

COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS: *O PROBLEMA DO PEAK OIL*

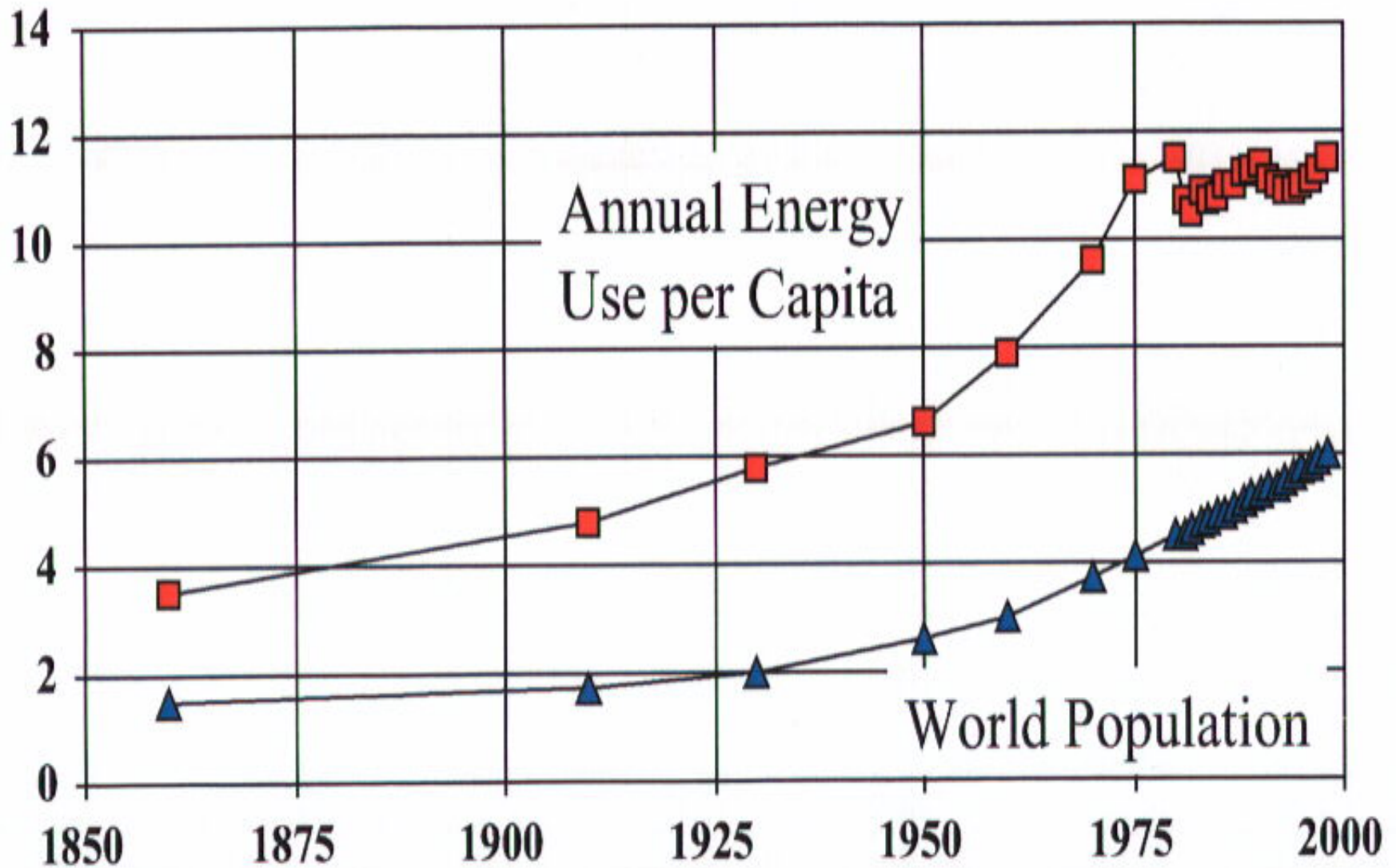


Rui Namorado Rosa
Centro de Geofísica de Évora
Universidade de Évora
Instituto Superior Técnico
Association for the Study of Peak Oil

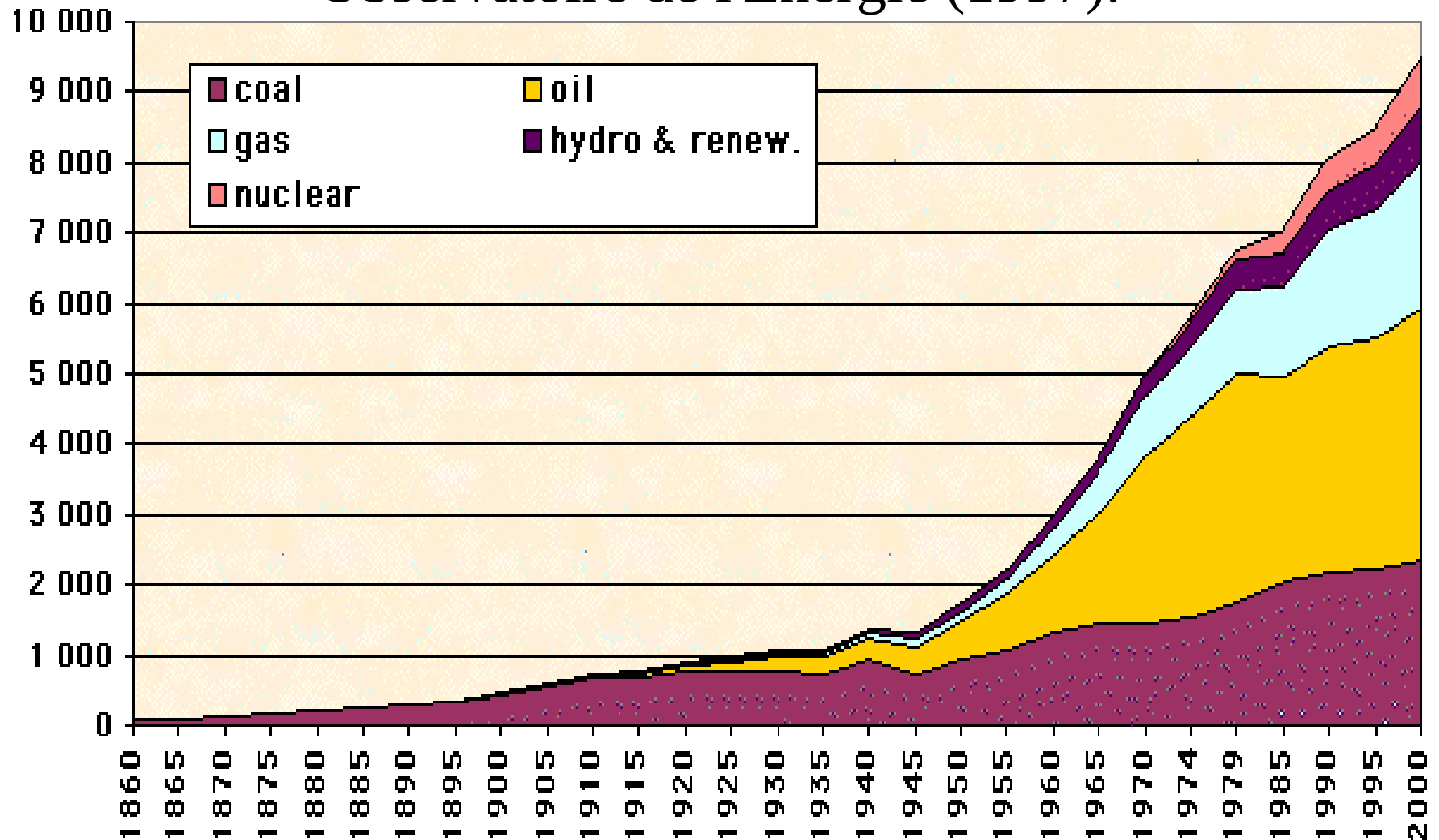


A CRESCENTE UTILIZAÇÃO de ENERGIA

- **O crescimento demográfico**
- **A inovação científico-técnica**
- **A substituição e diversificação de “fontes primárias” de energia**
- **A diversificação de vectores energéticos ou (“energia secundária”)**
- **A multiplicação das utilizações de “energia final”**
- **A onnipresença de “máquinas” e a integração económica mundial conducentes à intensificação da utilização de energia**
- **O “Crescimento Económico” será sustentável?**



Evolução do Consumo Mundial de Energia (exclui biomassa). Fonte: Schilling & Al. (1977), IEA (2002), Observatoire de l'Energie (1997).



Consumo de Combustíveis Fósseis:

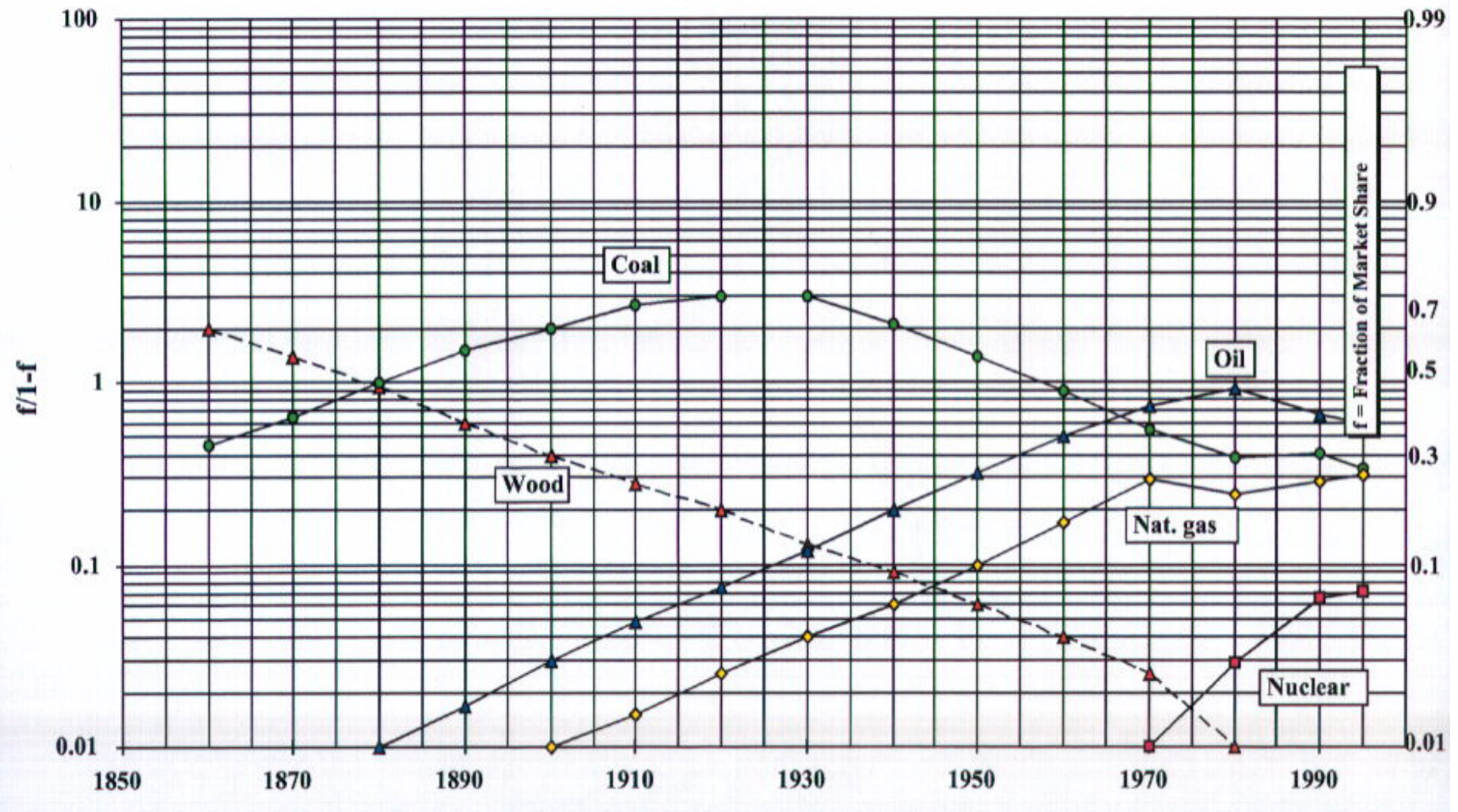
Crescimento Assimétrico

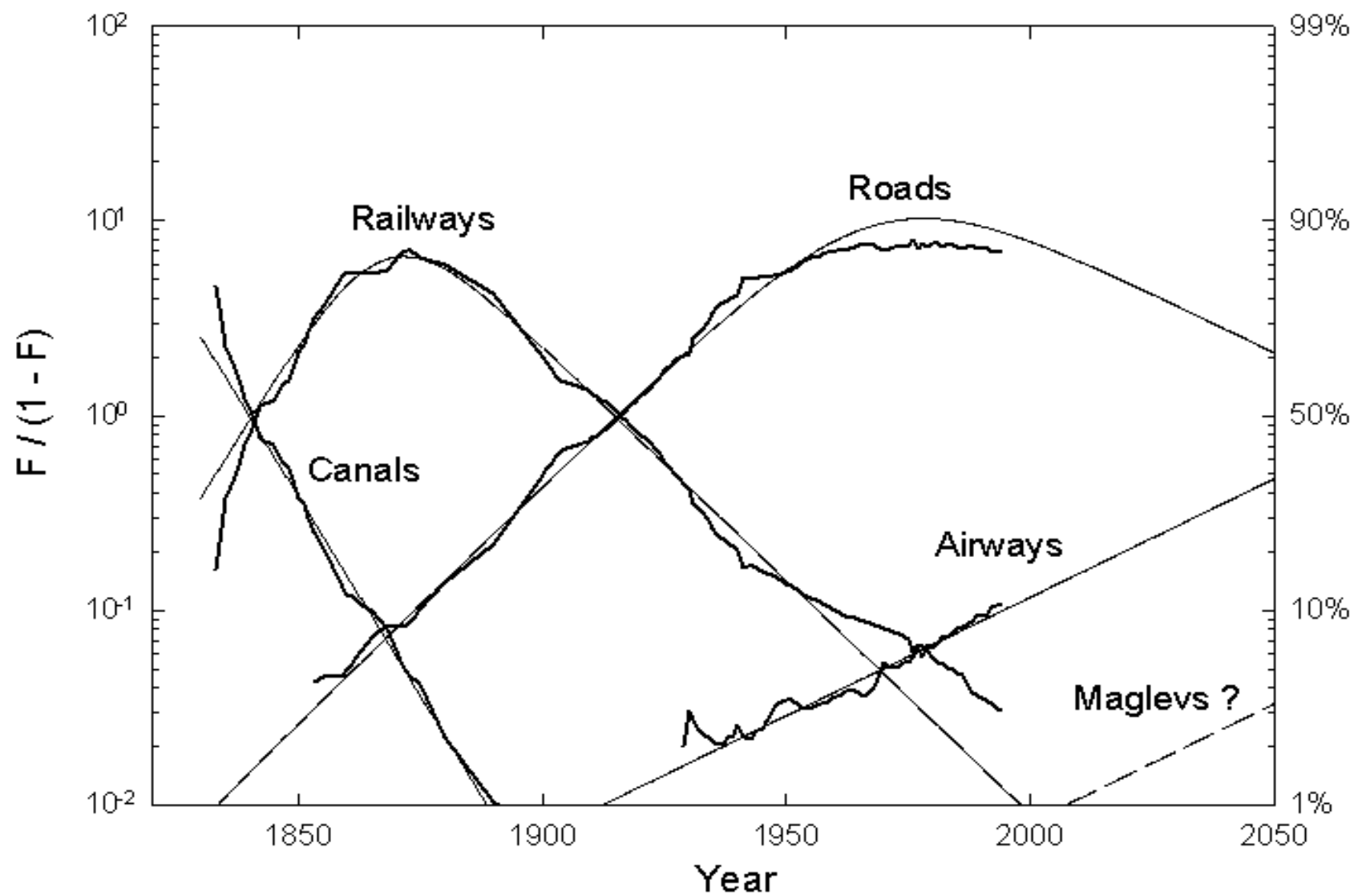
Fonte: 'Deutsche Institute für Wirtschaftsforschung' , Berlin 2005

Country/Region	CO ₂ emissions in 2004 [megatonnes]	Increase over 1990 [%]
USA	5,773	19
EU (15)	3,309	6
China	4,462	96
India	1,128	91
World	27,500	26

Substituição de Fontes de Energia Primária

Nakicenovic, IIASA 2001





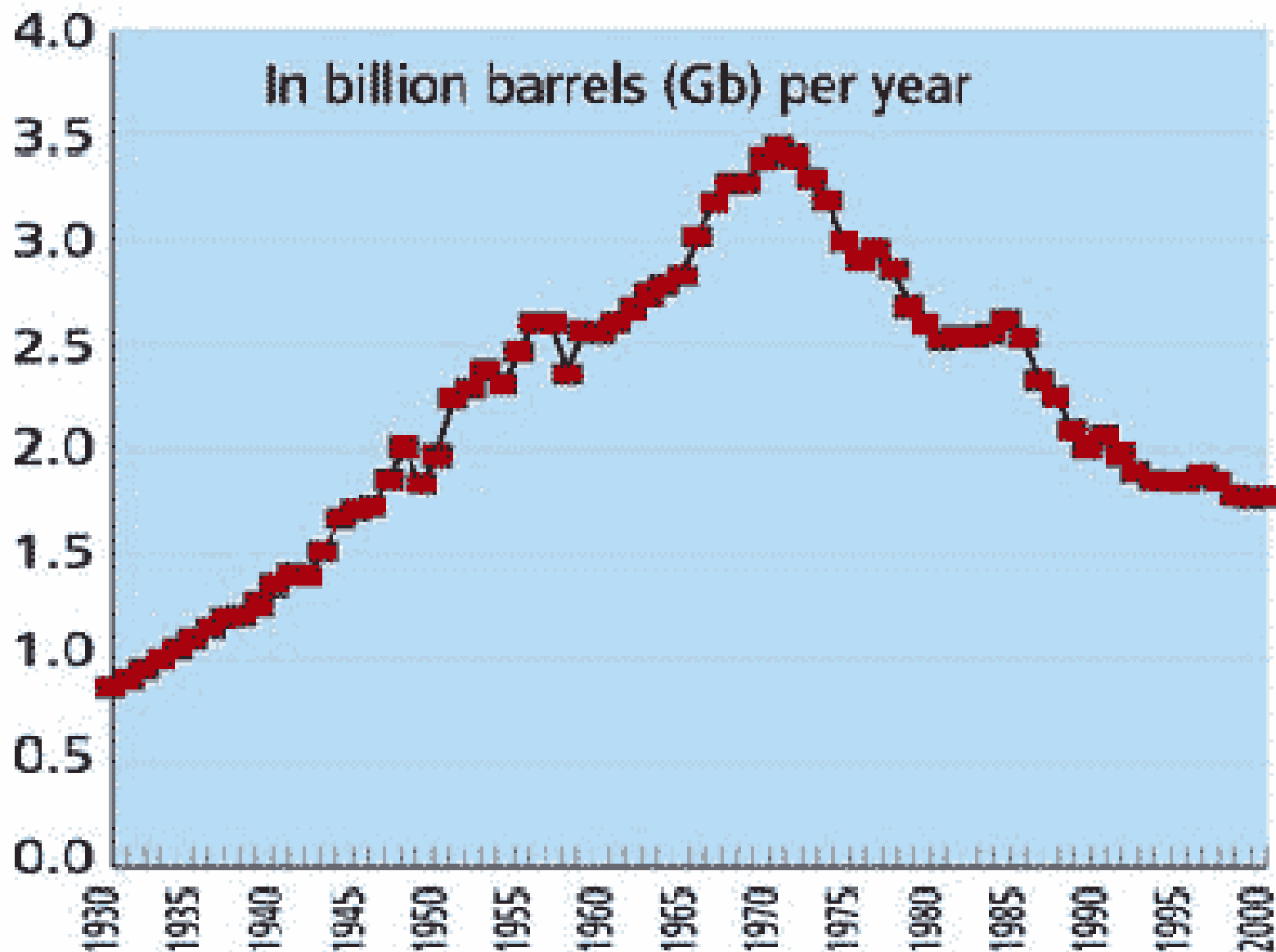


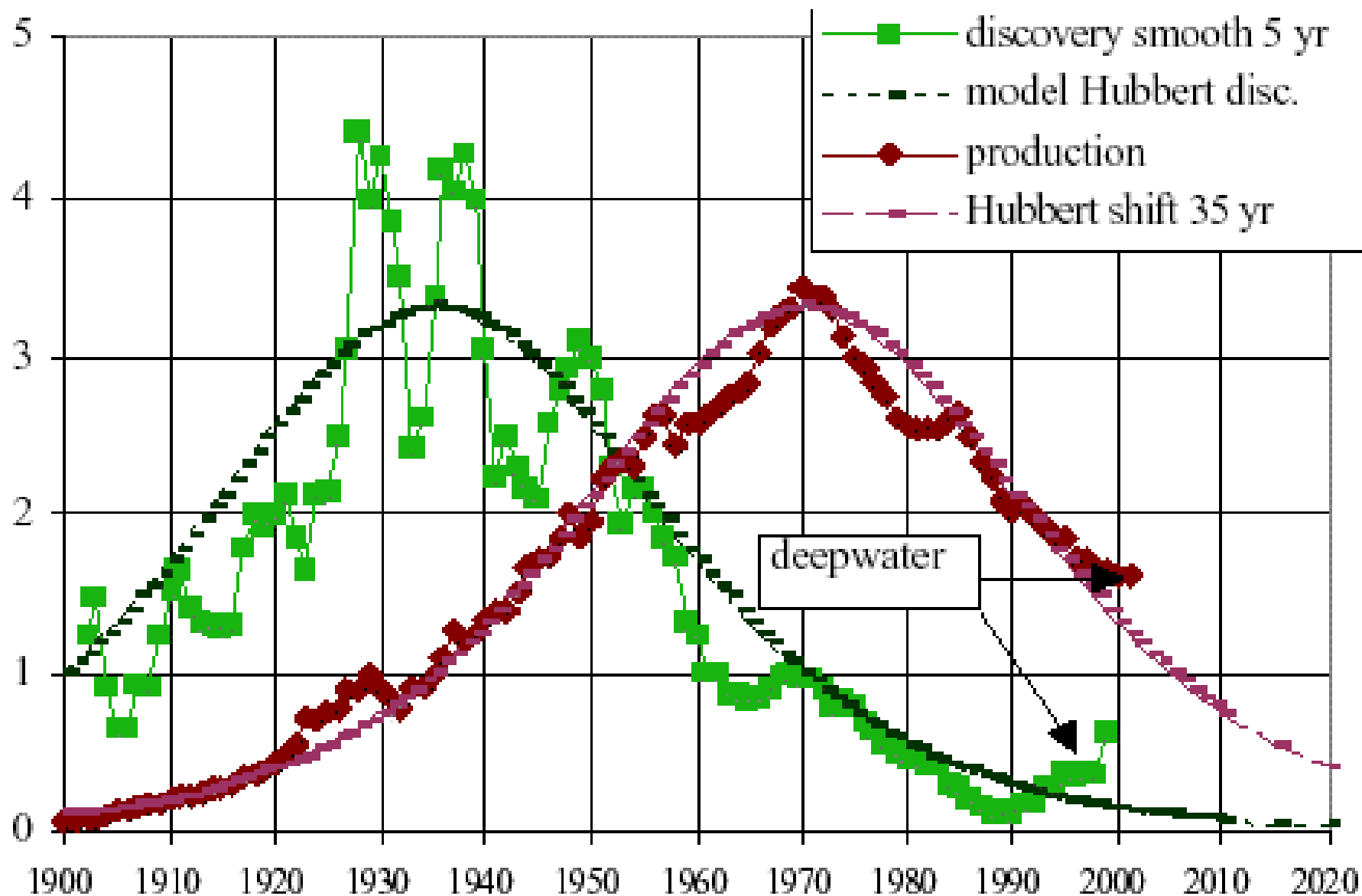


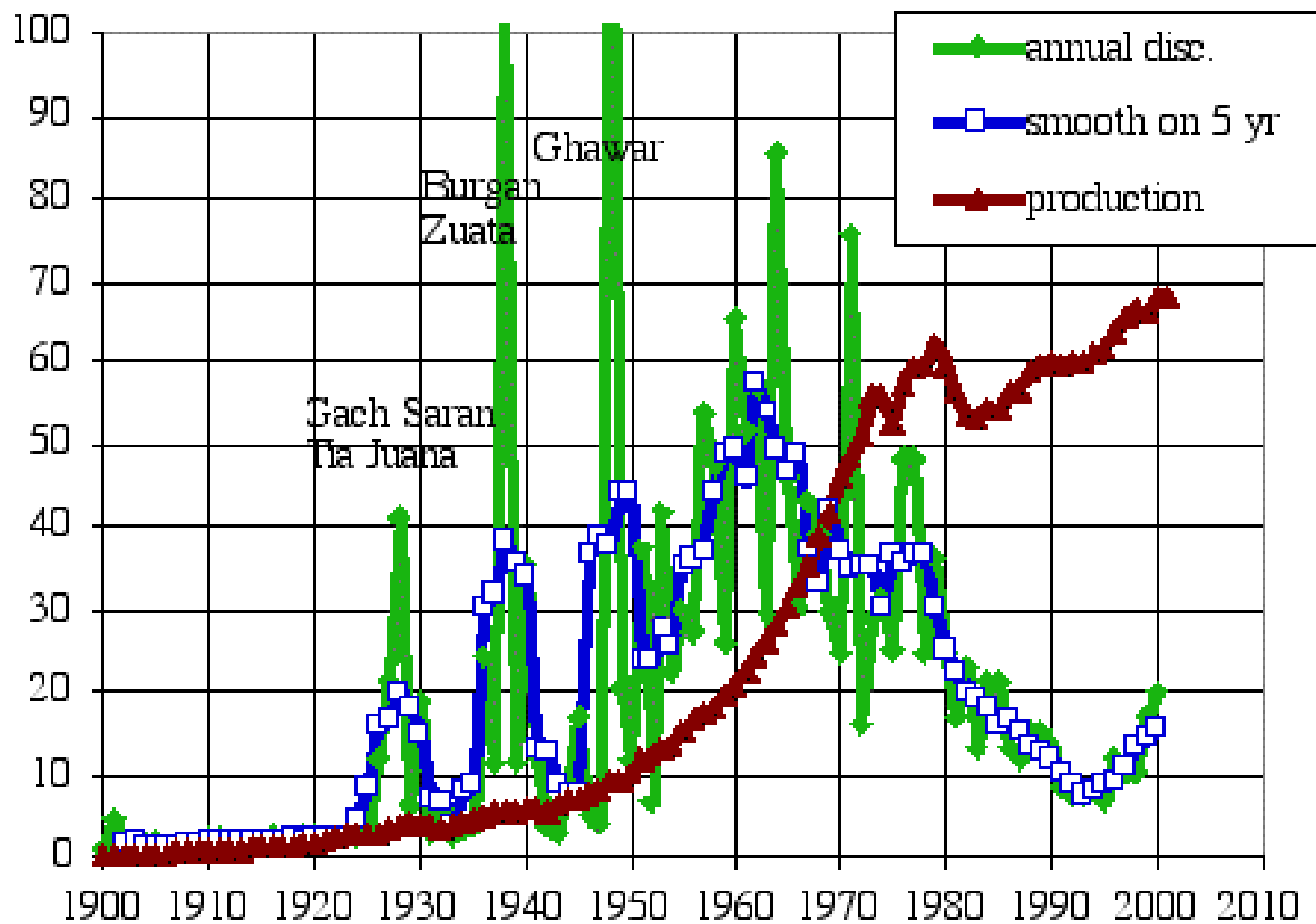
GE e ASPO

RESERVAS e CAPACIDADE de PRODUÇÃO de HIDROCARBONETOS

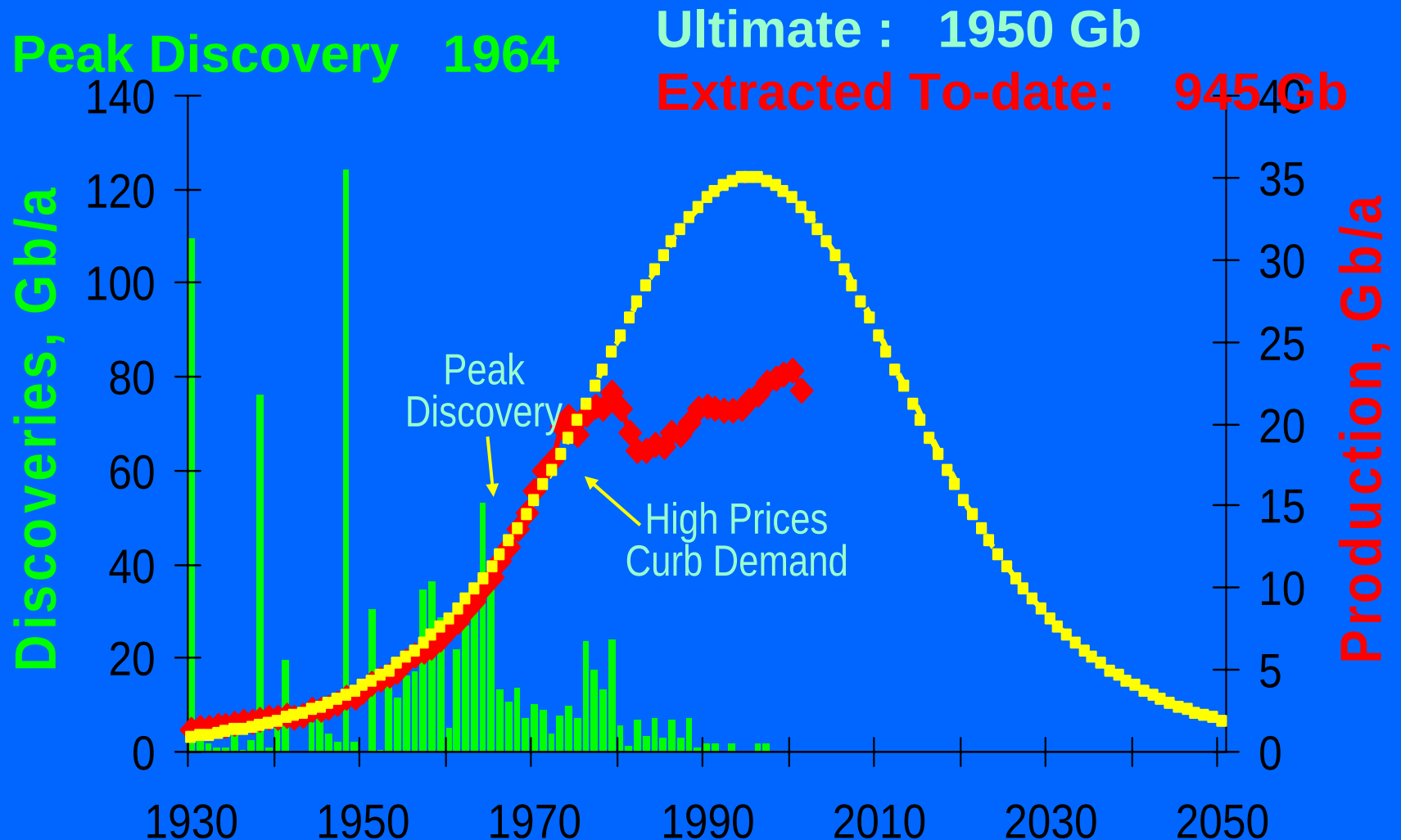
- **Distinguir entre hidrocarbonetos convencionais e não convencionais**
- **Distinguir entre recursos e reservas**
- **Observar as taxas históricas de descoberta e de extracção de hidrocarbonetos**
- **A produção de petróleo atingiu o máximo, em 1970 nos EUA, em 1987 na URSS, e em 2000 no Mar do Norte, etc.**
- **A curva de M.K. Hubbert e as suas previsões relativas aos EUA e ao Mundo**







Mundo – petróleo convencional

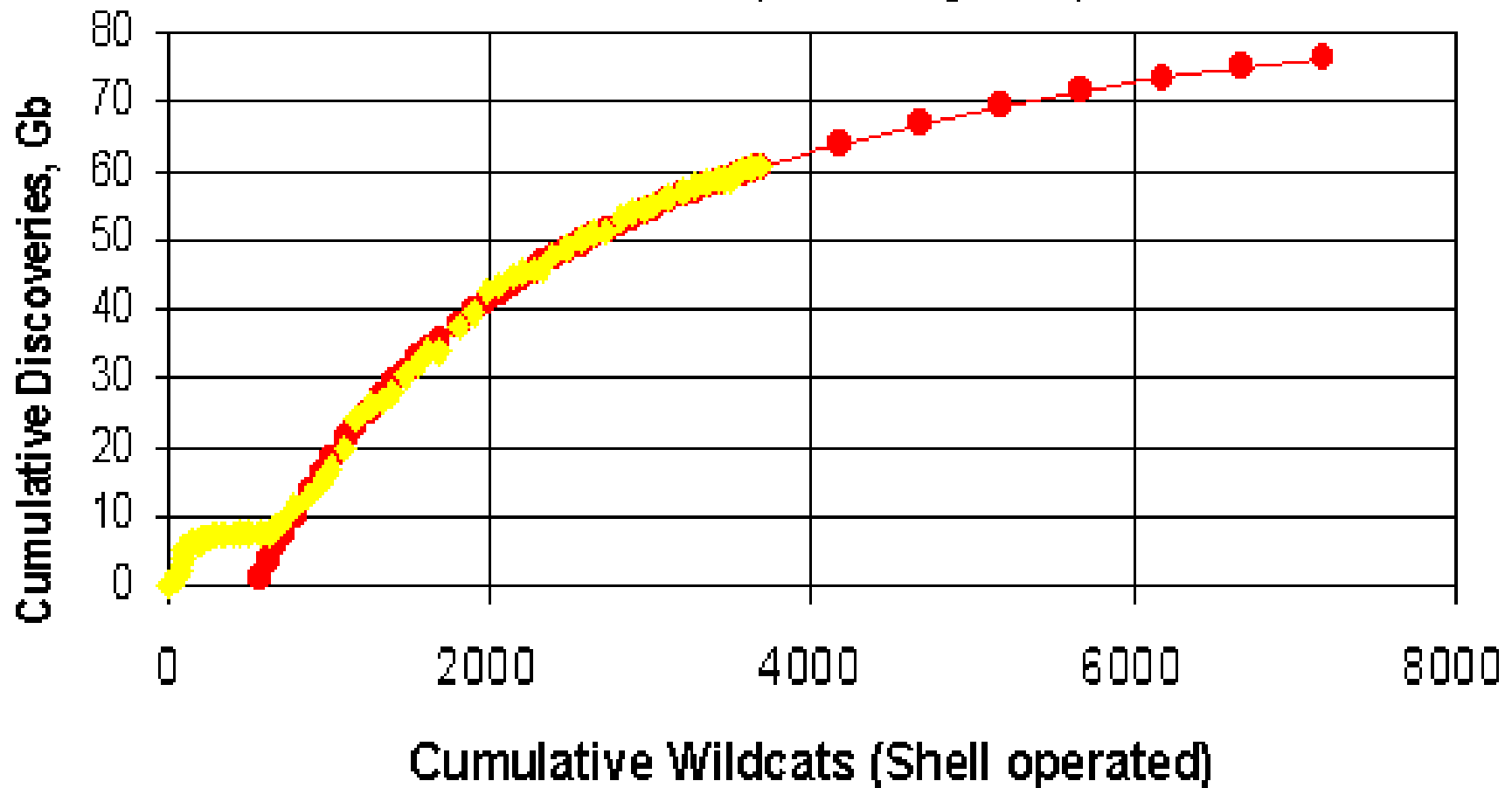


AS RESERVAS SÃO PREVISÍVEIS E ESCASSAS

- A distribuição das jazidas por dimensão de reservas é previsível
- Reservatórios gigantes são encontrados primeiro, detêm o grosso das reservas provadas, são muito produtivos e são muito raros
- A probabilidade de encontrar reservas adicionais é previsível
- A nível mundial, a taxa de extracção excede sistematicamente a taxa de descoberta desde 1980
- A previsão das Reservas Últimas Recuperáveis “URR” é consistente

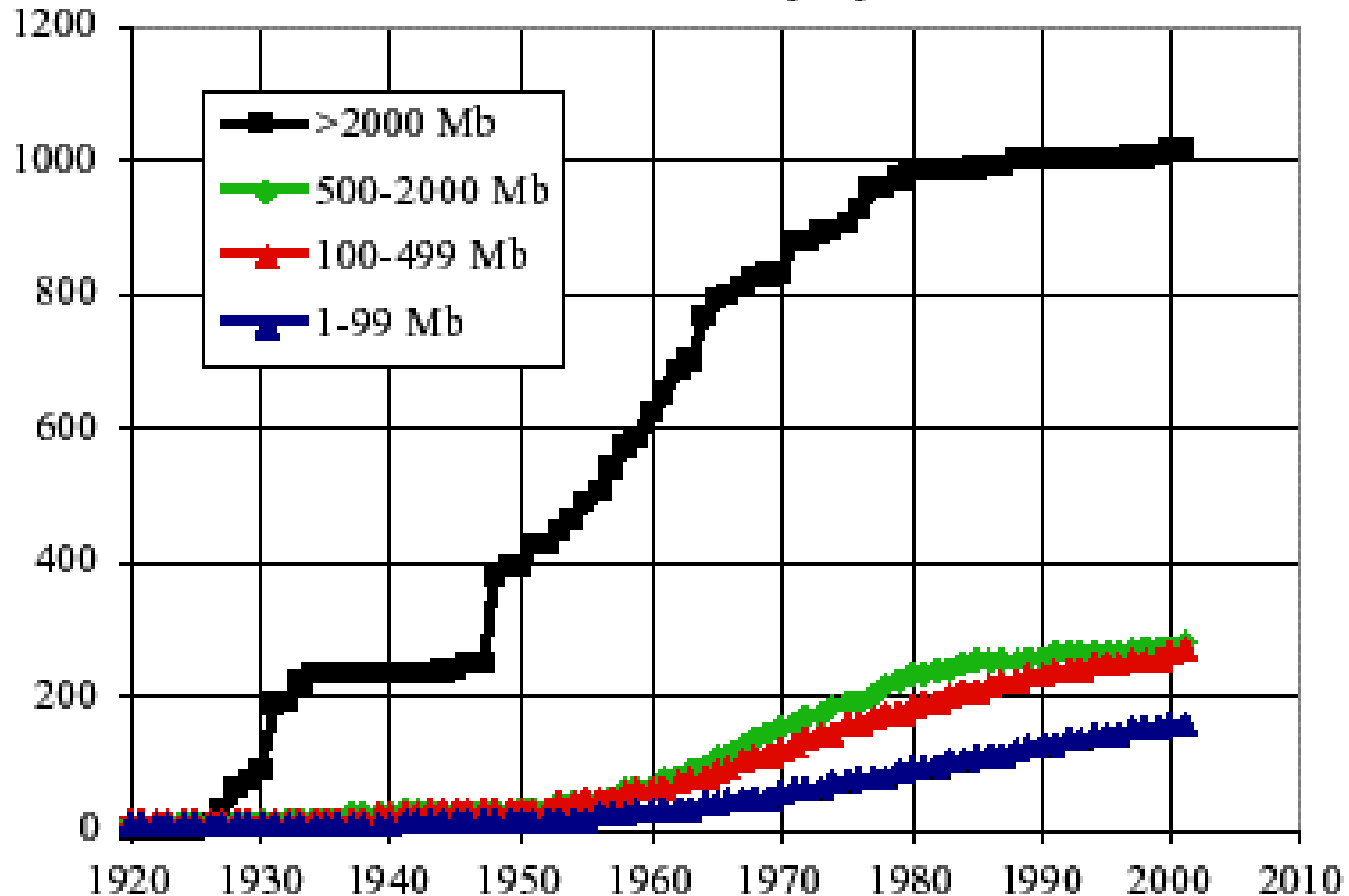
Descobertas em Função do Esforço de Prospecção. *Shell's Experience* ("creaming curve")

Since 1885 (excluding USA)



Descobertas acumuladas, todo o mundo excepto EUA e Canada, por classe de dimensão.

Fonte: Jean Laherrère, 2003

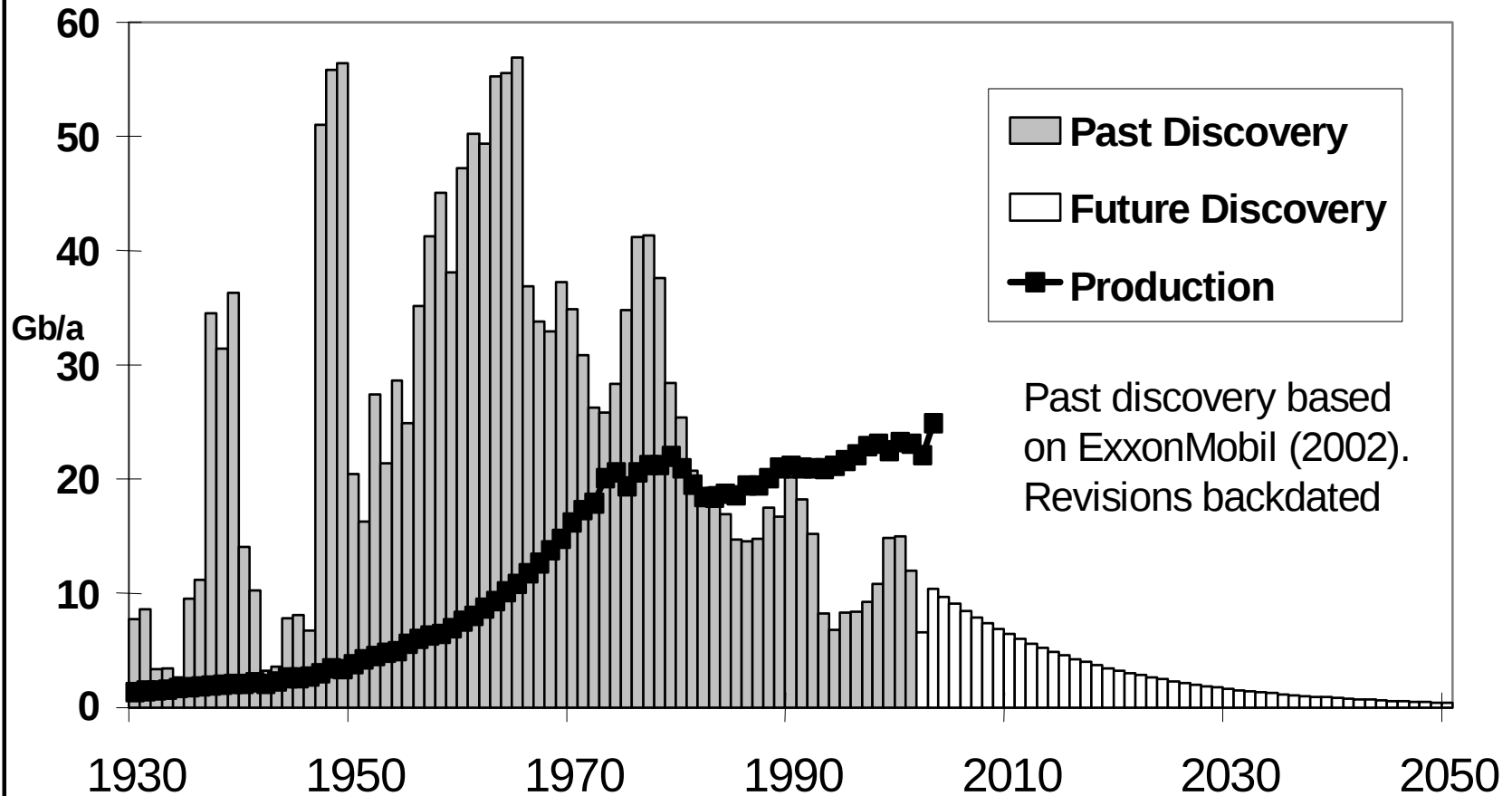


Jazidas gigantes e super-gigantes

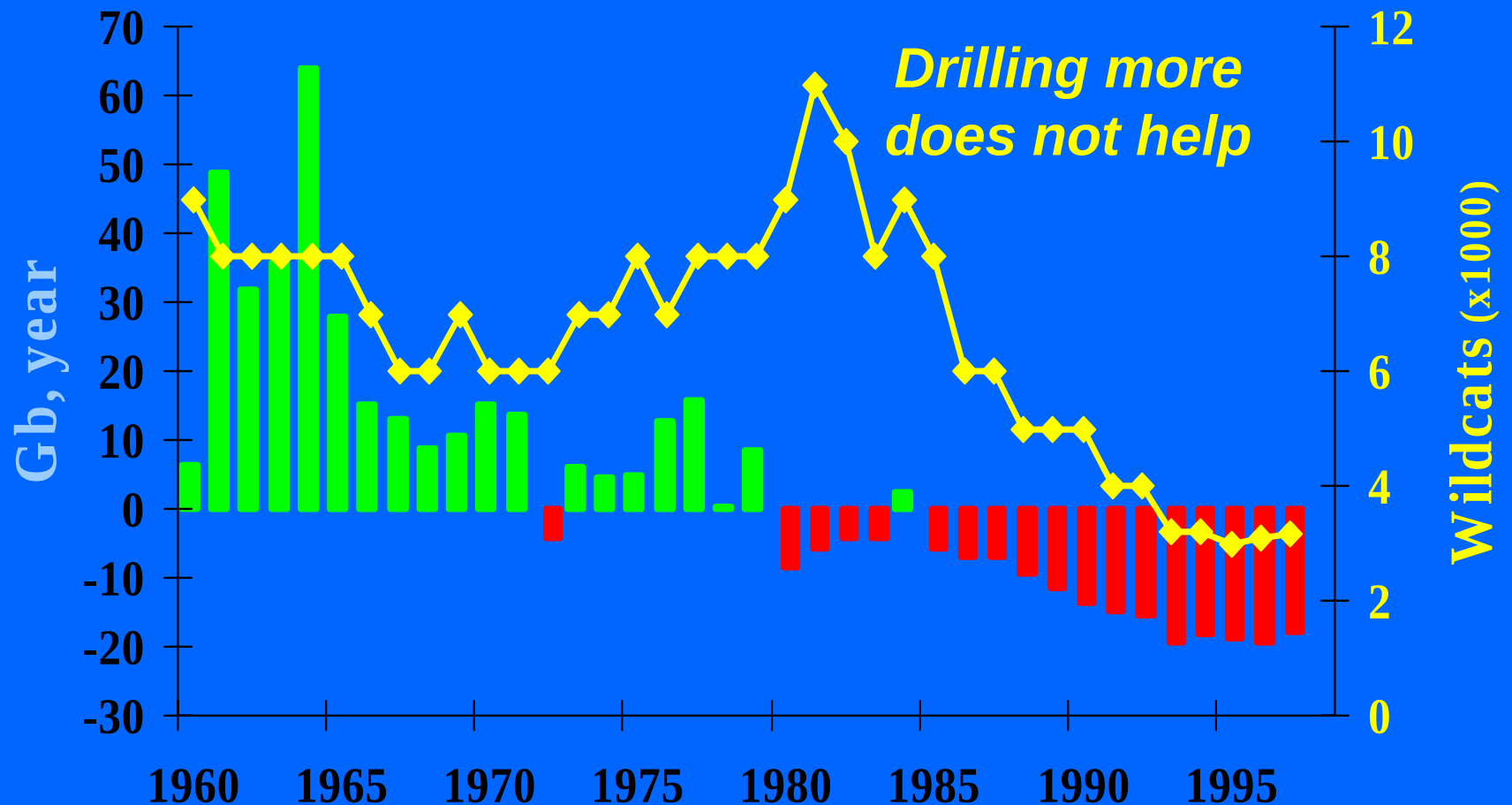
Fonte: Matthew Simmons International Bankers, 2003

Giant Fields Production Barrels per Day	No. of Fields	Total Production 000 B/D	ERA DISCOVERED					
			Pre-					
			1950's	1950s	1960s	1970s	1980s	1990s
1,000,000 +	4	8,000	2	1		1		
500,000 - 999,000	10	5,900	2	3	3	1	1	
300,000 - 499,000	12	4,100	3	1	6	1	1	
200,000 - 299,000	29	6,450	8	4	6	9	1	1
100,000 - 199,000	61	7,900	5	8	13	13	11	11
TOTAL	116	32,350	20	17	28	25	14	12

THE GROWING GAP

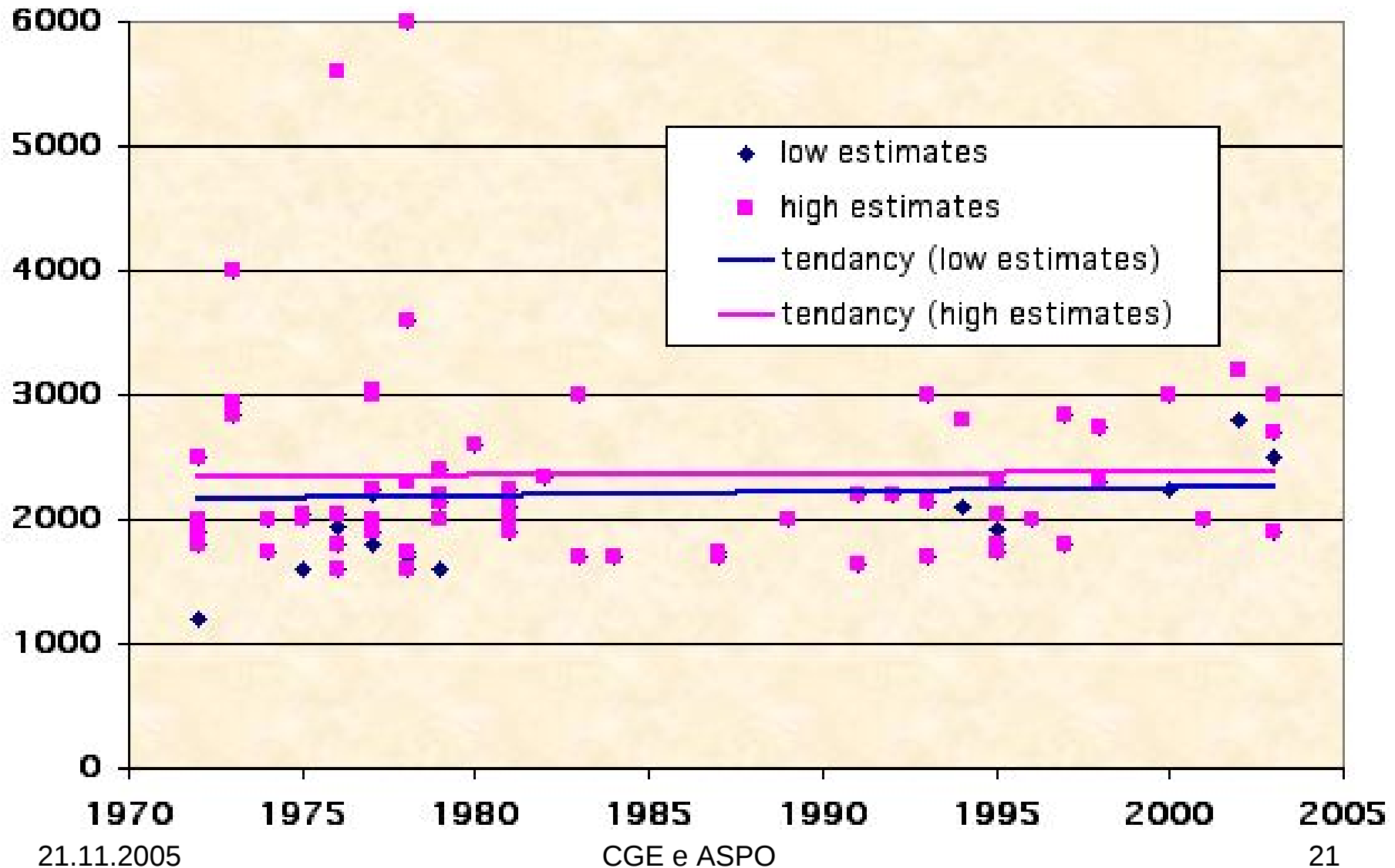


O crescente deficit entre Descoberta e Extracção



RESERVAS ÚLTIMAS RECUPERÁVEIS

Fonte: ASPO Workshop, Paris 2003



Dotacção de Reservas de *Petróleo convencional*

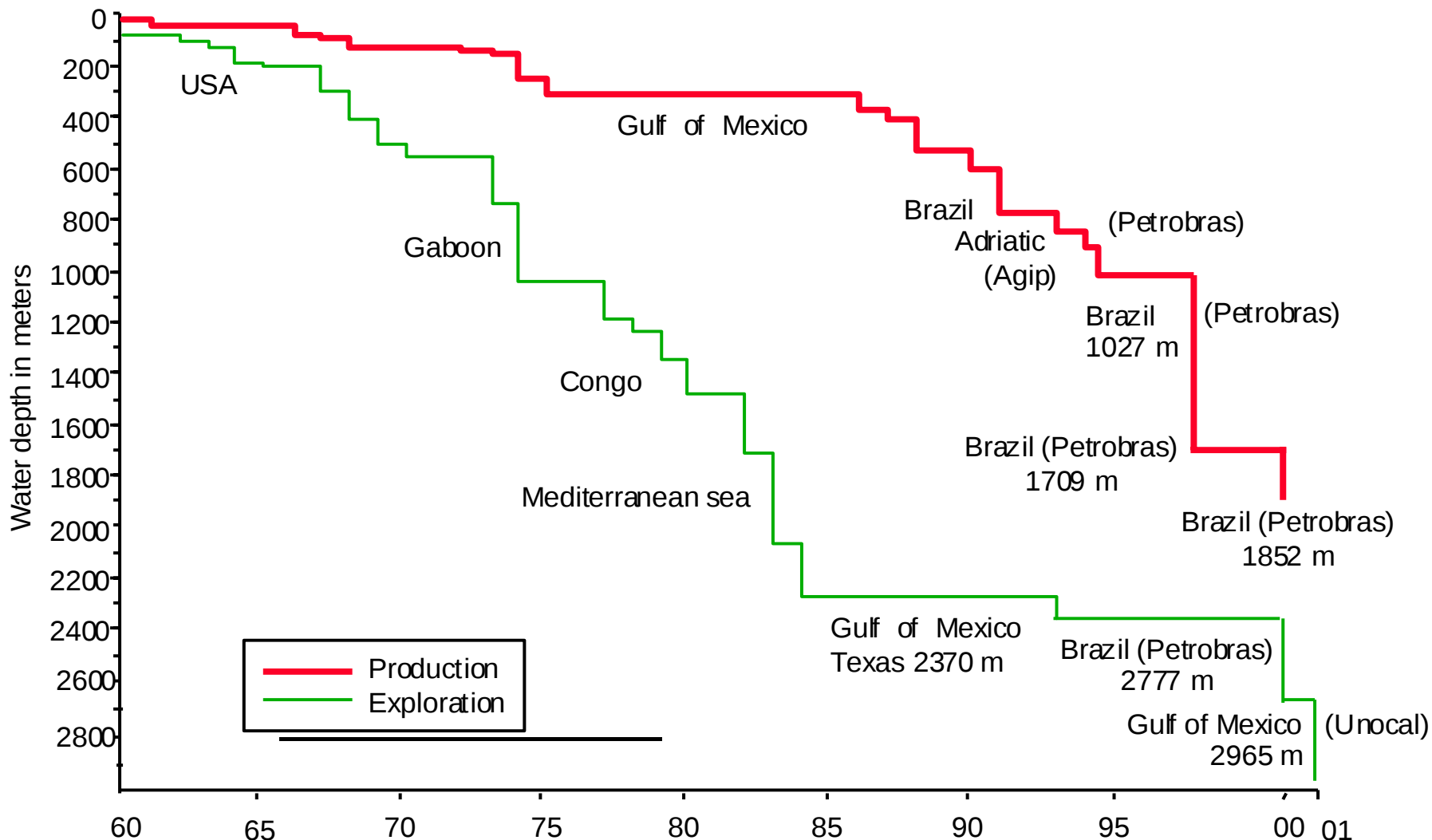
Dotacção mundial de *Petróleo convencional*:

Produzido	945 Gb
Reservas	760
Descobertas	1800
Por descobrir	145
Por produzir	905
Reservas Ultimas	1850
Taxa de descoberta	~ 6 Gb/ano

Petróleo *Não-Convencional*

- As Novas fronteiras da prospecção e exploração
- Definições não padronizadas, compreendem
 - Petróleo Pesado e Ultra-pesado
 - Areias Betuminosas
 - Xistos asfálticos
 - Offshore profundo
 - Polar
 - Líquidos de Gás Natural (NGL)
 - Líquidos do Carvão
 - Sintéticos: GTL e CTL

Novas fronteiras da prospecção e exploração

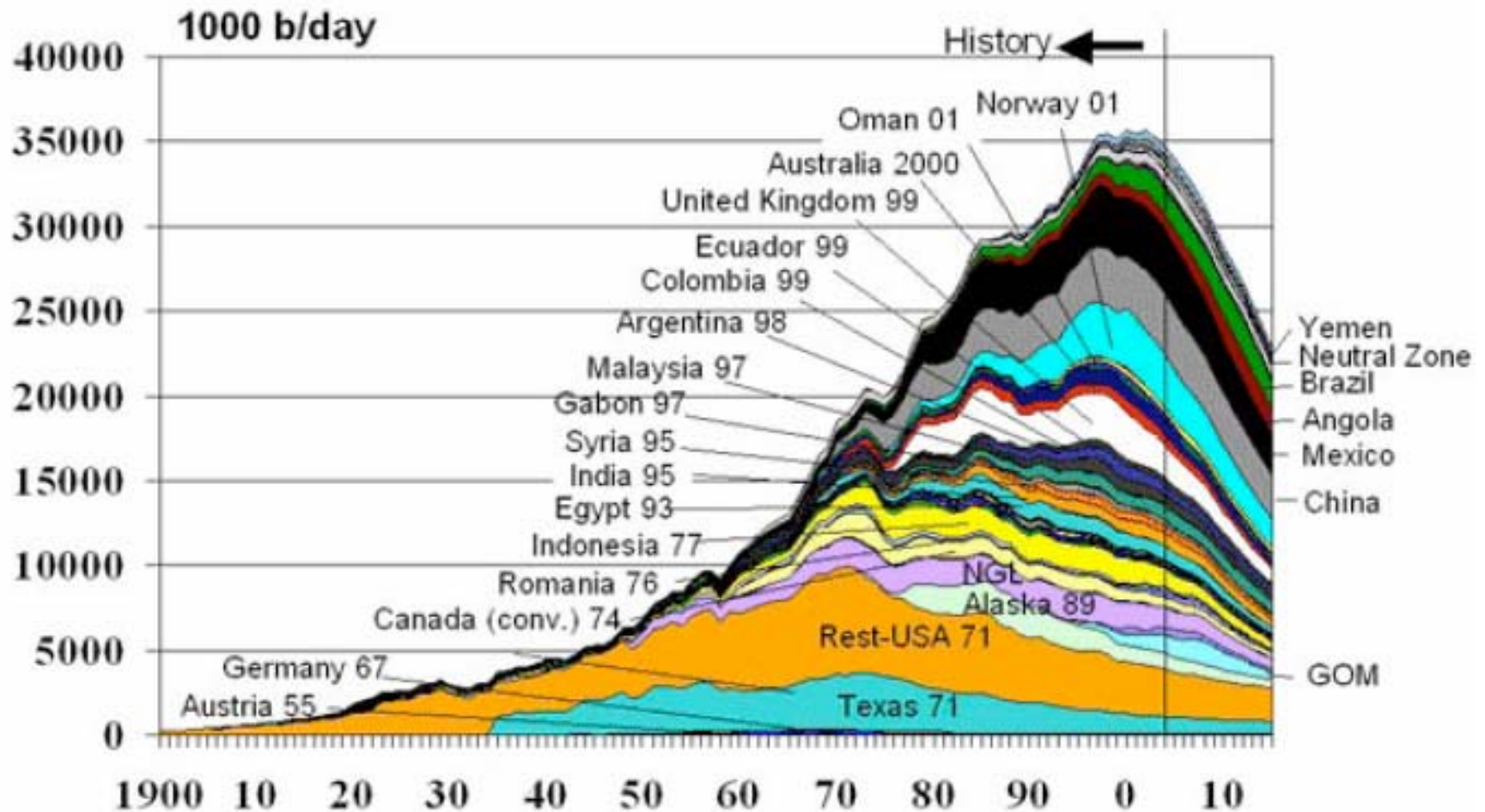


PEAK OIL

RESERVAS ÚLTIMAS RECUPERÁVEIS E TAXAS DE PRODUÇÃO, TODAS AS ORIGENS

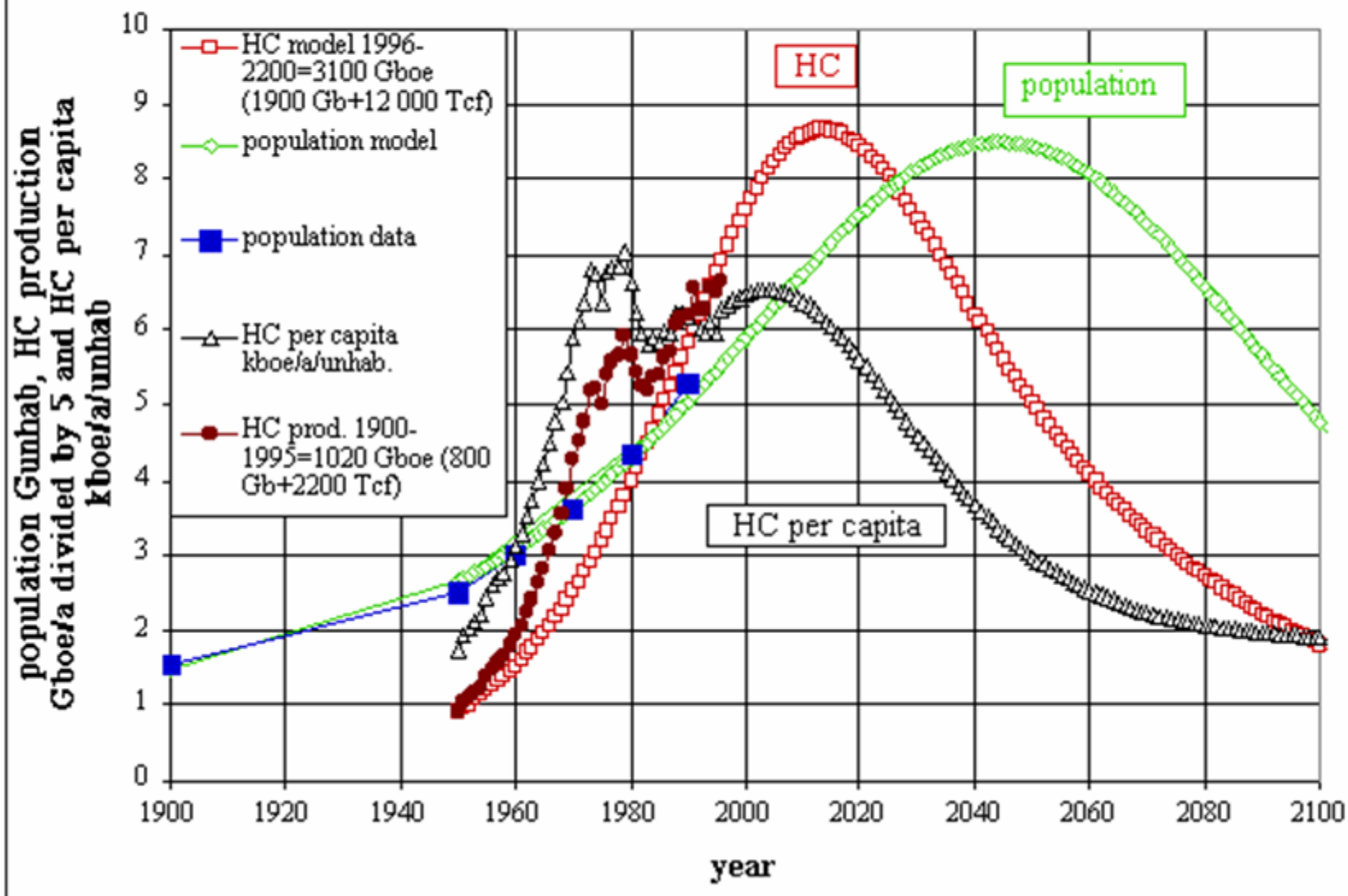
ESTIMATED PRODUCTION TO 2100								End 2004		
Amount			Gb	Annual Rate - Regular Oil				Gb	Peak	
Regular Oil				Mb/d	2005	2010	2020	2050	Total	Date
Past	Future		Total	US-48	3.4	2.7	1.7	0.4	200	1972
Known Fields		New		Europe	5.2	3.6	1.8	0.3	75	2000
945	760	145	1850	Russia	9.1	8	5.4	1.5	220	1987
	905			ME Gulf	20	20	20	12	680	1974
All Liquids				Other	28	25	17	8	675	2004
1040	1360		2400	World	66	59	46	22	1850	2006
2004 Base Scenario				Annual Rate - Other						
M.East producing at capacity (anomalous reporting corrected)				Heavy etc.	2.4	4	5	4	160	2021
				Deepwater	4.8	7	6	0	70	2014
Regular Oil excludes oil from coal, shale, bitumen, heavy, deepwater, polar & gasfield NGL				Polar	0.9	1	2	0	52	2030
				Gas Liquid	8.0	9	10	8	275	2027
			Rounding			0	2	-7		
Revised	26/01/2005			ALL	82	80	70	35	2400	2007

Produção Mundial, excepto OPEC e FSU



Dats source: IHS 2003, BP Stat Rev 2004;
2004: LBST estimate on Jan-Aug data
Analyses and Forecast LBST

Scenario of world's population and hydrocarbons (liquids+gas) production: 1900-2100

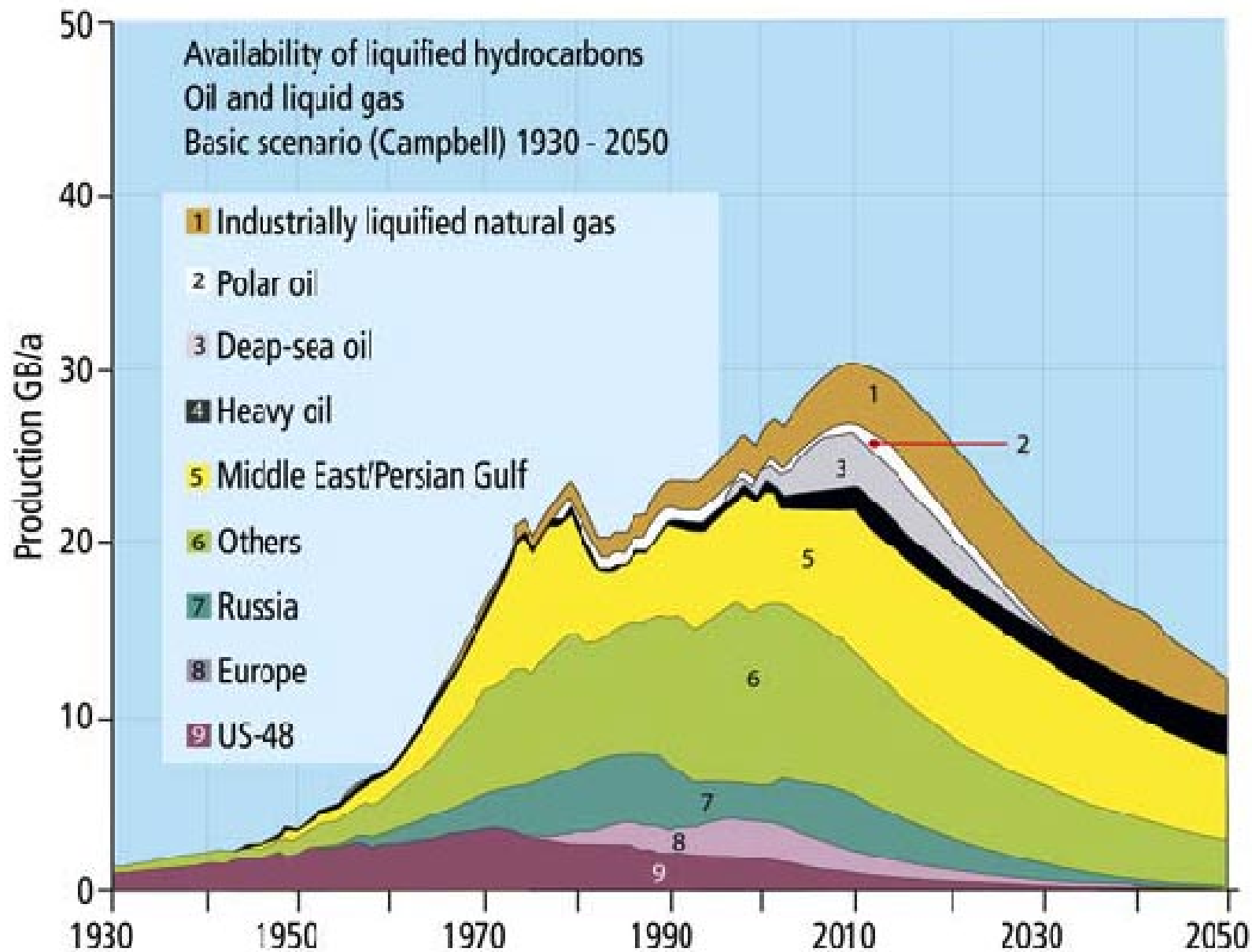


Projeções do Pico de Produção Mundial de Petróleo segundo diferentes autores e entidades

Robert Hirsch, The Atlantic Council of the US, Bulletin October 2005 Vol.XVI No.3

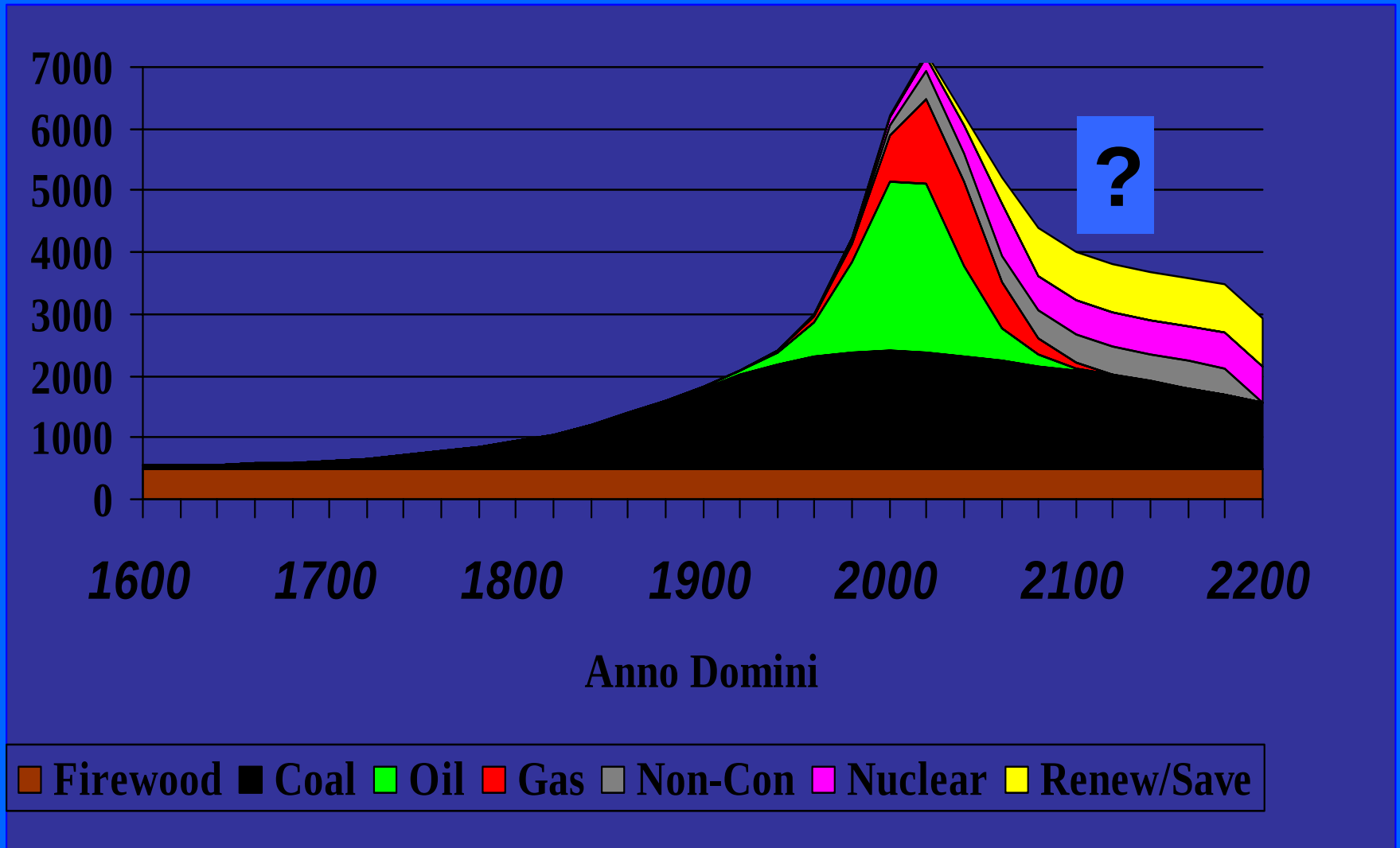
http://www.aspousa.org/assets/pdf/051007-Hirsch_World_Oil_Production.pdf

- 2006-2007** - Bakhitari, A.M.S. - Oil Executive (Iran)
- 2007-2009** - Simmons, M.R. - Investment banker (U.S.)
- After 2007** - Skrebowski, C. - Petroleum journal editor (U.K.)
- Before 2009** - Deffeyes, K.S. - Oil company geologist (U.S.)
- Before 2010** - Goodstein, D. - Vice Provost, Cal Tech (U.S.)
- Around 2010** - Campbell, C.J. - Oil geologist (ret., Ireland)
- After 2010** - World Energy Council World - NGO
- 2012** - Pang Xiongqi - Petroleum Executive (China)
- 2010-2020** - Laherrere, J. - Oil geologist (ret., France)
- 2016** - EIA nominal case - DOE analysis/ information (U.S.)
- After 2020** - CERA - Energy consultants (U.S.)
- 2025 or later** - Shell - Major oil company (U.K.)



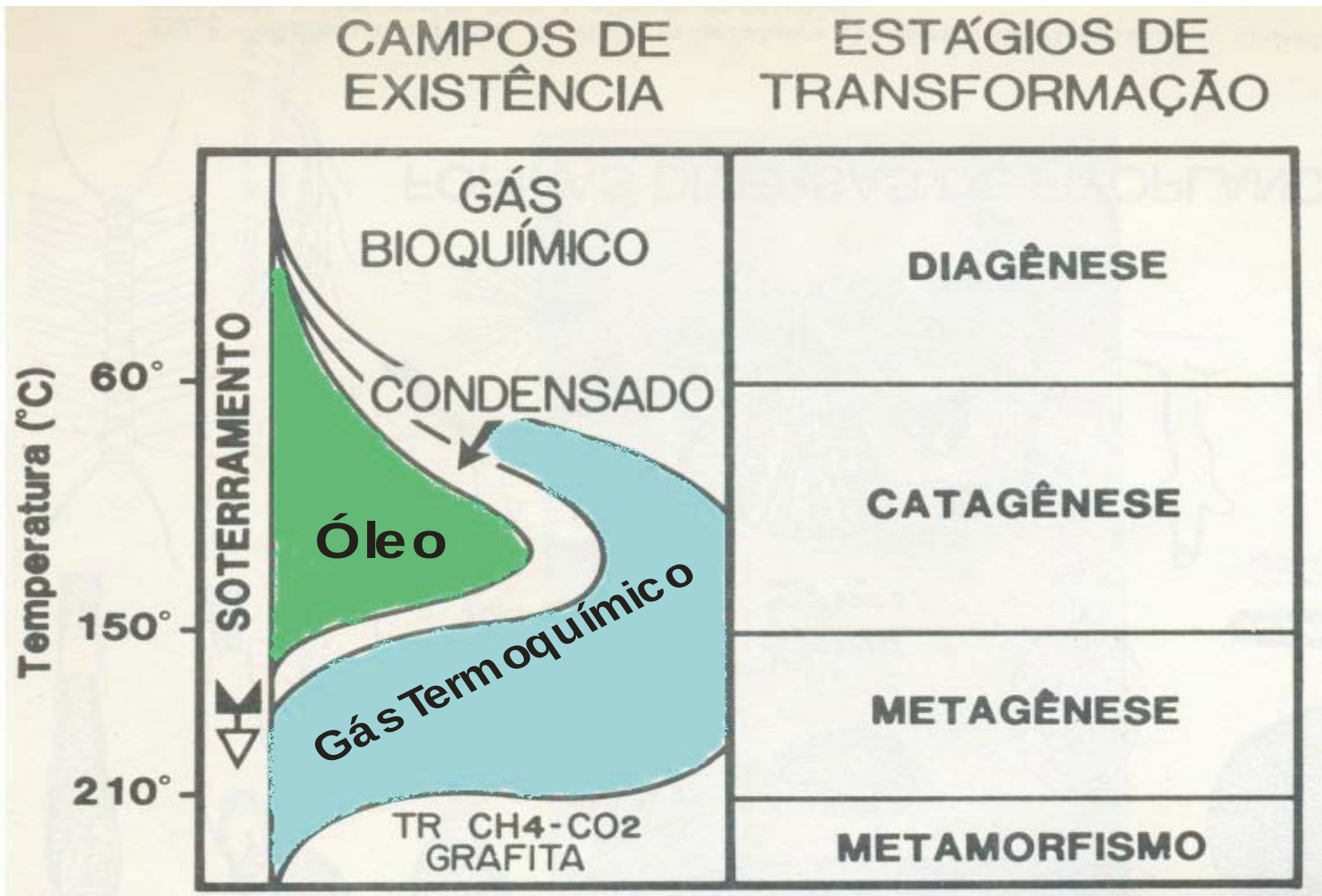
A Energia e a Espécie Humana

Milhões de habitantes

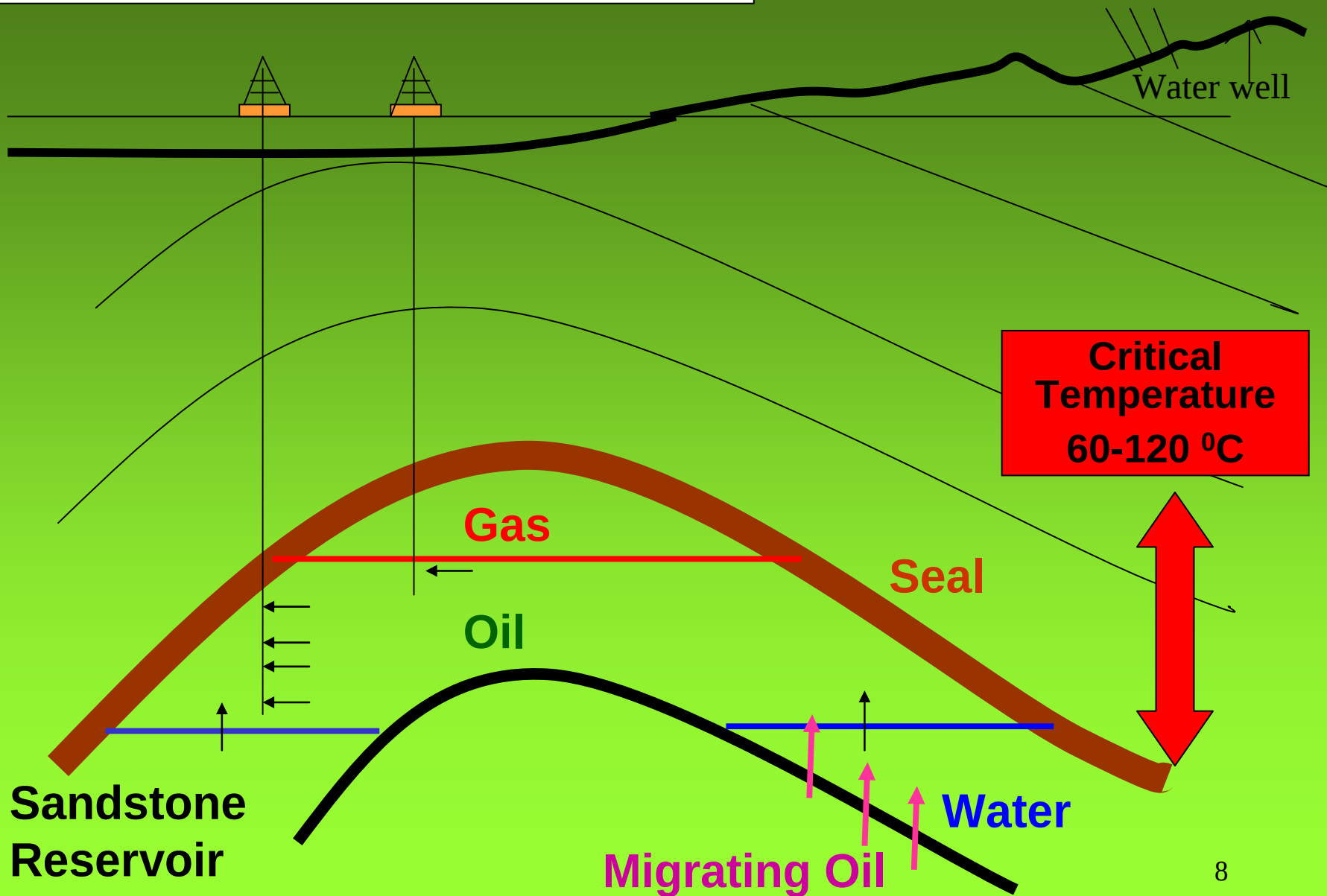


A ENERGIA FÓSSIL a CAMINHO do ESGOTAMENTO

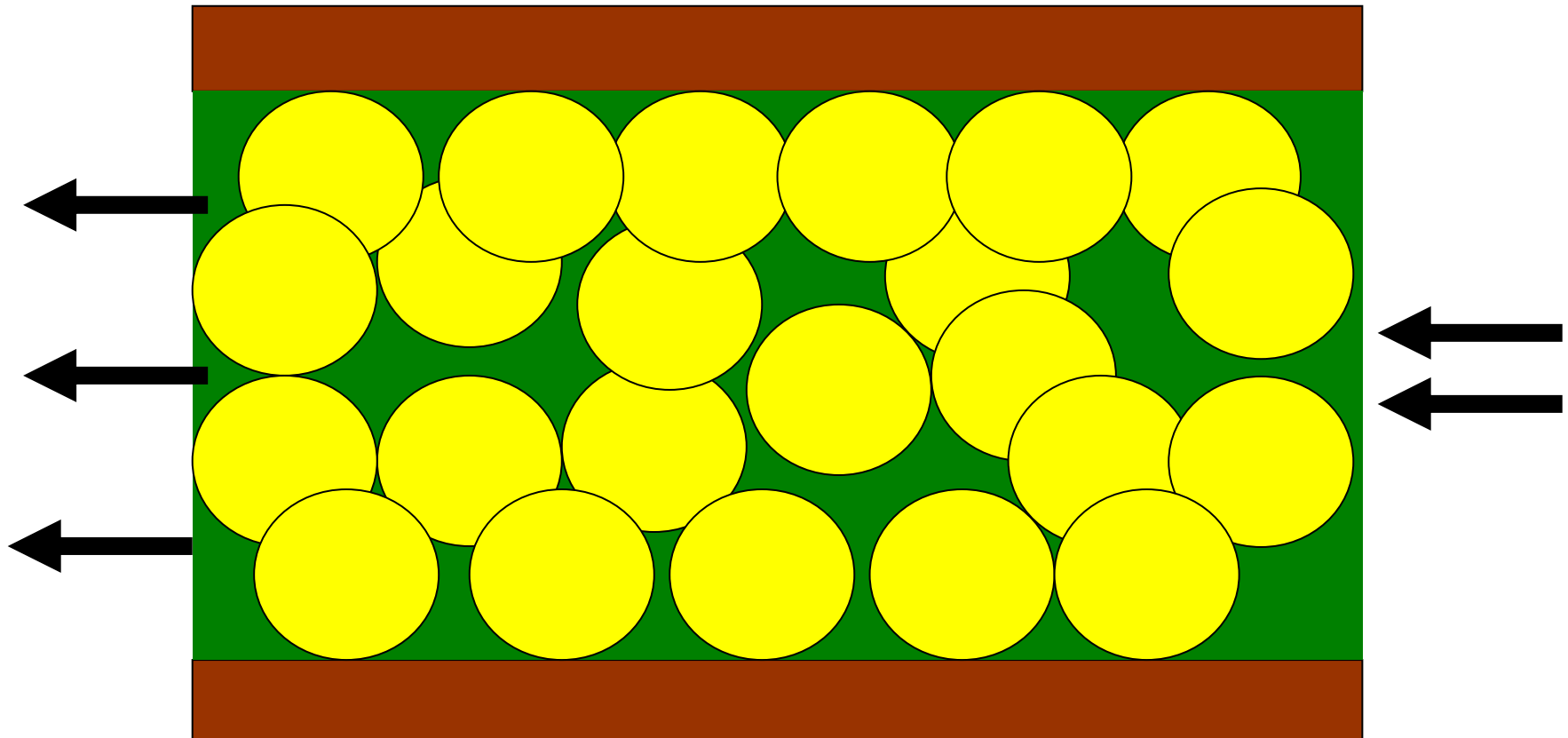
- A génese dos hidrocarbonetos é conhecida
- O conhecimento dos seus recursos é quase exaustivo
- Os combustíveis fósseis são finitos e escassos
- Os recursos minerais mais “acessíveis” foram e são explorados primeiro
- O “custo energético” de extracção cresceu e continua a crescer
- A “disponibilidade” de energia fóssil diminui: obter energia requer cada vez mais energia
- Há um limite para a quantidade de energia fóssil disponível: quando o custo em energia dispendida igualar o benefício em energia recolhida



Geology of an Oil Field



Fluxo de Massa no Reservatório

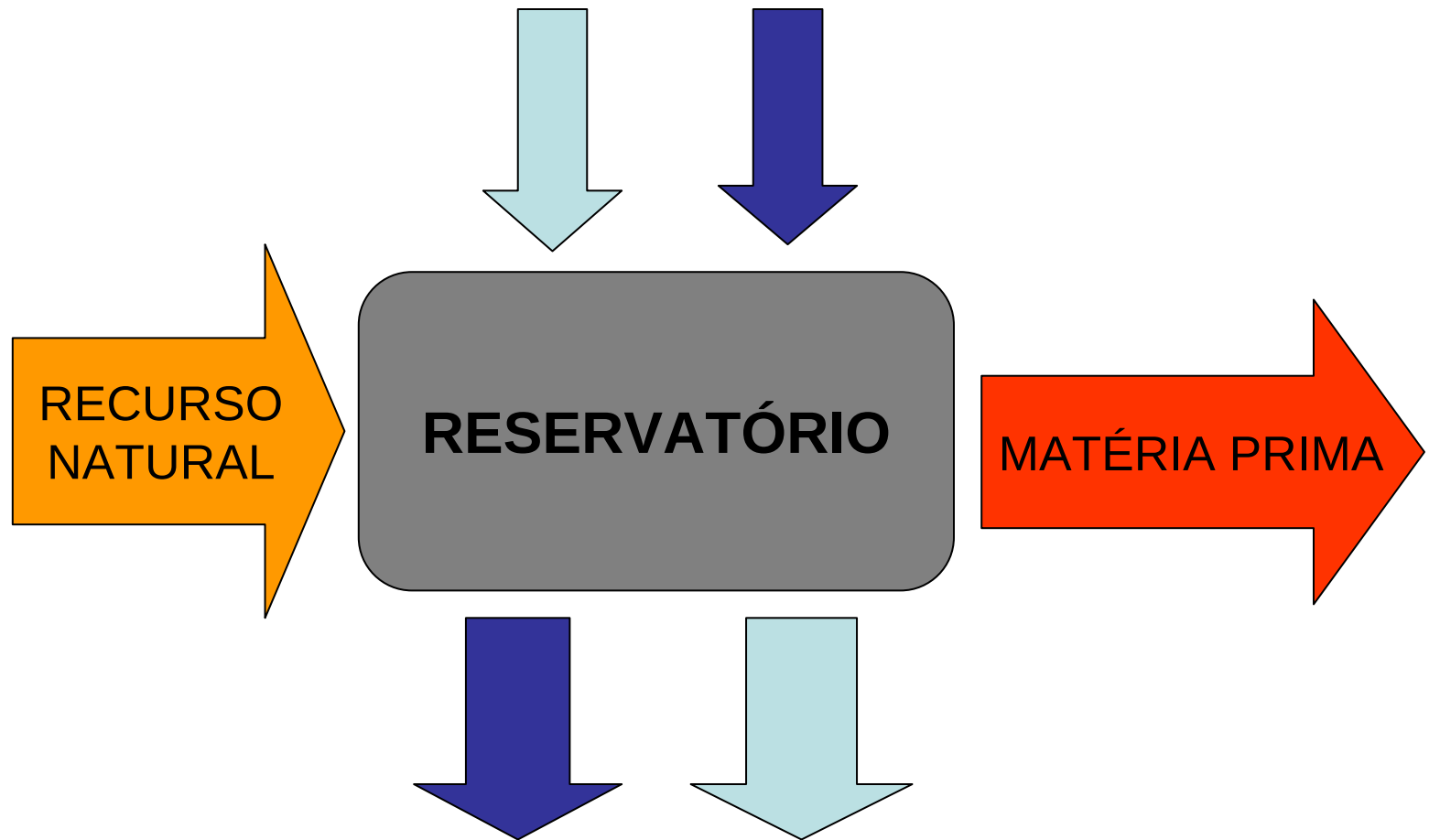


O hidrocarboneto preenche os poros da rocha reservatório. Os grãos minerais estão frequentemente cobertos de uma película de água. A permeabilidade condiciona o fluxo.

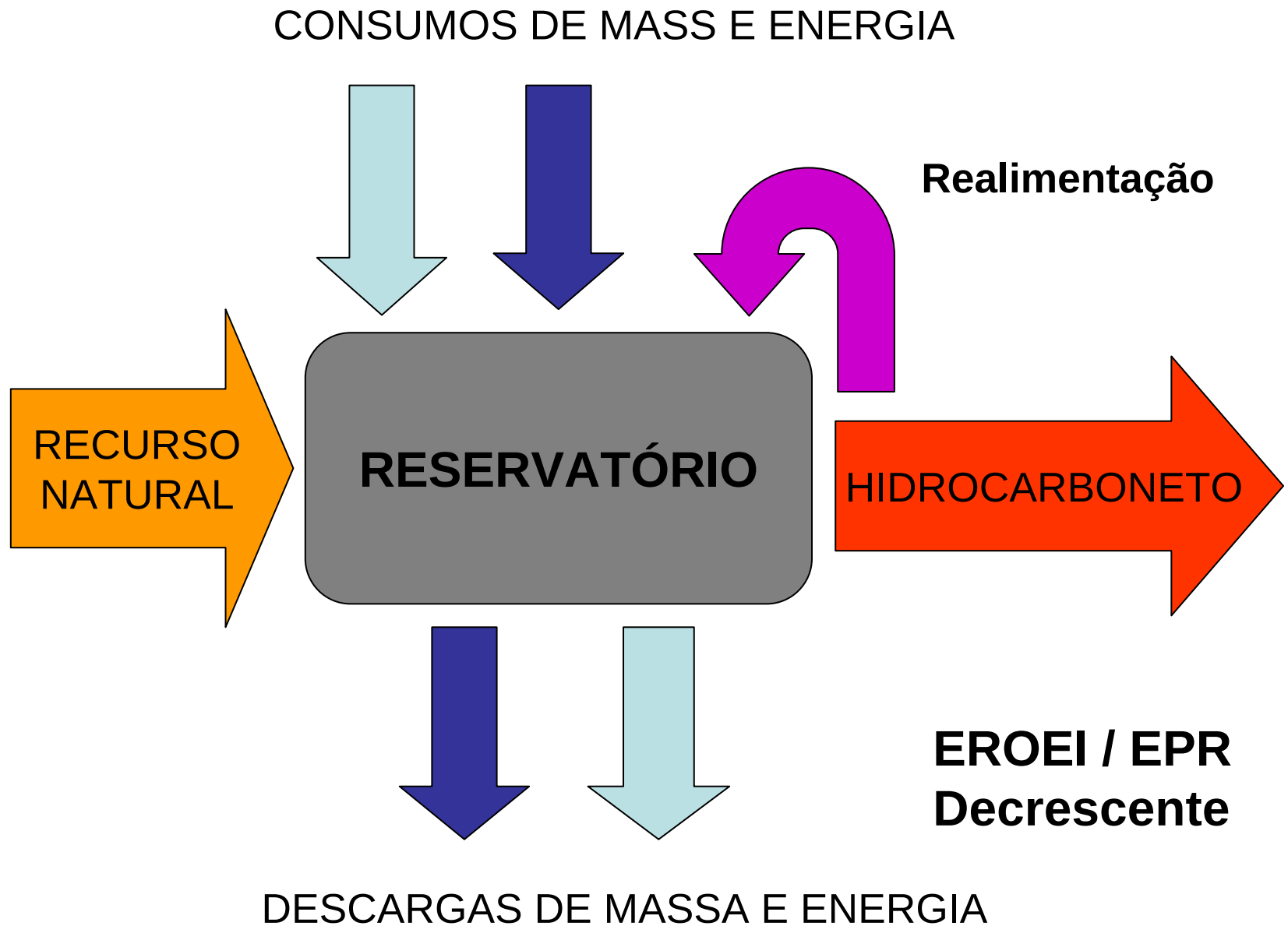
Estágios de Produção

- ***Produção Primária***
 - inicialmente, o petróleo emerge sob acção da pressão pre-existente na jazida
 - período mais produtivo, enquanto a pressão declina
 - com a queda de pressão, o gás dissolvido liberta-se
- ***Produção Secundária - EOR*** (re-estabelecer a pressão)
 - bombear água sob o petróleo (Ghawar, Arábia Saudita)
 - bombear azoto sobre o petróleo (Cantarell, Mexico)
 - bombear gás natural ou CO₂ (US, Noruega)
- ***Produção terciária*** (medidas extremas)
 - bombas subterrâneas, detergentes, explosões
 - inoculação de bactérias para digestão do petróleo e re-pressurização com o bio-gás
- ***EROEI*** (energy return on energy investment) ou ***EPR***
 - decresce com cada estágio sucessivo até EROEI ↘ 1

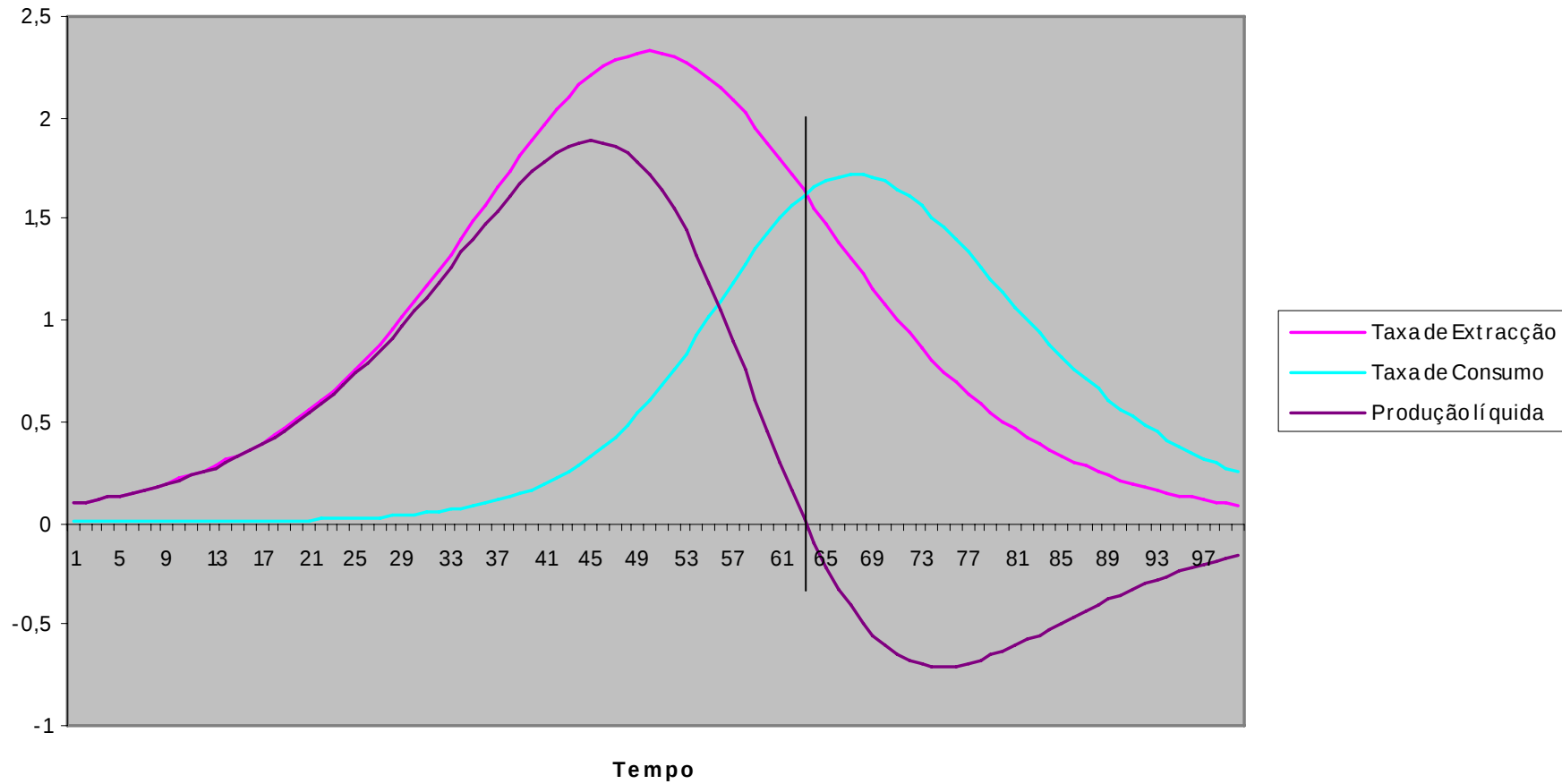
CONSUMOS DE MASS E ENERGIA



DESCARGAS DE MASSA E ENERGIA



CICLO DE VIDA DO CAMPO PETROLÍFERO



ENERGIA PRIMÁRIA	EROEI / EPR
Petróleo e Gás Natural (à saída do poço)	
<i>1940's</i>	Descobertas > 100
<i>1970's</i> <i>2000's</i>	Descobertas 8, Extracção 23 Extracção 10
Carvão (à boca da mina)	
<i>1950's</i>	80
<i>1970's</i>	30
Xistos asfálticos	1 a 6
Areias betuminosas	2 a 4
Offshore profundo	5
Liquefacção Carvão	0.5 a 8

PEAKING OF WORLD OIL PRODUCTION:

IMPACTS, MITIGATION, RISK MANAGEMENT

**Robert L. Hirsch, SAIC, Roger Bezdek, MISI, Robert
Wendling, MISI**

Presentation to ASPO, May 2005

Based on a Study for the U.S. Department of Energy

http://www.cge.uevora.pt/aspo2005/abscom/ASPO2005_Hirsch.ppt

