

Panorama de recursos energéticos, 1980

FRIEDRICH BENDER

Presidente do Instituto Federal para as Geociências e Recursos Naturais e do Levantamento Geológico da Baixa Saxónia

A Conferência Mundial da Energia tem uma longa tradição no tratamento, à escala mundial, dos problemas respeitantes à política energética, tendo vindo a proceder desde 1962 ao inventário das reservas e recursos energéticos.

A situação do abastecimento e da procura dos recursos energéticos nunca constituiu um assunto tão controverso como presentemente. Nestas circunstâncias, o Instituto Federal de Geociências e de Recursos Naturais sente-se honrado por ter sido incumbido de compilar o Levantamento de Recursos Energéticos, 1980, e de o apresentar aqui como base de discussão.

Na minha qualidade de geólogo, estou habituado a ver e a considerar os problemas respeitantes aos recursos enquadrando-os na história da Terra, o que coloca os nossos problemas numa perspectiva adequada mas muitas vezes alarmante.

Todas as nossas matérias-primas convencionais de energia de origem fóssil, nomeadamente o carvão, petróleo e gás têm, em última análise, origem solar. São energia solar convertida em matéria orgânica por fotosíntese. Foram precisos milhões de anos para que se formassem estas matérias-primas e muitas vezes foram necessárias centenas de milhões de anos para se desenvolverem completamente. O carvão do período Carbónico tem 250 milhões de anos, a maior parte da produção do petróleo provém de rochas Jurássicas, com cerca de 150 milhões de anos e os combustíveis nucleares tiveram origem sobretudo no período Precâmbrico, há mais de 600 milhões de anos.

Graças a algumas invenções, que constituem uma manifestação do génio humano e que são, em si mesmas, o recurso mais valioso da humanidade — a máquina a vapor, o motor eléctrico, o motor de combustão interna, a desintegração nuclear controlada — o homem pode gastar em alguns momentos (da história da terra) o que levou centenas de milhões de anos a formar-se e a desenvolver-se. Durante muito tempo o homem não teve em consideração os problemas ligados à natureza finita das matérias-primas energéticas. O seu baixo custo não encorajava, igualmente, a sua utilização económica e a sua conservação.

A ligação entre o crescimento da população mundial, o aumento do nível de vida, o crescimento económico e um crescente consumo de energia, foi considerada quase como uma lei natural. Os economistas e os políticos apresentavam com orgulho as taxas de crescimento da economia e do consumo energético muitas vezes com algarismos de dois dígitos.

Na realidade, foi um choque constatar que esta visão simplista ia ser posta em dúvida. A subida dramática dos preços do petróleo, desde 1973, deu uma nova perspectiva à vida, exemplificada nos «Limites do Crescimento» (Limits of Growth). De repente, os geólogos que, desde há muito tinham vindo a alertar a humanidade, já não se encontravam sós. Em breve, porém, a nova perspectiva, levada ao extremo, apresentava-se como um síndrome do dia do julgamento final. É extremamente difícil manter uma linha firme e realista dentro de um quadro flutuante e sempre em mutação.

Então, o que é que na verdade se alterou desde a chamada época de ouro dos anos cinquenta e sessenta?

- Os custos das matérias-primas energéticas aumentaram drasticamente (o petróleo aumentou 1500 % a partir de 1960);
- A distribuição regional desigual das matérias-primas energéticas deu origem a tensões e conflitos;
- Os detentores das matérias-primas energéticas reconheceram e utilizaram as suas possibilidades políticas e económicas. Correspondentemente, os utentes da energia viram-se forçados a compreender os seus riscos económicos e políticos.

Estas realidades levaram a uma situação crítica no que concerne à disponibilidade de recursos energéticos, embora tenham aumentado os esforços na exploração, com resultados bastante positivos. Do ponto de vista geológico não vemos, na verdade, qualquer razão para um síndrome do dia de juízo final.

Gostaria de ilustrar esta opinião.

A figura 1 mostra o actual tempo de vida estático das reservas comprovadas de combustíveis primários. Se todas as reservas energéticas fósseis e nucleares durassem 12 horas, utilizaríamos carvões e turfa durante 8 h e 19 min, mas o petróleo apenas durante 50 min. Há trinta anos, as reservas comprovadas e recuperáveis de todos os recursos energéticos cifravam-se em 30 vezes a produção anual de petróleo e 300 vezes a de carvão. Presentemente ainda se verificam, grosso modo, as mes-

mas relações entre o tempo de vida estático e a produção anual, apesar de um aumento de cerca de 270 % no consumo de energia verificado nos últimos trinta anos.

Os vários valores calculados em relação aos últimos 60 anos para as reservas totais de petróleo foram ultrapassados por diversas vezes. Por exemplo: em 1950 as reservas mundiais de petróleo bruto calculavam-se aproximadamente em 10,6 biliões de toneladas. A produção acumulada desde então ultrapassa 4 a 5 vezes aquele valor.

Conforme mostra a figura 2, em 1967 as reservas mundiais comprovadas de petróleo bruto tinham sido totalmente consumidas em 1979. A procura estimulou sempre o abastecimento. Seria, no entanto, extremamente perigoso usar esta experiência como uma base válida para uma previsão do desenvolvimento futuro. Temos de ter em consideração um aumento futuro da população mundial, principalmente nos países em vias de desenvolvimento, como se verifica na figura 3. Isto será acompanhado por um aumento do consumo de energia, contínuo mas lento, e por uma exploração mais intensa no que se refere à geologia do petróleo que reduzirá o tamanho e o número de áreas não conhecidas. Logicamente que teremos de ter igualmente em conta o facto de que os combustíveis fósseis não podem renovar-se.

Nesta Conferência Mundial da Energia coube-nos definir a situação no que respeita à disponibilidade de todas as formas possíveis de energia. Os valores, largamente divergentes, sobre as reservas e recursos, publicados durante os últimos anos, demonstram bem a dificuldade desta tarefa.

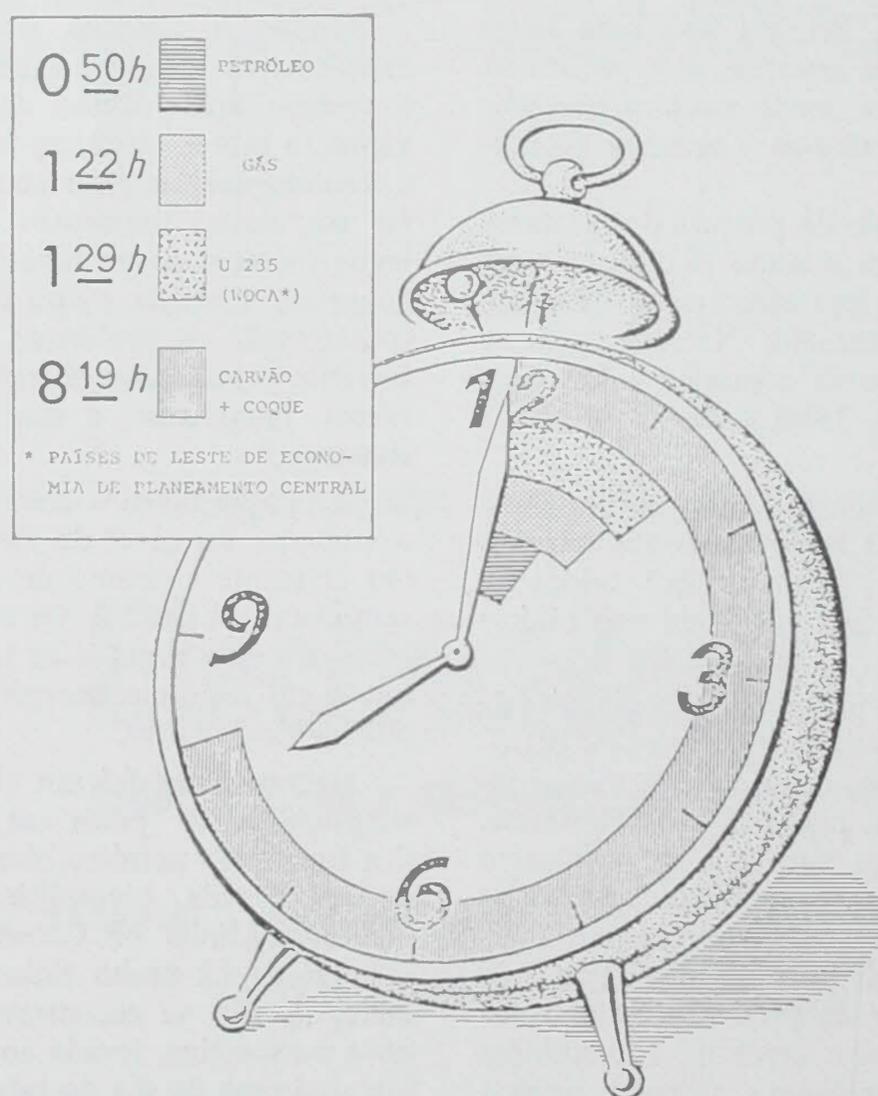


Fig. 1 — «Tempo de vida estática» das reservas energéticas primárias (reservas energéticas totais: \approx 12 horas)

MATÉRIAS-PRIMAS ENERGÉTICAS DE ORIGEM FÓSSIL

O nosso conhecimento acerca da situação das reservas aumentou consideravelmente durante os últimos anos. Isto é especialmente verdadeiro no que se refere ao petróleo e ao gás, porquanto, só no Ocidente, foram abertos 500 000 poços de petróleo com sucesso, sendo, no entanto, muito superior o número de poços não produtivos. Todos eles contribuíram, contudo, para o nosso conhecimento geológico. Das 600 bacias sedimentares existentes no mundo, cerca de 400 foram exploradas mais ou menos exaustivamente. Das restantes 200, aproximadamente 120

são consideradas como potenciais fontes de petróleo, deixando lugar para a esperança e também para o ceticismo.

Mais difícil ainda é a definição dos recursos. A sua avaliação está sujeita não somente a considerações de ordem tecnológica e de preços mas também a uma apreciação geológica. Ninguém conseguiu quantificar com exactidão a situação dos recursos em hidrocarbonetos. Isto é igualmente válido para este estudo, embora se tenham envidado todos os esforços para se obter valores realistas com base nesta informação.

Os autores deste estudo basearam os seus cálculos em questionários que circularam pelos membros da Conferência Mundial da Energia. Os dados recebidos nem

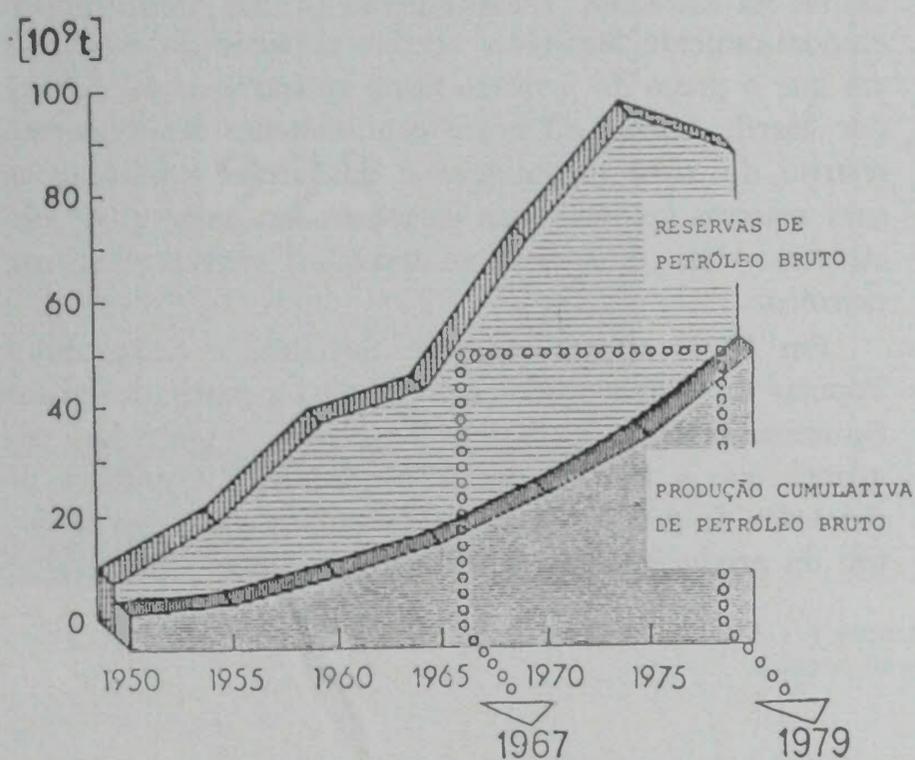


Fig. 2 — Reservas mundiais e produção cumulativa de petróleo bruto (1950-1979) (em 10^9 t)

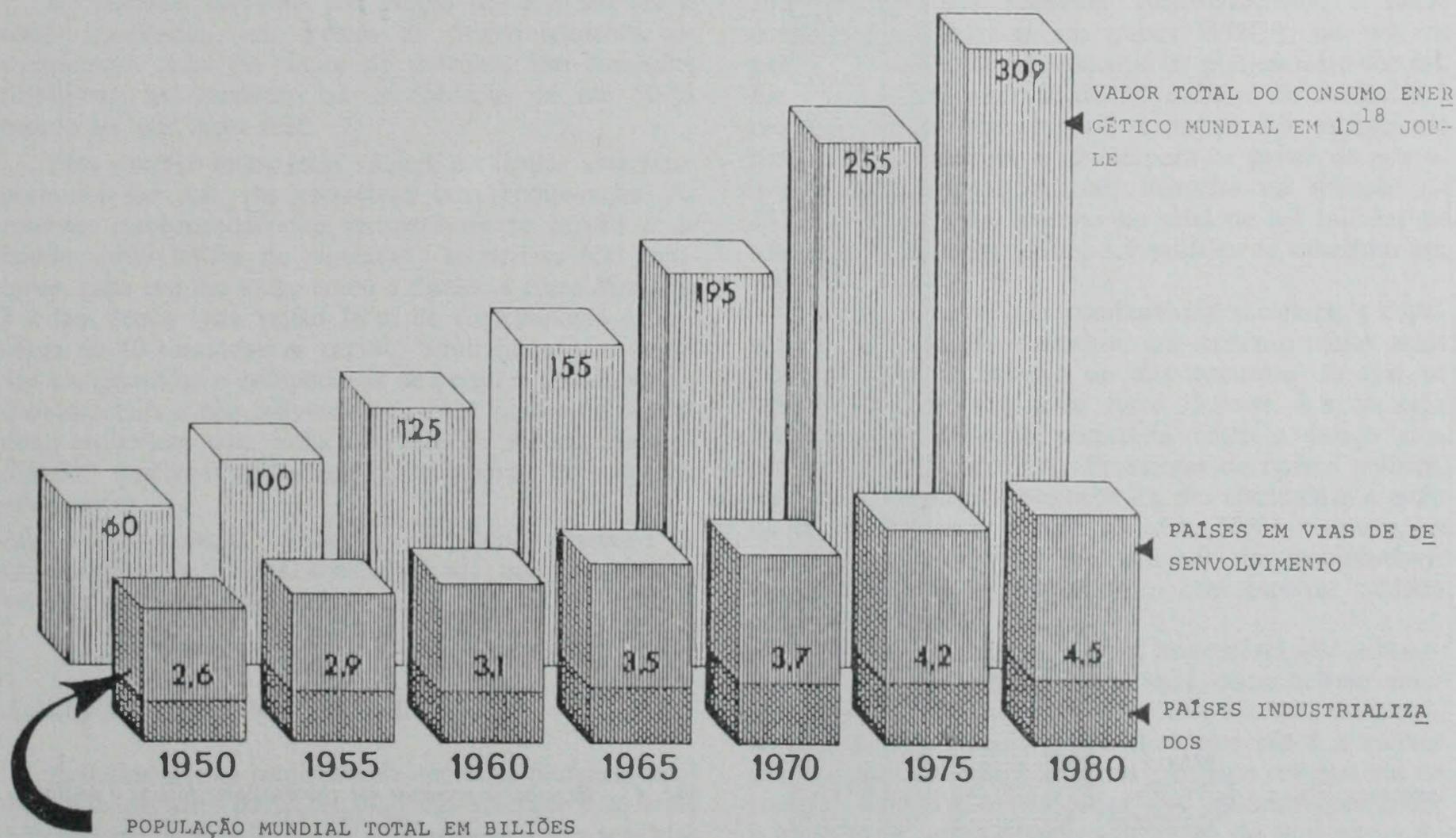


Fig. 3 — Evolução do consumo energético mundial e da produção mundial

sempre foram completos ou consistentes. As lacunas tiveram de ser preenchidas com dados já publicados.

O valor calorífero total das reservas energéticas de origem fóssil e nuclear, comprovadas e passíveis de recuperação, cifra-se em $33,5 \cdot 10^{21}$ Joule. Quanto aos recursos, pode-se considerar que atingem $350 \cdot 10^{21}$ Joule adicionais. As reservas constituem, assim, cerca de 10% dos recursos admitidos. Convertidos em unidades mais conhecidas isto significa:

- *Reservas*: 1100 biliões de toneladas de carvão equivalente ou 715 biliões de toneladas de petróleo equivalente.
- *Recursos*: 12 000 biliões de toneladas de carvão equivalente ou 7800 biliões de toneladas de petróleo equivalente.

Conforme mostra a figura 4, o carvão é, de longe, o combustível fóssil mais importante. Os recursos em carvão representam um vasto potencial. Converter estes recursos em reservas constitui mais um problema económico e técnico do que geológico. Com base na actual produção anual, as reservas de carvão (coque) durariam mais 100 anos, a lenhite mais 130. A distribuição regional do carvão é muito mais equilibrada que a do petróleo. Está localizada mais perto dos centros de consumo. Uma outra característica do carvão é que esteve na base da industrialização e, por conseguinte, a maior parte das estruturas adaptam-se bastante bem às peculiaridades desta matéria-prima.

As reservas de *hidrocarbonetos* correspondem apenas a metade do valor calorífero das reservas de carvão. Os recursos em hidrocarbonetos atingem apenas 15% dos recursos de carvão. Isto é o mais dramático, porquanto o valor dos recursos representa essencialmente o petróleo contido no xisto betuminoso e nas areias asfálticas. O valor dos recursos para o petróleo convencional é, na realidade, muito baixo, como se demonstra na figura 4. Com base no consumo actual, as reservas de petróleo dos depósitos convencionais durariam mais 28 anos e as reservas de gás mais 46 anos.

O nosso conhecimento acerca do petróleo no xisto betuminoso e nas areias asfálticas é mais restrito do que em relação ao petróleo convencional e ao gás. Este facto deve-se a uma exploração menos intensa e às tecnologias usadas na extracção. Estas matérias-primas mostraram-se economicamente atractivas apenas a partir do momento em que o preço do petróleo bruto alcançou os 40 dólares por barril. Apesar do nosso conhecimento relativamente restrito do xisto betuminoso e das areias asfálticas, as suas reservas comprovadas alcançam um valor quase tão elevado como o valor dos depósitos convencionais de petróleo.

Em 1979, apenas a União Soviética e a República Popular da China produziam petróleo a partir dos xistos betuminosos, num total de 45 milhões de toneladas, enquanto que o Canadá em 1978 produzia 4 milhões de toneladas de petróleo a partir das areias asfálticas. O dobro da produção estava prevista para 1979 (fig. 5).

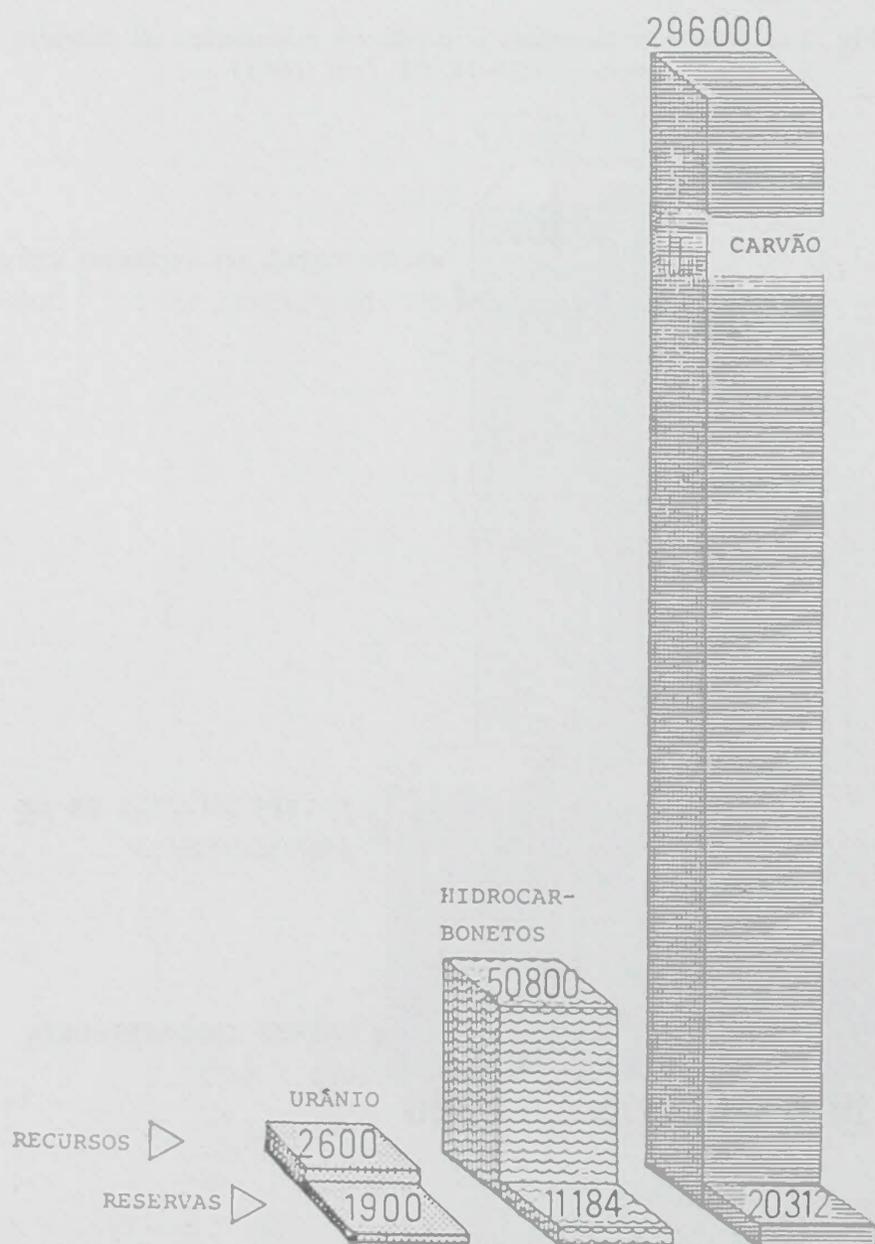


Fig. 4 — Reservas e recursos em combustíveis fósseis e nucleares (em 10^{18} t)

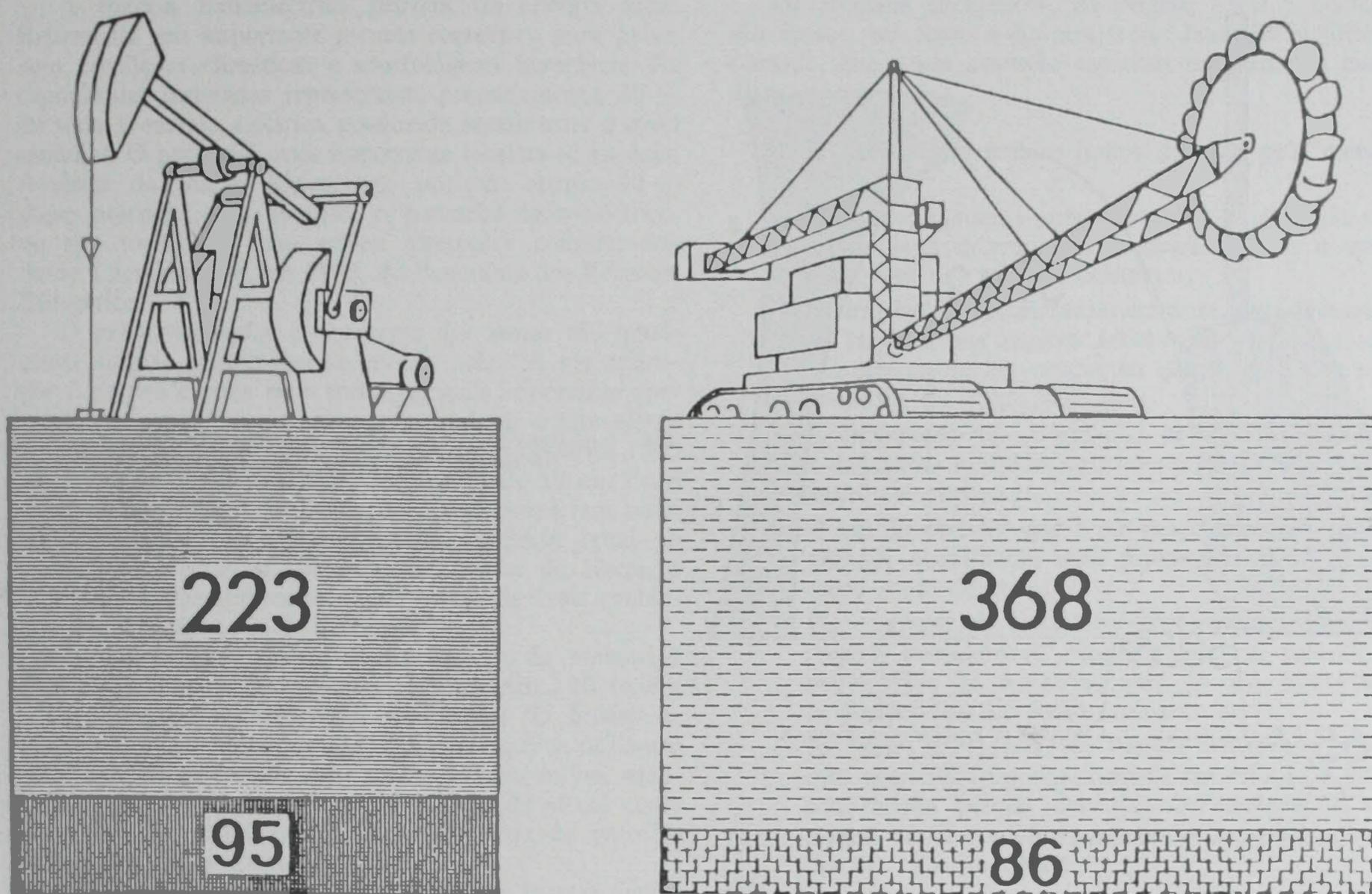


Fig. 5 — Reservas e recursos em petróleo (em 10^9 t). À esquerda: petróleo cru/líquidos de gás natural; à direita: xistos betuminosos/arcias asfálticas

O crescente aumento dos preços do petróleo fez-se sentir igualmente, em termos de desenvolvimento, na recuperação cada vez maior do petróleo. Em condições favoráveis, um aumento na recuperação de até 50 % parece ser um facto real.

Para ilustrar todos estes valores e cálculos abstractos permitam-me que vos estabeleça uma comparação. As reservas comprovadamente recuperáveis de carvão e de lenhite (900 biliões de toneladas) encheriam 650 comboios, cada um tão longo como a distância entre Munique e a lua, tendo cada vagão 10 m de comprimento e uma carga de 40 toneladas de carvão. Similarmente, as reservas comprovadas e recuperáveis de petróleo dos depósitos convencionais e não convencionais (181 biliões de toneladas) encheriam uma linha contínua de supertanques de 500 000 toneladas cada, que daria quatro vezes a volta ao equador.

biliões de toneladas) encheriam uma linha contínua de supertanques de 500 000 toneladas cada, que daria quatro vezes a volta ao equador.

COMBUSTÍVEIS NUCLEARES

Actualmente, os combustíveis nucleares perfazem apenas uma pequena parte do total das reservas e recursos energéticos. Deve salientar-se que os valores apresentados na figura 6 se baseiam apenas no conteúdo de urânio

235 existente nos minérios. Adicionalmente, o nosso conhecimento limita-se aos países WOCA, ou seja os países fora das áreas de economia de planeamento central. Estes países têm reservas de 2,5 milhões de toneladas e recursos suplementares iguais a outros 2,5 milhões de toneladas. As estimativas feitas para os países de economia de planeamento central, baseadas na situação de 1970, apontam para reservas no total de 0,3 milhões de toneladas e, adicionalmente, 1,5 milhões de toneladas em recursos.

No que concerne aos combustíveis nucleares, a capacidade de produção constitui um critério muito mais exacto quanto à situação de abastecimento do que os valores das reservas. Este facto deve-se à tecnologia complexa e intrincada necessária entre o jazigo e a produção de electricidade. Problemas de ordem política, tecnológica, ecológica e económica são abundantes e estão na base de atrasos e ambiguidades. Neste contexto, os valores das reservas e dos recursos dos combustíveis nucleares devem ser considerados com especial cuidado e espírito crítico.

Quanto a nós, julgamos muito improvável que as reservas de urânio durem apenas 50 anos, como deixam antever algumas previsões. Por outro lado, a actual tecnologia na aplicação dos combustíveis nucleares não é a melhor solução para preencher a lacuna existente em matéria de energia. Tecnologias avançadas, que utilizam igualmente o tório e exploram as potencialidades do plutónio e do urânio-233 a partir dos reactores «breeder», poderiam

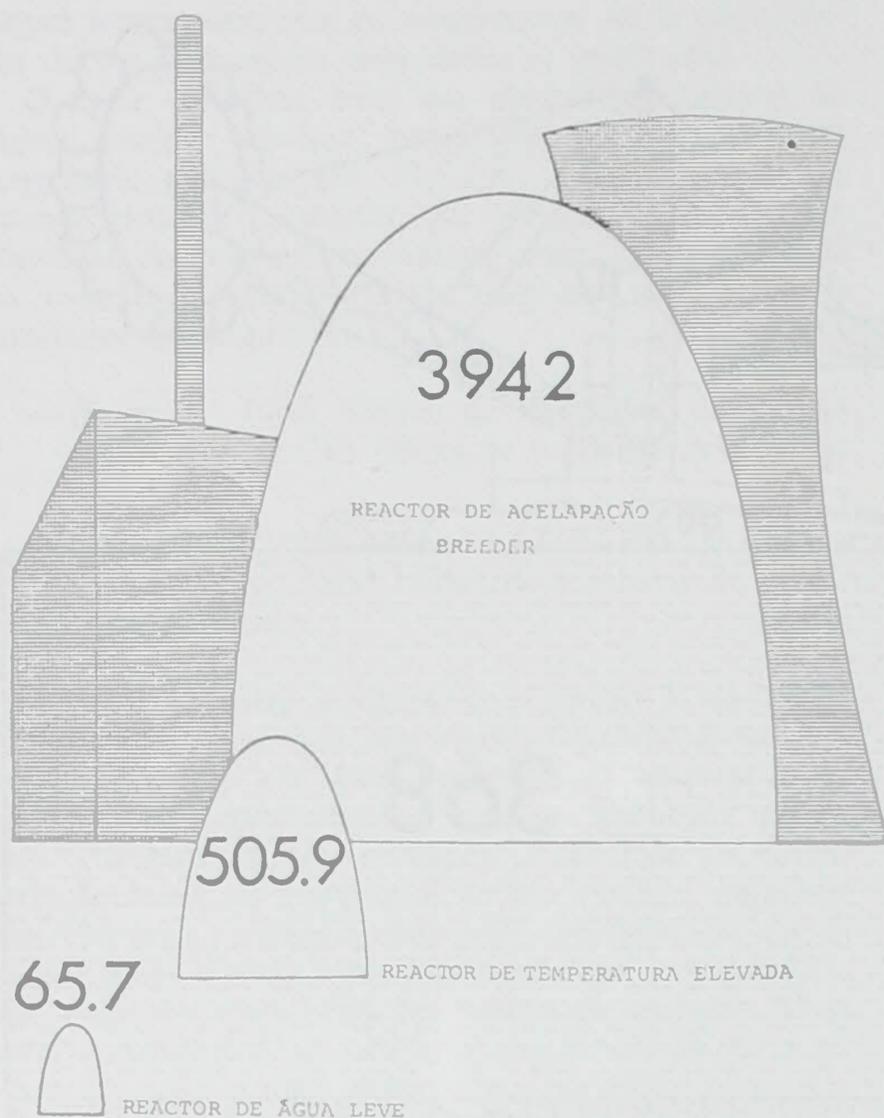


Fig. 6 — Reservas de U 235 e energia delas resultantes em 10⁹ tec para diferentes tipos de reactores

ser desenvolvidas no sentido de uma optimização do uso das matérias-primas disponíveis. É, no entanto, demasiado cedo para incluir a fusão no actual panorama energético.

FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

A natureza finita dos combustíveis fósseis e nucleares e os aumentos dos preços levam à procura de fontes alternativas de energia. Existe um vasto potencial energético nos raios solares, no vento, nas ondas e na energia desenvolvida pelas marés, nas plantas e mesmo no interior da terra. Os problemas inerentes a estas formas de energia não se põem em termos da sua disponibilidade mas da sua utilização do ponto de vista tecnológico e económico.

Permitam-me que comece com a forma geológica de energia alternativa: *geotermia*. No que respeita à sua procura previsível, o potencial da energia geotérmica é inexaurível. O uso da energia geotérmica tem-se restringido a zonas da crosta terrestre caracterizadas por elevados índices de fluxo de calor. São regiões com grande actividade vulcânica e tectónica, em que se podem utilizar depósitos de água quente e de vapor. Actualmente existem cerca de 200 centrais eléctricas, alimentadas a energia geotérmica, que produzem 700 megawatts de electricidade.

Além de produzir electricidade, a energia geotérmica é utilizada no aquecimento. A cidade de Reiquiavique e os seus arredores possuem o maior sistema de todo o mundo de aquecimento a longa distância, alimentado pela energia geotérmica, como pode ser corroborado pelo

Director do Departamento de Energia da Islândia, que também faz parte desta Conferência.

Para além de utilizar água quente e depósitos de vapor, o método «hot-dry-rock» encontra-se em fase de desenvolvimento. Baseia-se em dois poços fundos perfurados na rocha aquecida, cristalina e seca. A rocha é então fracturada hidraulicamente e a água é injectada num dos poços, onde sofre um aquecimento de pelo menos 200° C. Em seguida é recuperada através do segundo poço, sob a forma de vapor e usada em geradores de impulsão. Testes realizados em Los Alamos, nos Estados Unidos da América e nos Granitos Falkenberg, na Baviera, revelaram resultados encorajadores.

Quando pensamos em termos de fontes alternativas de energia, devemos ter igualmente em conta a *energia solar*, pois apresenta vantagens importantes. É inesgotável, limpa, e não dá origem a materiais perigosos para o meio ambiente. Numerosos métodos de conversão da energia solar em calor ou electricidade são actualmente objecto de discussão e de testes, constituindo a conversão eficaz e o aspecto económico os maiores obstáculos. Uma vez resolvido o problema do armazenamento de energia, será possível utilizar a energia solar para o aquecimento, ao longo do ano, nas regiões temperadas.

Apesar do seu enorme potencial, a energia solar, hoje em dia, apenas pode ser utilizada dentro de certos limites e em condições pouco económicas, pelo menos nas nossas latitudes.

De acordo com as estimativas dos especialistas na matéria, no ano 2000 o contributo da energia solar para o abastecimento energético mundial não deverá ultrapassar os 5 %.

A energia hidroeléctrica provém da energia solar. Representa um importante recurso energético para países com condições climáticas e morfológicas favoráveis. As capacidades instaladas representam, presentemente, 20 % de toda a energia eléctrica produzida anualmente a nível mundial. O potencial mais importante localiza-se na Ásia, América do Sul e África, que utilizam apenas 10 % desse potencial. No entanto, o potencial hidroeléctrico, na sua totalidade, não sofreu alterações consideráveis desde a actualização, em 1978, do Panorama dos Recursos Energéticos.

O vento, as ondas e a energia das marés são igualmente formas convertidas de energia solar. A sua aplicação é restrita e pode vir a tornar-se mais importante apenas localmente. Por exemplo, para produzir o equivalente a 1300 megawatts de força motriz seriam necessários 1300 rotores de vento em mastros com 100 m de altura. Estes mastros, colocados a intervalos de 200 m ocupariam cerca de 260 km da orla costeira, numa distância igual ao comprimento total da costa alemã do Mar do Norte, o que daria inevitavelmente origem a consideráveis problemas em relação ao meio ambiente.

O que poderá, então, dizer-se acerca da biomassa? Dos 15 biliões de hectares do solo terrestre, 10 biliões estão cobertos por vegetação que produz 75 biliões de toneladas de biomassa por ano. E mesmo que se utilizasse toda a produção mundial de milho painço, milho, mandioca e cana de açúcar para a produção de álcool como substituto da gasolina, os consumos anuais do petróleo seriam reduzidos apenas de 6 a 7 %.

As estimativas americanas prevêem que, mesmo depois de se encontrar uma solução para todos os problemas técnicos e agrícolas ligados com o uso da biomassa, o seu contributo para o abastecimento mundial de energia primária jamais ultrapassará os 5 %.

Não obstante, as energias de alternativa podem tornar-se muito importantes para os países situados em latitudes baixas, favoráveis para um abastecimento contínuo de energia solar e para a produção de biomassa. que, além do mais, têm de garantir apenas um consumo energético «per capita» relativamente baixo. Para eles, na realidade, as fontes alternativas de energia podem vir a revestir-se de grande interesse.

Os recursos energéticos, de origem fóssil e nuclear são finitos, tal como a própria terra. Isto não significa, contudo, que a sua exaustão constitua uma ameaça imediata.

- O carvão e a lenhite juntos durarão pelo menos 300 anos;
- Novas tecnologias — por exemplo a gaseificação do carvão — prometem uma utilização melhor e mais proveitosa dos recursos existentes;
- Muitas bacias sedimentares da terra, especialmente ao largo e nas regiões árticas, não foram ainda completamente exploradas no que se refere ao seu potencial em hidrocarbonetos;
- A exploração das ocorrências de xisto betuminoso e das areias alfticas encontra-se ainda numa fase muito incompleta;
- O gás do petróleo que é queimado actualmente em grandes quantidades será progressivamente usado como fonte de energia;
- Os combustíveis nucleares representam ainda um recurso considerável, especialmente em relação a novos tipos de reactores, para já não mencionar as perspectivas de fusão nuclear;
- As fontes alternativas de energia renováveis oferecem possibilidades significativas em relação a uma substituição parcial dos recursos energéticos, de origem fóssil e nuclear, especialmente para os países do Terceiro Mundo.

Temos de aceitar, no entanto, as restrições quanto à disponibilidade de recursos energéticos limitando, por conseguinte, a sua procura. Usando a nossa energia intelectual, temos de encontrar caminhos para uma melhor utilização, mais económica e mais modesta, dos recursos energéticos que não podem renovar-se e temos de conseguir, igualmente, um processo mais rápido na utilização de recursos energéticos passíveis de serem recuperados. Só então poderemos aceitar o desafio no sentido de garantir um abastecimento energético contínuo face a dificuldades de vária ordem, quer naturais, quer causadas pelo próprio homem.