já que não há informações técnicas suficientes, como velocidade exata de ventos em localidades específicas. A integração de grandes porcentagens de fontes flutuantes (como solar fotovoltaica e eólica) à rede também necessita de mais pesquisa científica e técnica. Mas um cenário de longo prazo pode dar uma idéia de quando será possível alcançar um suprimento de energia livre de combustíveis fósseis e de emissões de CO<sub>2</sub>. Também é possível vislumbrar, no longo prazo, quais capacidades instaladas de energias renováveis serão necessárias.

Nesse contexto, foram desenvolvidos dois cenários de longo prazo: o Cenário da [R]Evolução Energética de Longo Prazo e o Cenário [R]evolução Energética Avançado.

O Cenário [R]evolução Energética de Longo Prazo segue as mesmas projeções até o final deste século. Até 2050, as fontes renováveis de energia serão responsáveis por 56% de toda a demanda global de energia primária. Sua participação na geração de eletricidade será de 80% até lá. A contribuição das fontes renováveis para o fornecimento de calor será de cerca de 71%. Aproximadamente 44% do suprimento global de energia primária em 2050 ainda virá de combustíveis fósseis, principalmente graças ao uso do petróleo para o setor de transportes, seguido por gás natural e carvão no setor de energia.

O Cenário [R]evolução Energética de Longo Prazo segue esta linha de desenvolvimento até 2100 e chega aos seguintes resultados:

- **Demanda:** os potenciais de eficiência energética são amplamente explorados e a demanda global de energia primária se estabiliza após 2060.

- **Setor de energia:** o setor de eletricidade será o pioneiro na eliminação gradual dos combustíveis fósseis. Até 2070, mais de 93% da eletricidade será produzida a partir de fontes renováveis de energia, sendo que as termelétricas a gás natural restantes servirão principalmente como reserva de emergência. Uma capacidade de 23.100 GW irá produzir 56.800 TWh de eletricidade renovável em 2100 – 17 vezes mais do que é produzido atualmente.

De todas as tecnologias disponíveis atualmente, a solar fotovoltaica, seguida pela eólica, energia solar concentrada (CSP) e energia geotérmica, têm os maiores potenciais no setor de energia. O uso de energia oceânica pode ser significativamente maior – porém, considerando-se o atual status de desenvolvimento, o potencial técnico e econômico não é claro.

- **Aquecimento e resfriamento:** a grande utilização da cogeração em 2050 continuará no nível atual até 2070. Depois disso, cairá levemente para os níveis de 2040 (5.500 TWh) até o final do século, já que a demanda decrescente por aquecimento e o grande potencial de geração de calor diretamente de fontes renováveis, como coletores solares e geotérmicos limita uma maior expansão da cogeração.

No setor de aquecimento, a contribuição das renováveis chegará a 90% até 2080. A eliminação total dos combustíveis fósseis acontecerá logo depois.

- **Transportes:** o uso eficiente dos sistemas de transportes continuará sendo a principal maneira de limitar o uso de combustíveis. Sistemas públicos de transporte continuarão sendo muito mais eficientes do que meios individuais de transporte. No entanto, podemos assumir que os carros ainda serão necessários, principalmente em áreas rurais. Entre 2050 e 2085, o uso de petróleo em carros será completamente eliminado, e dará lugar a carros elétricos. A eletricidade virá de fontes renováveis de energia.

- Até 2080, cerca de 90% da demanda global de energia primária será suprida por fontes renováveis de energia; em 2090, essa participação chegará a 98.2%.

O Cenário [R]evolução Energética Avançado adota uma postura muito mais radical frente à crise climática que ameaça o mundo. A fim de puxar o freio de mão das emissões globais de CO<sub>2</sub>, ele adota uma vida útil muito menor para as termelétricas a carvão – 20 anos, ao invés de 40. Isso reduz as emissões globais de CO<sub>2</sub> ainda mais rápido e leva em conta os indícios atuais de agravamento mais acelerado das mudanças climáticas. Para preencher a lacuna restante, as taxas anuais de crescimento das fontes renováveis de energia, especialmente para usinas movidas a energia solar fotovoltaica, eólica e solar concentrada (CSP), foram aumentadas.

As taxas de crescimento aumentam entre 2020 e 2050. Essas taxas expandidas de crescimento estão alinhadas com as projeções atuais das indústrias eólica e solar (veja

Relatórios Global Wind Energy Outlook 2008 e SolarGeneration 2008). Por isso, no Cenário [R]evolução Energética Avançado, as capacidades para geração solar e eólica aparecem de 10 a 15 anos antes do que é projetado no Cenário da [R]evolução Energética de Longo Prazo. O início da expansão da co-geração geotérmica também foi antecipado em 20 anos. Todos os demais resultados permanecem iguais em ambos os cenários de longo prazo, e as diferenças afetam apenas no setor de energia.

A principal diferença para o setor de energia no Cenário [R]evolução Energética Avançado é que as termelétricas a carvão convencionais serão gradualmente eliminadas até 2050. Entre 2020 e 2050, um total de cerca de 1.200 GW de capacidade serão substituídos por painéis solares fotovoltaicos, parques eólicos em terra e offshore (no mar) e usinas de energia solar concentrada (CSP). Até 2050, 86% da eletricidade será produzida a partir de fontes renováveis de energia – e essa participação chega a 96% em 2070. Mais uma vez, o remanescente de energia proveniente de combustíveis fósseis é produzido com gás. Comparado ao Cenário básico da [R]evolução Energética, a capacidade esperada das energias renováveis aparecerá 15 anos antes do previsto, mas a quantidade geral de geração renovável de energia permanecerá estável a partir de 2085.

Do ponto de vista da indústria de renováveis, o aumento destas taxas e números é viável. No entanto, o cenário avançado requer mais pesquisa e desenvolvimento para uma integração da energia à rede em larga escala, assim como dados meteorológicos regionais mais precisos, a fim de otimizar a combinação de diferentes fontes.

É importante ressaltar que no Cenário da [R]evolução Energética de Longo Prazo, a maioria das termelétricas a carvão remanescentes – que serão substituídas 20 anos antes do final de sua vida útil – estão na China e na Índia. Isso significa que, na prática, todas as termelétricas a carvão construídas entre 2005 e 2020 serão substituídas por fontes renováveis de energia. Para apoiar a instalação de mais capacidade em países em desenvolvimento, novos financiamentos públicos significativos, principalmente dos países desenvolvidos, serão necessários. É fundamental que mecanismos específicos de financiamento sejam desenvolvidos dentro das negociações internacionais de clima, para que possam ajudar a transferir o apoio financeiro necessário para a mitigação das mudanças climáticas, incluindo a transferência de tecnologia. O Greenpeace Internacional desenvolveu uma proposta para o funcionamento de tal mecanismo.

## **Emissões zero de CO<sub>2</sub> até 2080**

Enquanto no Cenário da [R]Evolução Energética de Longo Prazo as emissões globais de CO<sub>2</sub> vão diminuir de 10,589 bilhões de toneladas em 2050 (51% menores do que os níveis de 1991) para 425 milhões de toneladas em 2090, o Cenário [R]evolução Energética Avançado propõe uma redução mais rápida. Até 2050, a versão avançada do cenário reduziria as emissões de CO<sub>2</sub> em 61% em relação aos níveis de 1991, e em 80% até 2075. As emissões per capita anuais cairiam a menos de 1 tonelada per capita em 2050 no Cenário [R]evolução Energética Avançado, enquanto que isso só aconteceria por volta de 2060 no Cenário da [R]evolução Energética de Longo Prazo.

Reduções de CO<sub>2</sub> ainda maiores entre 2040 e 2080 só são possíveis no setor de transportes, já que os demais emissores são carros com motores a combustão. Não é possível substituir os carros movidos a combustíveis fósseis restantes por carros elétricos, já que isso aumentaria novamente a demanda por energia. O aumento da demanda não pode ser atendido por fontes renováveis neste intervalo de tempo, já que isso ultrapassaria as taxas de crescimento e as capacidades das redes (com base nos conhecimentos que

temos atualmente). A única forma de cortar as emissões dos veículos seria reduzir os quilômetros rodados em 40% entre 2040 e 2080.

